



**Российская Академия Наук
Сибирское Отделение**

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН

Институт лесоведения РАН

Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН

Сибирский Федеральный Университет

Сибирский государственный технологический университет

ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛЕСООБРАЗОВАТЕЛЬНО ПРОЦЕССА

**Материалы Всероссийской конференции
с участием иностранных ученых**

23-25 сентября 2009 г., Красноярск



Красноярск

2009

УДК 630×954.4
ББК 43.42
Э 40

Эколого-географические аспекты лесообразовательного процесса: Материалы Всероссийской конференции с участием иностранных ученых. Красноярск, 23-25 сентября 2009 г. – Красноярск: Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2009. – 417 с.

ISBN 978-5-903055-21-0

Лесообразовательный процесс относится к основным категориям современного лесоведения. Он неразрывно связан с концепцией лесного биогеоценоза, являясь по существу механизмом его функционирования на всех этапах развития. Материалы конференции отражают представление авторов докладов о взаимосвязях основных компонентов лесного биогеоценоза (лесной экосистемы, насаждения). Особое внимание обращено на специфику лесообразовательного процесса в различных ландшафтно-экологических условиях, обуславливающую биосферное значение лесного покрова. В докладах анализируется ресурсный и средообразующий потенциал лесов отдельных регионов, влияние различных факторов на лесообразовательный процесс. Рассматриваются возможности рационального лесопользования на основе принципов экосистемного управления лесами.

Проведение конференции совпадает с 50-летием перебазирования Института леса в Красноярск и включения его в состав Сибирского отделения АН СССР.

Конференция поддержана Российским фондом фундаментальных исследований, грант № 09-04-06105

Материалы конференции рассчитаны на сотрудников исследовательских учреждений, а также работников лесного хозяйства, аспирантов и студентов.

Ключевые слова: факторы лесообразовательного процесса, классификация лесов, лесные ресурсы, продукты леса, биосферные функции леса, экосистемное управление лесами, современные методы изучения структуры и динамики лесного покрова.

Издано по решению Ученого совета Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН

Материалы публикуются в том виде, в каком они представлены авторами

Фото на обложке В.И. Зырянова

© Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2009

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛЕСООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Алексеев В.А. Трансформация биосферы и лесообразование на территории России.....	8
Онучин А.А. Гидрологическая роль лесных экосистем бореальной зоны.....	11
Рожков В.А. Эволюционные аспекты лесообразовательного процесса.....	14
Седых В.Н. Лесообразовательный процесс в развитии биогеоценотического покрова.....	17
Швиденко А., Густафсон Э. Закономерности лесообразовательного процесса и динамические модели растительности в условиях глобальных изменений.....	19

УСТНЫЕ И СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

ФАКТОРЫ ЛЕСООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСОВ

Аброскина Е.К. Пирологическая характеристика типов леса в Емельяновском лесничестве.....	23
Аврова А.Ф., Ефремова Т.Т., Мелентьева Н.В. Водный режим почв как фактор продуктивности болотных сосняков.....	25
Алексеев А.Ю. Закономерности естественного возобновления кедра корейского.....	27
Баранник Л.П., Уфимцев В.И. Естественное лесовозобновление на отвалах вскрышных пород угольных разрезов Кузбасса.....	31
Батура И.В., Фарбер С.К. Влияние лесозаготовительной техники на формирование послерубочных молодняков в Иркутском Приангарье (на примере сосняков разнотравной группы типов леса арендной территории ООО «ИлимСибЛес»).....	34
Брюханов А.В., Чижов В.А. Влияние природных пожаров Сибири на леса, населенные пункты и объекты инфраструктуры в 2007-2008 г.....	37
Брюханова М.В., Ваганов Е.А. Климатическая обусловленность радиального прироста и изменчивости $\delta^{13}C$ в годичных кольцах сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i> L.).....	40
Бузыкин А.И., Овчинникова Т.М., Пшеничникова Л.С., Суховольский В.Г. Лесообразование в системе динамики лесных биогеоценозов.....	42
Буряк Л.В., Каленская О.П., Сухинин А.И., Пономарёв Е.И. Последствия пожаров в ленточных борах юга Сибири.....	45
Власенко В.И. Лесообразовательный процесс в Алтайском заповеднике.....	49
Воронин В.И., Осолков В.А., Сизых А.П. Возрастная структура возобновления пихты за пределами верхней границы леса в бассейне р. Осиновка (хр. Хамар-Дабан).....	53
Вторгина О.П., Соколов В.А. Структура и динамика лесов Красноярского региона.....	56
Гордов Е.П., Богомолов В.Ю., Генина Е.Ю., Шульгина Т.М. Пространственно-временное поведение климатических характеристик, контролировавших развитие бореальных экосистем России в конце XX века.....	58
Горичев Ю.П., Давыдовичев А.Н. Состояние популяции пихты сибирской (<i>Abies sibirica</i> Ledeb.) на Южном Урале в условиях заповедного режима.....	61
Доржсүрэн Ч. Сукцессии растительных сообществ лиственничных (<i>Larix sibirica</i> Ldb.) лесов под воздействием сплошных рубок в Монголии.....	63
Ермаков Н.Б. Принципы создания карты циркумбореальной растительности.....	66
Ефремова Т.Т., Ефремов С.П. Факторы дифференциации подстилок болотных березняков.....	69
Зиганшин Р.А., Карбаинов Ю.М. Характерные черты насаждений северного макросклона высокогорного Хамар-Дабана в связи с ландшафтным местоположением.....	72
Зубарева О.Н. Оценка состояния сосновых насаждений, пройденных низовыми пожарами различной интенсивности.....	75
Исмаилова Д.М., Назимова Д.И. Горно-черневые леса барьерно-дождевых ландшафтов Саян: классификация, биоразнообразие, особенности восстановительно-возрастной динамики.....	78
Ковалева Н.М. Восстановление нижних ярусов растительности при низовых пожарах в среднетаежных сосняках.....	81
Комова Г.А. К характеристике парцеллярной структуры широколиственно-липового с лиановой растительностью чубушникового разнотравного типа леса в Южном Приморье.....	83
Коневина К.С., Фарбер С.К., Кузьмик Н.С. Особенности лесовосстановления на вырубках сосновых лесов Иркутского Приангарья (на примере сосняков арендной территории ООО «ИлимСибЛес»).....	86
Коновалова М.Е., Дробушевская О.В. Разнообразие рядов восстановительной сукцессии на контакте подтайги и низкогорной тайги в гумидном климате Саян.....	88
Кофман Г.Б., Кузьмичев В.В. Размерная структура древостоев: универсальность и единство.....	91
Кошкарлова В.Л., Кошкарлов А.Д. Особенности лесообразовательного процесса Енисейского меридиана в голоцене.....	94
Кривобоков Л.В., Михеева Н.А., Зверев А.А. Изменения в лесной растительности восточного побережья озера Байкал под воздействием рекреации.....	96

Кузьмин С.Р. Динамика годичного прироста сосны обыкновенной контрастного происхождения в географических культурах.....	99
Куприянов А.Н. Влияние повторных пожаров на восстановление сосновых насаждений в равнинной части Алтайского края.....	102
Лобанов А.И., Савин Е.Н. Состояние похозяйственных насаждений и методология создания их нового поколения в Республике Хакасия и южных районах Красноярского края.....	104
Матвеев А.М., Матвеева Т.А. Влияние огневого воздействия на возобновление лиственницы.....	107
Матвеева Т.А. Послепожарное лесовозобновление в светлехвойных ценозах Восточного Саяна.....	110
Москалюк Т.А. Фитоценотическая структура как отражение лесообразующего процесса на примере каменноберезняка с кедровым стлаником разнотравного в северном Охотоморье.....	113
Мурзакматов Р.Т., Мурзакматова Р.К. Факторы, влияющие на лесообразовательный процесс Кыргызстана.....	116
Назимова Д.И. От лесной типологии к обобщенной классификации лесных экосистем.....	118
Николаев А.Н. Влияние многолетней мерзлоты на рост древесных пород Центральной Якутии.....	121
Николаев А.Н., Петров Р.Н. Влияние криогенных процессов на лесные экосистемы Центральной Якутии.....	124
Первушин А.В. Многолетний опыт изучения структуры нижних ярусов лесостепной и подтаежной растительности левобережья реки Собакиной (предгорья Восточного Саяна).....	127
Пономарева Т.В. Микроэлементы в почвах пойменных ландшафтов в зоне строительства Богучанской ГЭС.....	130
Прилуцкий А.Н., Фисенко М.И. Самоорганизация дубняков юга Дальнего Востока.....	133
Седых В.Н. Взрыв лесообразовательного процесса в карликовых лесах Западной Сибири.....	136
Семечкин И.В., Петренко А.Е., Петренко Е.С. Формирование структуры древостоя как важный этап лесообразовательного процесса.....	139
Скрипальщикова Л.Н., Стасова В.В., Зубарева О.Н., Татаринцев А.И. Влияние антропогенного фактора на гомеостаз лесных экосистем техногенных ландшафтов.....	141
Собакин Д.С., Бенькова В.Е., Бенькова А.В., Собакин Р.С. Распределение деревьев по биометрическим показателям в разнотелотных сосновых молодняках естественного происхождения.....	145
Собакин Д.С., Собакин Р.С. Распределение деревьев по основным биометрическим показателям в разнотелотных сосновых молодняках.....	148
Собакин Р.С., Собакин Д.С. Влияние густоты древостоя на биометрические показатели разнотелотных молодых ели сибирской.....	151
Тарасов П.А., Лузганов А.Г. Формирование лесной подстилки в культурах светлехвойных пород.....	154
Толкач О.В., Стеценко С.К., Черноусова Н.Ф. Восстановительные способности темныххвойных насаждений Среднего Урала в связи с рубками ухода.....	157
Трефилова О.В. Структурно-функциональная организация сосновых насаждений Приенисейкой Сибири.....	159
Федоров П.П., Николаев А.Н. Пространственный анализ влияния температуры воздуха и осадков на радиальный прирост сосны обыкновенной в Центральной Якутии.....	162
Фурьев В.В. Системный подход в исследовании роли пирогенного фактора в лесообразовательном процессе.....	165
Фурьев И.В., Самсоненко С.Д., Фурьев В.В. Индикационные признаки пожароустойчивости сосновых насаждений на стадиях лесообразовательного процесса.....	167
Цветков П.А. Начальный этап послепожарного лесовозобновления в среднетелотных сосняках Средней Сибири.....	170
Цогт З., Данилин И.М., Наурызбаев М.М. Ход роста лиственничников в Монголии.....	173
Шапкин А.В., Бенькова В.Е., Наурызбаев М.М., Симанько В.В. Влияние микрогеографических условий на рост лиственницы на северной границе леса.....	178
Шугалей Л.С. Почвообразование в искусственных лесных экосистемах на отвалах вскрышных пород.....	181

ЛЕСНЫЕ РЕСУРСЫ И ПРОДУКТЫ ЛЕСА

Бажина Е.В., Третьякова И.Н., Барсукова А.В. Динамика состояния пихты сибирской в горах южной Сибири и сохранение ее генофонда в культуре <i>in vitro</i>	184
Вараксин Г.С., Ибе А.А., Литвинова В.С., Поляков В.И. Величина депонирования углерода фракциями надземной фитомассы культур сосны обыкновенной разного возраста в подзоне южной тайги Иркутской области.....	187
Зырянова О.А., Чихачева Т.Л. Влияние пожаров на лесообразовательный процесс в лесах формации <i>Larix gmelinii</i> (Rupr.) Rupr.....	189
Иванов В.В., Борисов А.Н. Оптимизация лесопользования при выборочных рубках в пихтово-еловых древостоях.....	192
Кузьмина Н.А. Отбор перспективных климатипов сосны обыкновенной в географических культурах в Приангарье.....	195
Курхинен Ю.П., Линден Х., Данилов П.И. Воздействие лесозаэксплуатации на кормовые ресурсы млекопитающих-фитофагов запада таежной зоны России.....	198

<i>Ларионова А.Я., Орешкова Н.В., Кравченко А.Н., Экарт А.К.</i> Генетическое разнообразие и популяционная структура хвойных в Сибири.....	200
<i>Люминарская М.А., Вараксин Г.С., Лобанов А.И., Вараксина С.Г.</i> Состояние сосновых защитных лечебно-оздоровительных насаждений на берегах озера Шира Республики Хакасия.....	202
<i>Милютин Л.И.</i> Лесные генетические ресурсы Сибири, их охрана и использование.....	204
<i>Моложников В.Н.</i> Ресурсы и особенность формирования фитомассы в основных природных комплексах Прибайкалья.....	207
<i>Новикова Т.Н.</i> Влияние происхождения сосны на признаки и свойства потомства при выращивании в разных природно-климатических провинциях.....	209
<i>Петренко В.Д.</i> Факторы трансформации лесных охотничьих угодий.....	211
<i>Соколов Г.А.</i> Рациональное ресурсопользование популяциями соболя в лесах Сибири.....	214
<i>Суворова Г.Г., Деловеров А.Т.</i> Фотосинтез хвойных древостоев на территории Иркутской области.....	216
<i>Тагильцев Ю.Г., Выводцев Н.В., Горовой А.И., Караваяев С.В., Колесникова Р.Д., Орлов А.М., Уваровская Д.К.</i> Использование лесных растений для получения биологически активных продуктов и препаратов на их основе.....	218
<i>Третьякова И.Н., Иваницкая А.С., Барсукова А.В., Савельев С.С., Сиренко А.С.</i> Перспективы плантационного лесовыращивания хвойных при помощи современных методов селекции и биотехнологии (соматического эмбриогенеза).....	219
<i>Хертуев В.Н., Дмитриева А.В.</i> Лесной фонд особо охраняемых природных территорий Республики Бурятия.....	222
<i>Шишкин А.С.</i> Оценка недревесных ресурсов леса.....	225
<i>Шишкин А.С.</i> Пространственная структура местообитаний наземных позвоночных.....	227
<i>Шубальи А.М., Василик Н.М.</i> Лесоресурсный потенциал: суть и необходимость комплексного освоения.....	230

БИОСФЕРНЫЕ ФУНКЦИИ ЛЕСА И НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ЭКОСИСТЕМНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСАМИ

<i>Богородская А.В.</i> Микробиологическая деструкция углерода в почвах после пожаров разной интенсивности в светлехвойных лесах Средней Сибири.....	234
<i>Буренина Т.А., Федотова Е.В., Овчинникова Н.Ф.</i> Изменение водного баланса лесных территорий в связи с антропогенной трансформацией растительного покрова.....	237
<i>Валендик Э.Н.</i> Пожароуправление как элемент экосистемного управления лесами.....	239
<i>Ведрова Э.Ф.</i> Бюджет углерода лесов Средней Сибири.....	242
<i>Грибов А.И.</i> Средообразующая роль лесных экосистем юга Средней Сибири.....	245
<i>Жила С.В., Иванова Г.А., Кукавская Е.А.</i> Биомасса напочвенного покрова в светлехвойных насаждениях Нижнего Приангарья.....	247
<i>Зырянов В.И., Накай Ю., Зырянова О.А.</i> Суточная динамика потоков углекислого газа и углерода в северотаяжном лиственничнике.....	249
<i>Казанкин А.П.</i> Влияние леса в горных ландшафтах Кавказа на формирование максимальных паводков.....	253
<i>Климченко А.В., Верховец С.В., Слинкина О.А., Кошурникова Н.Н.</i> Оценка запасов крупных древесных остатков в темных хвойных лесах для формирования базы данных по фитодетриту таежной зоны Средней Сибири.....	254
<i>Кнорре А.А., Бабушкина Е.А., Кирдянов А.В.</i> Динамика продуктивности древостоев в зависимости от климатической составляющей среды.....	256
<i>Кожеевникова Н.К.</i> Оценка влияния лесных фитоценозов на весенний сток малых рек.....	259
<i>Михайлова Т.А., Калугина О.В., Афанасьева Л.В., Нестеренко О.И.</i> Сравнительная характеристика питательного статуса сосновых древостоев на фоновых и техногенно загрязняемых территориях Байкальского региона.....	262
<i>Мухоморова Л.В.</i> Особенности процесса разложения стволового валежа в лесных экосистемах Центральной Сибири.....	265
<i>Софронов М. А., Волокитина А. В., Корец М.А.</i> Проблема прогнозирования поведения природных пожаров.....	268
<i>Тришин Е.Г., Фарбер С.К.</i> К вопросу о доступности лесотаксационной информации для управления арендными территориями лесозаготовительных предприятий.....	271
<i>Усольцев В.А., Бобкова К.С., Накай Н.В.</i> Депонирование углерода в фитомассе лесного покрова Республики Коми.....	273
<i>Фарбер С.К., Соколов В.А., Батура А.В.</i> Основные методологические положения проектирования экологической сети на арендных территориях Приангарья.....	276
<i>Шевляков Е.А., Фарбер С.К., Шишкин А.С., Буренина Т.А.</i> Основные положения ведения экологического мониторинга на арендных территориях лесозаготовительных предприятий Приангарья.....	279

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРЫ И ДИНАМИКИ ЛЕСНОГО ПОКРОВА

Бендер О.Г., Зотикова А.П., Велисевич С.Н. Экофизиологические особенности хвои кедр сибирского (<i>Pinus sibirica</i> du Tuor) в горах северо-восточного Алтая.....	282
Бочарников М.В. К вопросу о картографировании растительности Алтае-Саянской горной области на современном этапе.....	285
Брюханов А.В., Осавелюк П.А., Хозяинов Е.Н. Использование справочно-информационной системы «Природные пожары» в научно-исследовательских, производственных и образовательных целях.....	287
Васильева Г.В., Кузнецова Е.А., Попов А.Г. Особенности цветения гибридов между кедром сибирским (<i>Pinus sibirica</i> du Tour) и кедровым стлаником (<i>Pinus pumila</i> (Pall.) Regel.).....	290
Втюрина О.П. Методические принципы исследования динамики лесного фонда.....	293
Иванова Ю.Д., Ларько А.А., Тасейко О.В. Оценка воздействия добычи нефти и газа на лесную экосистему с помощью спутниковых данных.....	295
Исаев А.С., Суховольский В.Г., Бузыкин А.И., Овчинникова Т.М. Моделирование сукцессионных процессов в лесных ценозах.....	297
Карпенко Л.В. Региональная специфика сукцессий автоморфной и гидроморфной растительности в центральной части междуречья Сым-Дубчес в голоцене.....	300
Кофман Г.Б., Коновалова М.Е., Бабой С.Г., Назимова Д.И. Информационный анализ сопряженности структуры растительного покрова и элементов рельефа.....	303
Кузьменко Е.И. Эколого-географические и картографические основы комплексного изучения лесных территорий Сибири.....	306
Ларько А.А., Иванова Ю.Д., Овчинникова Н.Ф. Использование модели оценки чистой первичной продукции по спутниковым данным (на основе GLO-PEM) для лесных экосистем Западного Саяна.....	309
Мальшиев В.В. Определения оптимального значения целевой функции получения максимального объема пиловочника при минимальном сроке лесовыращивания с выбором технологий и лесных машин для проведения рубок ухода.....	311
Милюткина И.Л., Судаchkova Н.Е., Романова Л.И. Функции антиоксидантной системы хвойных в условиях интенсивной внутривидовой конкуренции.....	314
Муратова Е.Н., Седельникова Т.С., Пименов А.В., Картюк Т.В., Квитко О.А., Михеева Н.А. Развитие кариологических и ценогенетических методов для анализа популяций хвойных в различных эколого-географических условиях.....	317
Николаева С.А., Савчук Д.А. Использование дендрохронологических данных при реконструкции этапов лесообразовательного процесса.....	320
Петрова Н.А., Шишов В.В. Применение интерактивной системы дендроклиматического мониторинга в экосистемном управлении.....	323
Пименов А.В., Седельникова Т.С. Оценка полиморфизма сосны обыкновенной в контрастных условиях лесных болот и суходолов Западной Сибири.....	325
Пономарев Е.И., Иванов В.А. ГИС-ориентированная технология оценки рисков возникновения лесных пожаров от гроз.....	327
Сидорова О.В., Зиегвольф Р., Заурер М., Шашкин А.В., Кнорре А.А., Прокушкин А.С., Кирдянов А.В. Современные методы изучения реакции лесных экосистем на изменение климата.....	330
Сорокин Н.Д., Гродницкая И.Д., Евграфова С.Ю., Пашенова Н.В., Елистратова Э.Н. Микробиологические факторы биоиндикации и биоремедиации нарушенных лесных экосистем Сибири.....	332
Суховольский В.Г., Ковалев А.В., Сотниченко Д.В. Диэлектрическая спектроскопия прикамбиального комплекса тканей и экспресс-диагностика состояния древесных растений.....	335
Ташев Александр, Бенькова В.Е., Некрасова А.А. Черника кавказская как редкий элемент фитоценозов горного массива Странджа (Болгария): особенности морфологии и строения древесины.....	337
Цыренова М.Г., Борхонов В.А., Цыдыпова М.В. Картографическое отображение современного состояния лесов Забайкальского национального парка по данным дистанционного зондирования Земли.....	340
Чубугина И.В. Содержание фенольных соединений как показатель стрессового состояния в разнотравных насаждениях хвойных.....	343

РОЛЬ ЖИВОТНЫХ И МИКРООРГАНИЗМОВ В ПРОЦЕССАХ ЛЕСООБРАЗОВАНИЯ И ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ

Анюшин В.В. Многолетняя динамика населения герпетобия (<i>Coleoptera</i> , <i>Carabidae</i> , <i>Tenebrionidae</i>) ленточных сосновых боров Средней Сибири.....	346
Бабенко А.С. Структура населения почвенной мезофауны лесных экосистем Салаира.....	349
Бабичев Н.С., Лескова А.А., Баранчиков Ю.Н. Вклад разных экологических групп дендрофильных насекомых в процессы разложения лесной подстилки.....	351
Баранчиков Ю.Н., <u>Перевозникова В.Д.</u> Лесовосстановление в шелкопрядниках южной тайги Приенисейской Сибири.....	354
Бескорвайная И.Н. Биомасса почвенных беспозвоночных как фактор продуктивности лесных экосистем.....	357

Буланова О.С., Тарасова О.В. Оценка влияния дендрофильных насекомых на сосновый подрост на ранней стадии лесовозобновления залежей.....	360
Вдовина О.С., Баранчиков Ю.Н. Пространственно-временная гетерогенность компонентов шишки лиственницы сибирской – местообитания насекомых-конобионтов.....	363
Гниненко Ю.И. Инвазивные организмы и лесообразовательный процесс.....	365
Гродницкая И.Д. Влияние почвенной микрофлоры шелкопрядников на процессы лесовосстановления.....	368
Гуров А.В., Гурова Н.Н., Баттисти А. Герпетобионтные жесткокрылые как индикаторы лесорастительных условий.....	370
Демидко Д.А., Кривец С.А., Бисирова Э.М. Связь радиального прироста кедра сибирского со вспышками массового размножения рыжего соснового пилильщика в южной тайге Западной Сибири.....	373
Евграфова С.Ю., Криницын Ю.О., Масагина О.В., Анискина А.А. Процессы микробной трансформации метана в криогенных почвах лесных экосистем Центральной Эвенкии.....	376
Ермолаев И.В., Зорин Д.А. Оценка влияния липовой моли-пестрянки на генеративную сферу дерева-хозяина.....	379
Кириченко Н.И., Баранчиков Ю.Н. Оценка инвазийного потенциала региональной энтомофауны дендрофильных насекомых.....	381
Ковалев А.В., Овчинникова Т.М., Суховольский В.Г. Имитационное моделирование динамики численности лесных насекомых.....	383
Кривец С.А., Бисирова Э.М., Демидко Д.А. Дендрофильные насекомые и ксилотрофные грибы как факторы деградации припоселковых кедровников в южнотаяжном Приобье.....	386
Кузнецова В.В. Экологические аспекты взаимодействия в системе «дерево-филлофаг» на примере боярышницы <i>Aporia crataegi</i> L. в пригородных насаждениях г. Красноярск.....	390
Назарова Ю.С., Гуров А.В., Рок А. Краевой эффект в распределении насекомых-конофагов в насаждениях лиственницы.....	392
Пальникова Е.Н. Насекомые-филлофаги как фактор формирования сосновых насаждений.....	394
Петько В.М., Баранчиков Ю.Н., Кривец С.А., Акулов Е.Н., Керчев И.В., Демидко Д.А. Потенциальное воздействие феромонного мониторинга популяций короедов на биоразнообразие энтомоконсорт хвойных.....	397
Плешанов А.С., Морозова Т.И., Осколкова Т.А. Лесопатологический мониторинг пихтовников Хамар-Дабана, подверженных атмосферному загрязнению.....	400
Пономарев В.И., Толкач О.В., Ильиных А.В., Соколов С.Л., Шаталин Н.В. Влияние дефолиации березовых насаждений Зауралья листогрызущими насекомыми на сукцессионные процессы.....	404
Рубцов В.В., Мамаев В.В., Уткина И.А. Ростовые процессы в надземной и подземной частях дуба после дефолиации при разных погодных условиях.....	406
Суховольский В.Г. Насекомые как фактор лесообразовательного процесса: воздействия на лес на разных характерных временах.....	409
Ягунов М.Н., Пальникова Е.Н. Сосновая пяденица как фактор, обуславливающий особенности возобновления сосновых насаждений.....	411
СПИСОК АВТОРОВ.....	414
СПИСОК ГОРОДОВ И ОРГАНИЗАЦИЙ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ НА КОНФЕРЕНЦИИ.....	416

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

УДК 630:001

ТРАНСФОРМАЦИЯ БИОСФЕРЫ И ЛЕСООБРАЗОВАНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

В.А. АЛЕКСЕЕВ

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Санкт-Петербург

АННОТАЦИЯ

В докладе обсуждаются две группы вопросов: 1) современная трансформация биосферы с биогеохимической и экологической точек зрения и 2) роль лесов в этом процессе с учетом влияния на биосферу процессов лесообразования. Для сохранения биосферы важны все процессы лесообразования (лесовозобновление, лесовосстановление и лесоразведение) на планете в целом. Роль России, крупнейшей лесной державы мира, является в сохранении биосферы одной из ключевых.

Мой интерес к проблемам биосферы в значительной мере обусловлен тематикой научных разработок, выполнявшихся в течение последние 30 лет.

С 1978 по 1985 год мне довелось изучать влияние промышленных атмосферных загрязнений на лесные экосистемы СССР и США [1, 13, 20]; в 1980 – 1991 гг. и, с перерывами, до 2003 г. вместе с учеными БИН АН СССР, ИЛ СО АН СССР и СПбНИИЛХ исследовал реакцию лесов на атмосферные выбросы комбинатов по выплавке никеля и меди в Мончегорске и Норильске [2, 21]; с 1992 до весны 2009 г. изучал с сотрудниками ИЛ СО РАН и СПбНИИЛХ запасы, динамику и биоразнообразие лесов России (и углерод в их экосистемах) [3-7, 22]. Все эти проекты, организатором и одним из исполнителей которых мне посчастливилось быть, имели самое непосредственное отношение к влиянию человека на биосферу.

Помимо тематики, немалое влияние на формирование моих взглядов оказывали и оказывают непрерывные реформы в лесном хозяйстве и негативное отношение к лесам правительства страны, недвусмысленно выраженное в новом Лесном кодексе [14] и важнейших подзаконных документах к нему.

Все вместе создавало соответствующие предпосылки для размышлений о будущем российских лесов и о других, более крупномасштабных, изменениях, в частности, о трансформации биосферы Земли.

Но прежде чем излагать результаты размышлений, необходимо хотя бы кратко перечислить некоторые из тех фундаментальных положений, на базе которых возникла моя интерпретация представлений о биосфере и ее прошлой и современной трансформации.

1. Биосфера и ее трансформация по В.И. Вернадскому

В настоящее время распространена концепция биосферы, тщательно и разносторонне разработанная в первую половину прошлого века В.И. Вернадским с позиции геологии, точнее – биогеохимии. Биосфера рассматривалась как единая связанная с Космосом закономерно организованная геологическая земная оболочка (одна из многих земных оболочек), включающая в себя нижнюю часть атмосферы, верхнюю часть литосферы и гидросферу [9-12]. Растительный покров планеты, его распределение, изменение и причины этого изменения В.И. Вернадского практически не интересовали: «Биохимия изучает биосферу в ее *атомном* (курсив здесь и далее сделан В.И. Вернадским – В. А.) строении и оставляет *лик* планеты (das Antlitz), т.е. ее поверхностный географический образ и причины его проявления, которые изучал Э. Зюсс, в стороне или на втором месте» [12, с. 126].

Вместе с тем В.И. считал мир живого важнейшей частью и признаком биосферы. «*Живые организмы являются функцией биосферы* и теснейшим образом материально и энергетически с ней связаны, являются огромной *геологической силой*, *ее определяющей*» [9, с. 52]. Убедившись, что все живые организмы в конечном счете однотипно трансформируют химический состав своих тел, В.И. Вернадский счел необходимым ввести объединяющее их понятие «живого вещества» – «...я буду называть *живым веществом* совокупность организмов, участвующих в геохимических процессах. Организмы, составляющие совокупность, будут являться *элементами живого вещества*» [11, с. 219].

Внося человека в список «живого вещества» и считая его существование также функцией биосферы [11], В.И. Вернадский особо выделяет геологическое значение человечества, осуществляемое в последние десятки лет через новое планетное явление – научную мысль [12].

В результате анализа человеческой деятельности, научное и техническое значение и результативность которой резко усилилась в XIX и особенно в XX веке, В.И. Вернадский приходит к выводу о том, что начался переход биосферы к своей последней стадии – ноосфере (сфере разума) [9,

10,12], понимая под ней период, «...когда человечество с помощью науки станет сознательно управлять природными и социальными процессами...» [16, с. 485]. Вернадского не смущали ужасные проявления реальной жизни. Он считал, что все это – временное. Конечно, для полного перехода к ноосфере необходим ряд условий, но ее наступление неизбежно. В этом В.И. Вернадский не сомневался [8].

II. Биосфера и ее трансформация с экологической точки зрения

Со времени создания последних трудов В.И. Вернадского по биосфере и ноосфере прошло более 65 лет. За этот период многое изменилось. Научные знания и основанные на них технологии и техника сделали баснословный, колоссальный по значению скачок вперед. Они дают пищу для новых умозаключений о строении мира. В частности, должна быть и когда-нибудь будет разработана иная концепция биосферы, поскольку на дне океанов, близ разломов земной коры, существует много достаточно высокоорганизованных живых организмов, продуктивно создающих органику в темноте, за счет выделяющегося из разломов метана и химической энергии. Область жизни там территориально не «потянется» на оболочку, на «хемосферу», но СН-регионы (регионы с образованием органического вещества на основе хемосинтеза, chemosynthetic regions) будут выделены обязательно.

Происходившие глобальные процессы противоречивы. Наряду с прогрессивной частью научных знаний обдуманы и подготовлены средства непосредственного уничтожения человечества. Стихийно происходили и эволюционные сдвиги в этом направлении – более чем в три раза увеличилось население планеты, катастрофически снизилась и быстро уменьшается площадь лесов, началось и прогрессирует изменение климата. Произошедшие экологические изменения велики, а ожидания настолько серьезны, что привели к усиливающимся попыткам ООН изменить ситуацию (принятие Рамочной конвенции ООН, Киотского протокола и т.д., см. Интернет).

В противовес взглядам, изложенным в предыдущем разделе, считаю, что не растительность и животный мир являются функцией биосферы, а, наоборот, биосфера является их производным благодаря присущему Земле расположению во Вселенной и, естественно, Космическим связям. Это принципиальное отличие. Оно соответствует действительности и применимо вне зависимости от точек зрения в отношении происхождения жизни на Земле.

При экологическом подходе исчезает также смысл объединения совокупности всех видов растительности и животных в единое «живое вещество», поскольку каждый существующий биологический вид по-своему зависит от условий среды и вносит свой особый вклад в формирование биосферы.

Возникший относительно недавно человек является мощным потребителем ресурсов планеты. Он представляет единственный биологический вид на Земле, использующий со все увеличивающейся скоростью запасенную органику прошлых времен. Человечество «потребляет» и адаптирует доступные и пригодные ему ресурсы, в том числе уничтожая устойчивые естественные экосистемы и создавая вместо них искусственные образования (в том числе и экосистемы), неспособные к своему воспроизведению без его забот.

Пока люди добывали пищу охотой и собирательством съедобных плодов, их популяция была немногочисленной и не оказывала сколько-нибудь заметного влияния на биосферу. Изменение биосферы началось с появлением земледелия и скотоводства 50 000±20 000 лет назад [9]. В.И. Вернадский пишет: «Любопытно, что все эти процессы происходили в одном относительно небольшом участке планеты, в восточной части Средиземного моря, в Египте, Месопотамии, может быть, в Северной Индии и болотистых областях Западного и Среднего Китая (может быть, и Индокитая). Не раньше 10 000 лет тому назад проявилась эта работа человечества в Полинезии, Центральной и Южной Америке и на Малайских островах» [9, с. 275].

Стабильное обеспечение питанием способствовало размножению людей, а с ростом численности населения требовалось отчуждение от природной биосферы все больших территорий. К настоящему времени оно достигло огромных размеров (соответственно, сокращена доля природных экосистем биосферы). Кроме части России, радикально трансформированы территории всех стран Евразии, Северной Америки, большинства островных государств, более половины территорий Южной Америки, Африки и Австралии. Эти грубые ориентировочные оценки (не затрагивающие к тому же глубины изменений природной биосферы и учета успешности созданных сельскохозяйственных экосистем) приведены только для того, чтобы показать, насколько распространена произошедшая трансформация.

Превращение биосферы в «М-сферу»¹ (mankind sphere) не слишком далеко от завершения. Если в последующие 1-2 десятилетия не будут реализованы попытки ООН кардинально изменить тенденции глобальных экологических процессов, ситуация на планете может стать непредсказуемой.

¹ в отличие от нее оставшиеся части природной биосферы можно назвать N-регионами (Natural regions).

III. Лес и лесообразование

Основным препятствием к завершению трансформации биосферы являются леса Земли. Они потрясающе многофункциональны и важны для поддержания той биосферы, благодаря которой существует человечество.

Повторю несколько общеизвестных истин. При образовании органики леса поглощают углекислый газ и выделяют кислород. Своей транспирацией (регулируемым устьицами испарением воды) леса формируют локальную, региональную и, в конечном счете, глобальную циркуляцию атмосферы и осадков. Оба процесса формируют климат (и сами зависят от него). Кислород, необходимый для нашего дыхания и большинства биохимических процессов на Земле, частично трансформируется в верхних слоях атмосферы в озон и образует защитный слой, предохраняющий планету от губительного жесткого ультрафиолета. Леса выполняют водоохранную, водоочистную, почвозащитную, противозерозионную, ветрозащитную роль, очищают воздух от вредных примесей и пыли. Они являются форпостными буферами на границе с тундрой и другими безлесными пространствами. Огромна их социальная роль. Если добавить, что леса являются обителью всего живого на суше, то слова, что лес – основа жизни на Земле, не покажутся чрезмерными.

Разумеется, на планете еще много слабо затронутых изменениями территорий, таких как Антарктида, океаны, тундры, пустыни и каменистые высокогорья. Но все они играют несравненно меньшую роль в поддержании биосферы, нежели леса. Продолжение уничтожения лесов означает вступление в очень серьезную зону риска.

Успешность лесообразования (лесовозобновления, лесовосстановления и лесоразведения) теснейшим образом связана с состоянием биосферы в силу вышеперечисленных свойств леса. Даже временное сокращение территорий с массивами лесов нарушает свойства биосферы. Чем меньше лесов остается на планете, тем сильнее сказывается это нарушение. Поэтому процессы лесообразования в России, крупнейшей лесной державе мира, имеют не только локальное и региональное значение.

В России за последние 60 лет по ряду причин не происходило снижения площади лесов. Данные инвентаризации лесного фонда свидетельствуют даже о некотором ее увеличении [5, 15, 17]. Тем не менее, в нашей стране примерно 150 млн га земель требуют зарастивания лесом. Так, временно не покрытые лесом земли лесного фонда на 1 января 2003 г. составляли 107 млн га [15] (это наименьшая площадь за последние полвека), около 40 млн га насчитывают неиспользуемые пашни Минсельхоза [19], имеется немало закустаренных лугов и других неудобий. У меня нет сомнений, что мои коллеги расскажут на конференции, как выполнить зарастивание этих территорий наилучшим образом. Единственное, на что мне хотелось обратить внимание из биосферных соображений, – это подчеркнуть целесообразность развития плантационного выращивания лесов, за которое так ратует проф. И.В. Шутов [19]. Лесные плантации помогут сохранять леса, используемые ныне с целью заготовки древесины.

IV. Некоторые умозаключения и предложения

1. **Биосфера.** Хотелось бы верить, что прав В.И. Вернадский, предсказавший наступление ноосферы, но трудно не согласиться и с точкой зрения Жана Батиста Ламарка: «...человеку суждено истребить самого себя, после того как он сделает Землю непригодной для обитания» [22, с. 146]. Мне она кажется более реальной.

2. **Лесообразование в России.** В лесах таежной зоны страны лесовозобновление после рубок и гарей происходит достаточно успешно естественным путем. То, что при этом чаще всего образуются мелколиственные, в основном березовые леса, имеет значение для лесного хозяйства, но не для биосферы. Ориентация на естественное возобновление едва ли изменится в ближайшие десятилетия. Ожидать в лесах этой огромной зоны лесоразведения не приходится (хотя плантационные леса были бы в южной подзоне тайги вполне уместными).

В регионах лесостепной и степной зоны важны все виды лесообразования. К сожалению, произошедшие реформы и передача практически всех лесов этих зон в руки арендаторов делает ситуацию неопределенной. В европейской части все же можно ожидать выполнения лесокультурных работ. Как обстоят дела в Сибири, лучше меня знают другие участники конференции.

Сколько-нибудь существенных посадок леса с помощью средств на «леса Киото» ожидать, мне кажется, не стоит. У нас слишком много желающих получить деньги без проведения работ. К тому же существуют опасения, что могут начаться более серьезные проверки наших Национальных отчетов (пока был только один), в которых при желании можно обнаружить серьезные несуразности.

3. **Проекты.** Целесообразно ставить вопрос перед руководителями различного ранга о проведении картирования трансформированной биосферы. Оно может быть сделано в региональных и глобальном масштабах. Технические возможности для выполнения такой работы существуют, необходимо только соответствующее финансирование. Результаты картирования могут быть необходимы при решении планетарных стратегических задач.

4. **Совещания.** Имеет смысл организовать международную конференцию с обсуждением

биосферных проблем сохранения бореальных лесов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В.А., Дочинжер Л.С. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение // Лесоведение, 1981, 5. С. 64-71.
2. Алексеев В.А. (ред). Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука, 1990. 198 с.
3. Алексеев В.А., Бёрдси Р.А. (ред.). Углерод в экосистемах лесов и болот России. Красноярск, 1994. 224 с.
4. Алексеев В.А., Шабунин Д.А. Побеговый рак пихты сибирской. Описание болезни и методические рекомендации по полевой диагностике. СПб.: СПбНИИЛХ, 2000. 29 с.
5. Алексеев В.А., Марков М.В. Статистические данные о лесном фонде и изменение продуктивности лесов России во вторую половину XX века. СПб.: СПЛЭЦ, 2003. 273 с.
6. Алексеев В.А., Зимницкий П.В. Статистические данные о биоразнообразии древесных ресурсов России на начало века. СПб.: СПЛЭЦ, 2006. 160 с.
7. Алексеев В.А., Связева О.А. Древесные растения лесов России. Список видов и государственный учет биоразнообразия лесных ресурсов. Красноярск, 2009. 181 с.
8. Вернадский, В.И. Несколько слов о ноосфере // Успехи современной биологии, 1944, т. XVIII, вып. 2. С. 113-120.
9. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М.: Наука, 1965. 374 с.
10. Вернадский В.И. Биосфера (Избранные труды по биогеохимии). М.: Мысль, 1967. 376 с.
11. Вернадский В.И. Живое вещество. М.: Наука, 1978. 358 с.
12. Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста. М.: Наука, 1988. 522 с.
13. Взаимодействие лесных экосистем и атмосферных загрязнителей. Ч. 1. 178 с. Ч. 2. 195 с. Таллин, 1982.
14. Лесной кодекс Российской Федерации от 04 декабря 2006 № 200-ФЗ. Современный текст с учетом изменений на 14.03.09 в печати пока не опубликован. См. Интернет: <http://www.consultant.ru/popular/newwood>.
15. Лесной фонд России (по данным государственного учета лесного фонда по состоянию на 1 января 2003 г.). Справочник. М., 2003. 637 с.
16. Микулинский С.Р. О понятии ноосферы // Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста. М., 1988. С. 481-488.
17. Природные ресурсы и окружающая среда России. Аналитический доклад / Под ред. Б.А. Яцкевича, В.А. Пака, Н.Г. Рыбальского. М.: НИИ-Природа и РЭФИА, 2001. С. 151-164.
18. Пузанов И.И. Жан Батист Ламарк. М.: Учпедгиз, 1959. 192 с.
19. Шутов И.В. (ред.). Платанционное лесоводство. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. 366 с.
20. Alexeyev V.A. Forest health diagnosis and its application in air pollution impact studies // Air pollution effects on vegetation including forest ecosystems. Proc. of the second US-USSR symposium. 1989. Pp. 135-141.
21. Alexeyev V.A. 1995. Impacts of air pollution on far north forest vegetation // The Science of Total Environment. 1995. V. 160/161. Pp. 605-617.
22. Alexeyev V.A. and Birdsey R.A. (eds). Carbon Storage in Forests and Peatlands of Russia. The USDA Forest Service, General Tech. Rep. NE-244. 1998. 135 pp.

УДК 634.0.116

ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ БОРЕАЛЬНОЙ ЗОНЫ

А.А. ОНУЧИН

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

На основе системного анализа информации, относящейся к различным географическим условиям, формулируется концепция гидрологического значения бореальных лесов. Концепция опирается на обусловленность процессов влагооборота лесных экосистем фитоценоотическими факторами и геофизическим фоном, на котором протекают лесогидрологические процессы. В зависимости от погодно-климатических условий лесные экосистемы могут менять знак гидрологической функции, превращаясь из источников формирования стока рек в «испарителей» почвенной влаги.

Вода – наиболее распространенное неорганическое соединение на планете, которое является основой всех жизненных процессов и играет ключевую роль в биосфере Земли. Дефицит водных ресурсов одновременно может явиться одним из серьезнейших вызовов человечеству в обозримой перспективе. Нехватка пресной воды уже ощущается в ряде регионов. Она будет возрастать, в том числе из-за недооценки последствий использования земель и глобальных климатических изменений, влияющих как на лесообразовательный процесс, так и на специфику влагооборота и перераспределения составляющих водного баланса.

Противоречия в оценке гидрологического значения лесов традиционно относятся, прежде всего, к объему речного стока (водоохранная количественная функция леса). Другие аспекты водоохранно-защитного значения лесов (обеспечение высокого качества воды, перевод лесными экосистемами поверхностного стока во внутрипочвенный и т.д.) давно считаются общепризнанными и не подвергаются

сомнению.

Попытки формализовать гидрологическую количественную функцию леса и раскрыть механизмы ее реализации предпринимались неоднократно, однако четкого объяснения до настоящего времени не получили. Известный тезис Г.Н. Высоцкого [3] – лес увлажняет горы и сушит равнины, – подтверждается не всегда. Противоречия в оценке водоохранной количественной функции леса являются следствием неясности механизма ее проявления. Ряд исследователей до сих пор продолжают скептически оценивать роль почвенно-растительного комплекса в формировании стока рек. Все имеющиеся вариации и тренды изменения речного стока они связывают с плохо интерпретируемыми и не учитываемыми погодно-климатическими факторами [4], хотя имеются свидетельства того, что характер использования земель на водосборах оказывает достоверное влияние на формирование стока рек [16].

Относительно гидрологической роли лесов обозначены четыре концепции [2]. Концепцию всеобщей увлажняющей роли лесов начиная с 50-х годов развивал В.В. Рахманов [11], и она нашла своих последователей [1, 10, 9]. Используя метод сопоставления годового стока рек с разной лесистостью водосборов, они делали вывод, что увеличение стока обусловлено главным образом повышением количества осадков над лесными водосборами. Хотя анализ причинно-следственных связей между осадками и лесистостью [7] позволяет резонно предположить, что как раз увеличение лесистости и обусловлено большим увлажнением территории. До настоящего времени не получено прямых доказательств того, что динамическая шероховатость лесного покрова способствует дополнительному выпадению осадков.

Близкая к первой вторая концепция – иссушающе-увлажняющей роли леса – сводится к тому, что иссушающее влияние леса компенсируется дополнительным выпадением осадков. В результате этого сток с лесных водосборов увеличивается и часто превышает сток с открытых территорий. Несостоятельность этой концепции обусловлена сомнительным предположением об увеличении количества осадков над лесами.

Приверженцы третьей концепции – иссушающей роли леса – ссылаются на данные об увеличении суммарного стока на вырубках в лесах Сибири, Сахалина, Карпат и ряда регионов Северной Америки [12, 15, 5]. Результаты таких наблюдений сложно поставить под сомнение, поскольку полностью элиминируется влияние природно-климатических условий. Однако при этом сохраняется проблема корректности переноса результатов, полученных на относительно локальных участках, на обширные территории.

Результаты исследований других авторов свидетельствуют о том, что в одних и тех же физико-географических районах в различные годы соотношение расходов влаги на испарение лесом и полем существенно различается в зависимости от характера увлажнения, радиационного и теплового баланса конкретных сезонов [8, 13]. Очевидно, что водоохранная роль леса обусловлена целым комплексом метеорологических почвенно-грунтовых, фитоценологических и других факторов, влияние которых на перераспределение расходной части водного баланса между испарением и стоком часто бывает сильнее, чем влияние лесистости водосборов [6, 14, 2]. Это послужило основанием для формирования четвертой концепции – неопределенной или неустойчивой гидрологической роли леса. Она предполагает как увеличение, так и уменьшение стока с лесных водосборов по сравнению с безлесными. Основным и существенным недостатком этой концепции является то, что она не вскрывает механизмы влагооборота, обуславливающие различный гидрологический эффект.

Существующие до сих пор противоречия в оценке гидрологической роли лесов во многом обусловлены методическими причинами. Простой статистический подход, основанный на анализе больших массивов географически разнородных данных, не позволяет раскрыть генетические аспекты формирования стока, который формируется под влиянием комплекса взаимно обусловленных физико-географических, почвенно-растительных и погодно-климатических факторов. Состоятельные представления о гидрологической роли лесов могут быть получены посредством сопряженного анализа динамики стока рек и интенсивности антропогенных и природных изменений на водосборах. Поскольку обе группы факторов (климатические и почвенно-растительные) влияют на сток взаимообусловленно, то выявленные синергетические эффекты позволяют определить диапазоны погодно-климатических факторов, в которых роль леса как регулятора влагооборота претерпевает качественные изменения.

Прогнозные модели, численные эксперименты с которыми не противоречат результатам натурных наблюдений, свидетельствуют о следующем. В условиях избыточного увлажнения в холодном климате, где, как правило, продуцируют низкополнотные древостои, лес «работает» как накопитель влаги и является фактором увеличения стока рек. Такой эффект связан с относительно небольшой величиной зимнего испарения в лесах по сравнению с безлесными территориями, на которых активизируются метели, вызывающие усиленное испарение снега. В теплом климате, где продуктивность лесов выше, лес по сравнению с безлесными угодьями работает как лучший испаритель. Это обусловлено двумя основными причинами – отсутствием метелевого переноса со снижением непродуктивного испарения

снеговой влаги на открытых участках и возрастанием перехвата твердых атмосферных осадков пологом высокопродуктивных сомкнутых древостоев. Лес в таких условиях становится фактором уменьшения стока рек. Это служит объяснением противоречий, существующих в оценке гидрологической роли лесов различных географических регионов. В условиях недостаточного увлажнения роль леса как регулятора влагооборота сведена к минимуму как в холодном, так и в теплом климате.

Эволюция взглядов на гидрологическую роль лесов связана не только с получением новой информации о процессах влагооборота в лесах различной структуры, функционирующих в различных ландшафтно-географических и погодно-климатических условиях, но и с развитием методов системного анализа, основанного на количественных оценках и моделях. Использование новых методов позволило повысить уровень знаний о гидрологических функциях лесов и перейти от представлений, базировавшихся на противоречивых концепциях, к осознанию того, что гидрологическое значение лесных экосистем следует рассматривать в неразрывной связи с геофизическим фоном, пространственным распределением лесов и характером лесной растительности. Системный взгляд на лесогидрологические процессы не только позволяет объяснить имевшие место противоречия, но и дает возможность создавать прогнозные модели изменения структуры водного баланса на основе тенденций лесообразовательного процесса в условиях естественной и антропогенной динамики лесов на фоне глобальных климатических изменений [16].

Таким образом, можно говорить о формировании ландшафтно детерминированной концепции гидрологической роли лесов, рассматривающей механизмы влагооборота, обуславливающие различный гидрологический эффект в зависимости от геофизического фона. Непременным условием практической реализации этой концепции является не только наполнение ландшафтным содержанием понятий «лес» и «безлесное пространство», но и оценка их количественной мерой.

В рамках ландшафтно детерминированной концепции гидрологической роли лесов можно обозначить несколько положений, которые носят универсальный характер. Во-первых, лиственные (листопадные) леса бореальной зоны в большей мере, чем хвойные, способствуют формированию стока. Это обусловлено тем, что зимой в них из-за меньшего перехвата твердых атмосферных осадков лесным пологом накапливается больше снега. Во-вторых, выделяется диапазон возрастов насаждений, в котором интенсивный прирост обуславливает повышенный расход воды на транспирацию и является причиной снижения годового стока с лесных территорий. В зависимости от породного состава и бонитета насаждений этот диапазон находится в пределах 35-60 лет. В-третьих, увеличение стока с лесных водосборов возможно за счет создания определенной пространственной структуры лесов посредством лесохозяйственных мероприятий. Так, при чередовании лесных и безлесных участков на водосборах создается ячеистая структура. Она способствует усилению снегоаккумулирующего эффекта и увеличению стока с водосборов.

Роль леса как регулятора влагооборота в условиях Сибири сводится в основном к получению снегоаккумулирующего эффекта. Достоверное увеличение снегозапасов за счет снижения непродуктивного испарения снеговой влаги обеспечивается посредством ячеистой структуры территорий, которая формируется сочетанием лесных и безлесных участков небольших размеров, а также за счет увеличения доли лиственных пород в составе насаждений.

Снегоаккумулирующий эффект, обусловленный характером пространственного размещения лесов, наиболее выражен при лесистости 20-40 %, а различия в снегозапасах, обусловленные пространственной структурой лесного покрова, усиливаются с увеличением количества твердых атмосферных осадков, активизацией ветровой деятельности и уменьшением влажности воздуха.

В лесостепи роль леса как регулятора влагооборота (за счет снижения зимнего испарения) сводится к увеличению почвенных влагозапасов, которые расходуются на транспирацию в летний период. В таежной зоне дополнительная аккумуляция снега, обусловленная оптимальной пространственной структурой лесного покрова, может обеспечить потенциальное увеличение стока до 40 мм, а в лесотундре и горной тайге – до 60 мм.

Учитывая небольшую лесистость водосборов северных рек, реальное значение леса как регулятора влагооборота в этих условиях не следует переоценивать. В таежной зоне гидрологическая роль лесов возрастает, однако возможность перераспределения составляющих водного баланса между суммарным испарением и стоком посредством лесохозяйственных мероприятий следует рассматривать весьма скептически. Ощутимые изменения во влагообороте возможны лишь при крупномасштабных нарушениях лесного покрова – катастрофических пожарах или катастрофических последствиях вспышек массового размножения насекомых-фитофагов, масштабных рубок леса без соблюдения экологических требований и других факторов, результатом действия которых может быть сведение или гибель лесов на больших территориях.

Сформулированная концепция ландшафтно детерминированной гидрологической роли лесов раскрывает важные механизмы влагооборота, объясняет имеющиеся противоречия и позволяет на основе прогнозных моделей определить диапазоны погодно-климатических факторов, в которых роль леса как

регулятора влагооборота претерпевает качественные изменения. Посредством прогнозных моделей представляется также возможным оценивать вероятную трансформацию структуры водного баланса территорий и определять вклад как климатических изменений, так и почвенно-растительных факторов с учетом использования земель на водосборах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бочков А.П. Влияние леса и агролесомелиоративных мероприятий на водность рек лесостепной зоны европейской части СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1954. 136 с.
2. Воронков Н.А. Роль лесов в охране вод. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 286 с.
3. Высоцкий Г.Н. Избранные труды. М.: Сельхозгис, 1960. 435 с.
4. Географические исследования Сибири //Ландшафтная гидрология: теория и практика исследований. Т. 3. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2007. 262 с.
5. Клиңцов А.П. Защитная роль лесов Сахалина. Южно-Сахалинск, 1973. 233 с.
6. Лалл Г.У. Возможности увеличения полного стока посредством лесохозяйственных мероприятий // Доклады иностранных ученых на международном симпозиуме по влиянию леса на внешнюю среду. Т. 2. М., 1970. С. 80-99.
7. Лейтон Л., Родда Дж. К. Леса и осадки //Доклады иностранных ученых на международном симпозиуме по влиянию леса на внешнюю среду. М., 1970. С. 3-20,
8. Молчанов А.А. Гидрологическая роль леса. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 487 с.
9. Побединский А.В. Изменение защитной и водорегулирующей роли леса под влиянием рубок // Вопросы географии, 1976, 102. С. 169-179.
10. Протопопов В.В. Средообразующая роль темнохвойного леса. Новосибирск: Наука, 1975. 327 с.
11. Рахманов В.В. Гидроклиматическая роль лесов. М.: Лесная пром-ть, 1984. 240 с.
12. Рутковский В.И. Влияние лесов на накопление и таяние снега // Снег и талые воды. М.: АН СССР, 1956. С. 184-205.
13. Федоров С.Ф., Марунич С.В., Буров А.С., Ральцевич Н.Д. Изменение структуры водного и теплового баланса залесенных территорий под влиянием вырубок // Тр. ГГИ, 1981, 279. С. 20-31.
14. Benecke P. Soil water relations and water exchange of forest ecosystems // Ecol. Stud., 1976, 19. Pp. 101-131.
15. Hewlett J.D., Hibbert A.R. Increases in water yield after several types of forest cutting. Quart. Bull. IASH, 1961, 6. Pp. 5-17.
16. Onuchin, A., Balzter, H., Borisova, H. and Blyth, E. Climatic and Geographic Patterns of river-runoff formation in Northern Eurasia, Advances in Water Resources, vol. 29, 2006, 9. Pp.1314-1327.

УДК 630

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ЛЕСООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

В.А. РОЖКОВ

Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, Москва

АННОТАЦИЯ

Предлагается использовать методологию эволюционных принципов почвоведения к построению теории единого лесообразовательного процесса. Эволюция рассматривается как самоорганизация в процессах развития отдельных компонентов и лесного покрова в целом при квазиравновесном влиянии внешних факторов.

Сложность восприятия объекта, целенаправленное управление его свойствами и процессами лесообразования требуют строгой структуризации проблем и формализации представлений о его самоорганизации и саморазвитии в ходе естественной эволюции, а также в интервале между разнообразными антропогенными воздействиями. В общем смысле *эволюция* – это прогрессивное изменение состава и свойств некоторого объекта, столь сильное, что появляется необходимость изменения его классификационного наименования, которое и является формальным признаком эволюции [5]. Эволюция есть функция времени, и она протекает без изменений внешних условий, в отличие от *метаморфоза*, являющегося функцией смены условий. В качестве объектов лесообразовательного процесса служат элементы леса, типы леса и/или условий местообитания, а также биогеоценозы и структура лесного покрова в целом, аналогия которого с почвенным покровом позволяет использовать методологические принципы одной дисциплины для развития другой [7].

Эволюцию следует понимать как непрерывное постепенное *упорядочение*, переход от простого к сложному в процессе номогенеза, саморазвития за счет внутренних факторов, без внешнего воздействия, т.е. самоорганизации. *Упорядочение* – это нерелексивное отношение, обладающее свойствами связности, антисимметричности и транзитивности. По сложности отношений, строения, генезиса, по целям использования и др. могут вычленяться этапы или стадии эволюции леса. Сложность связана с

уровнем *организованности* системы. *Необратимость* эволюции леса проявляется в смене пород, типа леса и др.

Антропогенной эволюции не бывает – это революция в любых сферах природы и общества. Как писал идеолог народовольчества А.Н. Морозов: «Революция в том смысле, как мы обычно понимаем это слово, есть быстрый, насильственный переворот. С устройством демократической республики естественно окончится и длинный период наших революционных попыток. С этого великого момента все мы, революционеры, неизбежно обратимся в эволюционеров...».

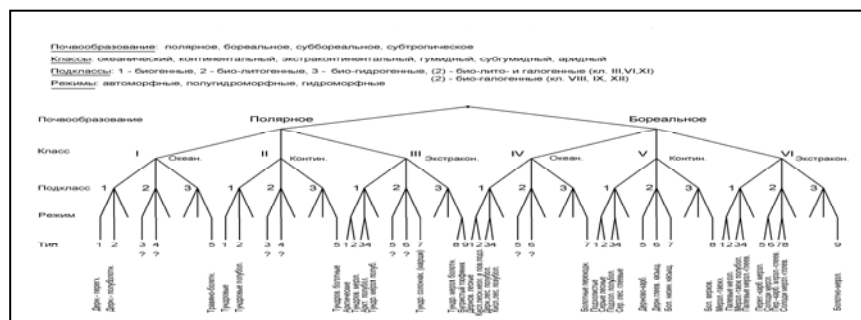
Сформулирован ряд принципов, свойственных эволюции в любой области, от материи и жизни до разума [16]. Первый из них заключается в том, что реальность состоит из целого/частей, или «холонов» – это термин для описания *целого*, которое в то же время является *частью* другого целого. *Организация* – способность поддерживать свою целостность (автономию, идентичность – рефлексивность) во внешней среде и в то же время *быть* частью другого целого – второй принцип и признак холона.

Холизм в синергетике носит эволюционный характер. В сложную структуру объединяются структуры разных возрастов и стадий развития. Определяющим является не только конфигурация структуры и природа входящих в них элементов, но и темп их развития. Мир как иерархия сред с разной степенью нелинейности или структур с разным, все возрастающим уровнем сложности предстает как *холархия* (holarchy), т.е. иерархия целостностей (holons), которые являются, в свою очередь, частями более сложных эволюционных целостностей ([3], с. 143). Эволюция представляет собой холархизацию – процесс повышения уровня порядка целостности и включения компонентов системы.

Существует мнение [5], что все разности почв – лишь стадии последовательного изменения одного и того же типа, и всякая почва как бы представляет лишь одну из стадий развития каждого почвенного образования, а современный почвенный покров земли должен рассматриваться лишь как одна из стадий в его развитии; что отдельные почвенные образования, с которыми мы имеем дело в настоящее время, в своем прошлом могли представлять другие формы почвообразования и в своем будущем могут подвергнуться существенным превращениям даже без изменений внешних условий; что для полного познания всякой почвы необходимо выяснить ее генезис с начала ее образования. Иными словами, эволюция почвы – это *естественное следствие самого почвообразовательного процесса*, которое должно возникать совершенно независимо от изменения факторов почвообразования, но которое вместе с тем на эти факторы влияет.

В.Р. Вильямс также высказал мысль, что «почвообразовательный процесс на поверхности суши земного шара представляет один грандиозный по своему пространственному протяжению и по своей длительности во времени процесс воздействия биологических элементов природы на продукты абиотического изменения горных пород. Отдельные типы почвообразовательного процесса, представляющих в сущности лишь отдельные фазы развития этого процесса, неразрывно связаны и совершенно незаметно и постепенно эволюционируют один в другой» ([1], с. 372). Сказанное полностью согласуется с идеей перманентного лесообразования. Много раньше уже не глобальную, а космогеническую точку зрения относительно человека высказал Б. Паскаль: «...Вся последовательная смена людей не что иное, как один и тот же постоянно сущий человек» ([10], с. 416).

Тесная аналогия принципов и оснований факторной классификации почв и лесов [8] позволяет использовать структуру дерева классификации почв из [2] для отражения географии лесообразования.



На рисунке показаны две из четырех корневых ветвей, относящихся к почвам нашей страны (знаком «?» обозначены пока неизвестные типы почв). Практически вместо типов почв можно поставить типы лесообразовательных процессов или лесные

ассоциации, что послужит основой для построения исчерпывающей типологии лесов [8].

По приведенному фрагменту формализованной классификации можно предположительно предсказывать новые почвы и перестановки известных почв; предполагая сдвиг климатических поясов в сторону потепления, гипотетически можно прогнозировать сдвиг природных зон.

Продолжительность временных периодов ожидаемых явлений, в порядки превышающих жизнь, делает трудноразличимыми отрезки эволюции, поскольку по определению она происходит при постоянстве факторов. Но можно сослаться на геологическую хронологию истории Земли, отражающую еще более длительные, но разделимые эпохи. Антропогенные воздействия обладают сравнительно коротким временем реализации, и скорее следует говорить о морфогенезе, чем об эволюции.

Категория сложности составляет предмет синергетики как теории самоорганизации и глобальной эволюции, нашедшей успешное приложение в почвоведении [4]. Различаются уровни *иерархической* организованности почвенной мегасистемы, от элементарных почвенных частиц до структуры почвенного покрова (СПП). Аналогично структура лесного покрова (СЛП) – это закономерная совокупность элементарных ареалов (ЭПА), представленная на местности и на карте. Необходима строгая формализация исходных описаний СПП [7].

Оценка структуры почвенного покрова

$$КП = \frac{C_{II} - C_{II}}{C_{II}} \cdot \frac{\sum_{i=1}^k p_i \lg p_i}{\lg k} = КС \cdot ДП,$$

где C_{II} и C_{II} — среднее внутри- и межгрупповое сходство почв, K — число почв в почвенной комбинации; P_i — доля площади i -той почвы ($i = 1, K$).

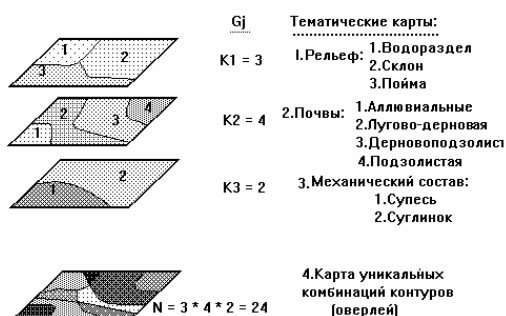


Значения коэффициента контрастности (КП) трех почв с неравномерным (а) и равномерным (б) соотношением их площадей в контуре, а также в связи с различными величинами внутри- (C_{II}) и межгруппового (C_{II}) сходства по свойствам:

Сходство, %		КС	Доля площади, %			ДП	КП
C_{II}	C_{II}		P_1	P_2	P_3		
91	30	0,67	92,3	6,2	1,5	0,28	0,19
91	30	0,67	33,3	33,3	33,3	1,00	0,67
51	49	0,04	92,3	6,2	1,5	0,28	0,01
51	49	0,04	33,3	33,3	33,3	1,00	0,04

распределенных мелкими (а) или крупными (б) контурами [7]. КП – это контрастность, учитывающая среднее внутригрупповое и межгрупповое сходство контуров по совокупности показателей, а также доли площадей почв в ПК.

Рассмотренные подходы применимы к исследованию фотоизображений, отдельных карт и их



Построение комплексной карты оверлеем



комбинированная карта оценок включения контуров первой во вторую. На ней произошло сглаживание мелкоконтурности и довольно четко отражена природная зональность. Для более детального анализа

В качестве параметров, характеризующих контуры, служат: содержание контуров, их геометрия и таксационные показатели насаждений. *Контрастность* лесных комбинаций (ЛК) – главная их характеристика, которая используется для регистрации трансформации СЛП во времени и пространстве. Оценка контрастности ЛП учитывает наряду со сходством контуров по содержанию также и характер распределения сопутствующих или включенных контуров. На рисунке показан применимый для оценки СЛП принцип расчета контрастности трех почв (КП) для сильно (КС = 0,67) и слабо (КС = 0,04) контрастных по свойствам,

композиций, т.е. для всех картинно-картографических образов, в том числе ГИС-объектов – отдельных слоев или их комбинаций, показанных на следующем рисунке. Так, в результате наложения двух или более карт получается комплексная карта, контуры которой (уникальные комбинации) характеризуются комплексом показателей с исходных карт. Полученная комплексная карта может представлять элементарные ландшафты, биогеоценозы и др., если исходные карты включают соответствующие им показатели. Эволюционные изменения на любом слое картографической базы данных будут отражаться на результирующей карте уникальных комбинаций.

При работе с контурами и/или с классами классификации возникают проблемы их пересечений, оцениваемые мерами включения:

$V(S; L) = m(S \cap L) / m(S \cap L) = m(S \cap L) / m(L)$; $V(L; S) = m(L \cap S) / m(L \cap S) = m(L \cap S) / m(S)$. Меры не симметричны, т.е. $V(S; L) \neq V(L; S)$, и указывают, какая доля одного почвенного контура (класса) отображается в другом.

В результате наложения карт лесорастительного и почвенно-географического районирования получена представленная на рисунке

перспективно приложение аппарата нечетких множеств.

Анализ проблем эволюции по существу привел к необходимости строгой интерпретации применяемых понятий и необходимости их формализации. Перспективой работ ставится создание формализованной на всех уровнях организации и приложений теории лесообразовательного процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вильямс В.Р. Почвоведение. Избранные соч., т. 1. М.: Гос. изд-во с.-х. лит-ры, 1949. 447 с.
2. Иванова Е.Н., Розов Н.Н. Классификация почв СССР: Докл. сов. почвовед. к VII Межд. конгр. в США. М.: АН СССР, 1960. С. 280-293.
3. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Синергетика: Нелинейность времени и ландшафты коэволюции. М.: КомКнига, 2007. 272 с.
4. Никитин Е.Д. Философское почвоведение и синергетика // Синергетика, 2001, 4. С. 300-311.
5. Роде А.А. Почвообразовательный процесс и эволюция почв. М.: Огиз, 1947. 142 с.
6. Рожков В.А. Почвенная информатика. М.: Агропромиздат, 1989. 222 с.
7. Рожков В.А. Аналогия понятий структур почвенного и лесного покрова // Лесоведение, 2009, 2. С. 47-51.
8. Рожков В.А., Швиденко А.С., Кравец П.А. Тектологическая концепция классификации и типологии лесов // Лесной Вестник, 2001, 1 (16). С. 10-22.
9. Уилбер К. Краткая история всего. М.: АСТ: Астрель, 2006. 476 с.
10. Чаадаев П.Я. Полное собрание сочинений. Т. 1. М.: Наука, 1991. 800 с.

УДК 630*

ЛЕСООБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС В РАЗВИТИИ БИОГЕОЦЕНОТИЧЕСКОГО ПОКРОВА

В.Н. СЕДЫХ

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Новосибирск

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются место и роль лесообразовательного процесса в развитии биогеоценотического покрова. Предложены признаки лесообразовательного процесса для оценки его состояния на территориях, покрытых лесом.

Создавая новую научную дисциплину, биогеоценологию, В.Н. Сукачев [9] отмечал, что биогеоценотический покров земли представляет собой арену жизни, «...где синтезируется органическое вещество, где происходят сложнейшие процессы возникновения новых веществ, где все время идут накопления энергии и превращение ее и вещества из одних форм в другие и обмен ими как внутри биогеоценозов, так и между ними и другими явлениями природы», и «...лесной покров, лесные биогеоценозы играют в этом процессе исключительно большую роль, так как ни в одном типе живого покрова Земли этот процесс не идет с такой интенсивностью и в такой сложной форме, как в лесу» [9, с. 388]. Далее В.Н. Сукачев объяснял, что «...конкретные биогеоценозы, в том числе и лесные, являются лишь звеньями непрерывного биогеоценотического процесса, определяющего то саморазвитие, в котором всегда находится биогеоценотический покров Земли» [9, с. 367].

На основании этого В.Н. Сукачев считал, что лесообразовательный процесс является частным проявлением биогеоценотического процесса, научным направлением частной науки лесоведения, на данных которой, как он утверждал, должно развиваться новое учение о биогеоценозах. Понимая значение и роль знаний лесоведения в становлении новой науки, следует признать, что в настоящее время они не могут эффективно использоваться в исследовании развития биогеоценотического покрова ввиду слабой изученности лесообразовательного процесса как физико-географического явления природной среды. В частности, до сих пор еще недостаточно разработаны представления о содержании понятий лесообразовательного процесса, что является сдерживающим фактором в использовании всех накопившихся знаний о лесе в изучении динамики лесного покрова и биогеоценотического процесса в целом. В связи с незавершенностью ряда теоретических и методологических вопросов этого научного направления в лесной науке к обсуждению впервые предлагаются определения понятий лесообразовательного процесса и их признаки для характеристики и использования в решении теоретических и практических задач лесоведения [7].

В итоге анализа одного из важнейших понятий в лесоведении, содержащегося в многочисленной научной литературе, с учетом накопившихся знаний о восстановительно-возрастной динамике лесов, под лесообразовательным процессом предлагается понимать **совокупность явлений возникновения, развития и разрушения леса, созданного естественным или искусственным путем, закономерно и последовательно развивающихся на земной поверхности, реализующихся в определенных физико-географических условиях в ходе возрастного развития лесообразователей.** Это означает, что в

результате непрерывного влияния эндогенных и экзогенных факторов, возрастного развития лесообразователей лес постоянно приобретает новые признаки и свойства, ведущие к возникновению новых его состояний, обуславливая в целом эволюцию лесного покрова. Лесообразовательный процесс включает все формы возникновения, существования, развития и умирания леса, что согласуется с работами Э. Варминга, Г.Ф. Морозова, Б.А. Ивашкевича, В.Н. Сукачева, В.П. Колесникова [1, 5, 2, 9, 4] .

Различное понимание возрастных этапов развития леса [4, 6, 3 и др.] осложняет проведение оценки временного состояния леса. В связи с этим для характеристики качества и длительности развития насаждений, возникающих в процессе восстановительно-возрастной динамики лесов, предлагается использовать следующие понятия: стадия, фаза и период развития лесообразовательного процесса.

Стадия лесообразовательного процесса (развития леса) – качественное возрастное состояние элемента леса, возникающее в закономерной последовательности в процессе его развития и характеризующееся сравнительно одинаковыми темпами роста и спецификой строения чистых древостоев. Стадия является частью фазы развития – более высокого временного ранга.

Фаза лесообразовательного процесса (развития леса) – качественное временное состояние развития лесных сообществ, характеризующихся сравнительно одинаковой структурой сложных насаждений, сохраняющейся на определенном отрезке времени, обусловленном онтоценогенетическими стадиями развития леса. В одной фазе могут функционировать несколько элементов леса. Каждый из них может находиться на различных стадиях развития. Фаза является частью периода развития леса.

Период лесообразовательного процесса (развития леса) – качественное состояние леса, характеризующееся доминированием одного или нескольких элементов леса или других компонентов насаждения, определяющих специфику лесообразовательного процесса на определенном отрезке времени. Специфика лесообразовательного процесса раскрывается в количестве стадий и фаз развития леса, в последовательности и скорости прохождения их во времени.

Этим набором возрастных этапов не исчерпывается их возможное количество и определение. Хронологическая шкала будет возрастать по мере расширения знаний о лесообразовательном процессе и дробиться по мере проникновения в причины и механизмы развития леса.

Лесообразовательный процесс как объект изучения должен иметь признаки, с помощью которых можно охарактеризовать особенности этого природного явления. Понимая под лесообразовательным процессом ход последовательных смен состояний леса в течение развития каких-либо сукцессий, несомненно, необходимо иметь представление о самих сукцессиях, их направленности. Без этого лесообразовательный процесс, осуществляющийся на той или иной территории, не может быть охарактеризован.

Для оценки особенностей развития лесообразовательного процесса предлагается ввести следующие признаки сукцессий (и дать им толкование): **прогрессивность и регрессивность, активность, сукцессионное разнообразие, повторяемость, масштабность, дифференцированность, прогнозируемость, длительность сукцессий и их временных этапов, сложность сукцессий** .

Динамика лесного покрова, вызванная любым фактором экзогенного воздействия, будет всегда являться **прогрессивной**, если она ведет к образованию леса. Те же факторы, ведущие к затуханию лесообразовательного процесса и возникновению на месте лесов других типов растительности или иных категорий земель, следует считать **регрессивными**.

Из сказанного можно сделать заключение, что все формы динамики лесных биогеоценозов и, в частности, лесообразовательного процесса могут носить признаки как прогресса, так и регресса.

Под **активностью** лесообразовательного процесса следует понимать скорость прохождения и возникновения новых состояний леса, измеряемых различными отрезками времени в годах.

Продолжительность лесообразовательного сукцессионного процесса – это отрезок времени от возникновения сукцессии до наступления ожидаемого состояния леса.

Период времени от возникновения до приостановления развития сукцессии и её нового появления на тех же самых местообитаниях предлагается называть **повторяемостью** лесообразовательного процесса, что близко к понятию «оборота рубки».

Под **масштабностью** предлагается понимать площадь, на которой осуществляется лесообразовательный процесс в совокупности всех видов лесных сукцессий.

Для оценки степени разобщенности или степени связанности развития лесных сукцессий предлагается ввести термин **дифференцированность лесообразовательного процесса**.

Под **агрессивностью лесообразовательного процесса** следует понимать скорость образования леса на участках, ранее не находившихся под лесом.

Для оценки числа сукцессий, реализующихся на лесной территории, предлагается ввести понятие **сукцессионного разнообразия** или **сукцессионной насыщенности лесообразовательного процесса**.

Для оценки предсказуемости развития лесных сукцессий предлагается ввести понятие **прогнозируемости лесообразовательного процесса**.

В оценке различных свойств лесообразовательного процесса, состоящей из сукцессий одной

лесной породы или из множества лесообразователей, предлагается использовать понятие **сукцессионной сложности**.

Число признаков сукцессии по мере изучения региональных особенностей развития лесного покрова может возрастать в связи с получением более новых знаний о динамике лесов, что должно стать основой для установления новых признаков или совершенствования предложенных.

Несмотря на длительную историю исследования лесообразовательного процесса, знания о нем фрагментарны. Это связано с тем, что, как правило, изучались только отдельные линии его развития в пределах отдельных типов лесорастительных условий. Так, не исследовалась динамика лесного покрова, состоящего из множества лесных сообществ, приуроченных к различным местообитаниям и относящихся к различным линиям развития леса. В связи с возникающей потребностью в оценке лесообразовательного процесса обширных лесных территорий является целесообразным обсуждение места и роли лесного покрова в развитии биогеоценотического покрова в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варминг Е. Ойкологическая география растений. М.: Типография Баландина, Волхонка, д. Милалково, 1901. 542 с.
2. Ивашкевич Б.А. Типы лесов Приморья и их экологическое значение / Производственные силы Дальнего Востока. Т. 3. Хабаровск, Владивосток: Дело, 1927. С. 52.
3. Кирсанов В.А. Формирование и развитие кедровника зеленомошно-ягодникового на Северном Урале // Восстановительная и возрастная динамика лесов на Урале и в Зауралье. Свердловск, 1976. С. 104-123.
4. Колесников Б.П. Кедровые леса Дальнего Востока. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1956. 264 с.
5. Морозов Г.Ф. Учение о лесе. М.-Л.: Гос. изд-во с.-х. и колхозно-кооп. лит-ры, 1931. 438 с.
6. Смолоногов Е.П. Возрастная динамика и хозяйственно-выборочные рубки в широколиственно-темнохвойных лесах водоохранный-защитной полосы реки Уфы в пределах Свердловской области // Динамика и строение лесов на Урале. Свердловск, 1970. С. 117-134.
7. Седых В.Н. Лесообразовательный процесс. Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, препринт. Красноярск, 2006. С. 32.
8. Седых В.Н. Формирование кедровых лесов Приобья. Новосибирск: Наука, 1979. 110 с.
9. Сукачев В.Н. Избранные труды. Основы лесной типологии и биогеоценологии. Т. 1. Л.: Наука, 1972. 418 с.

УДК 630*5; 630*6

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЛЕСООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА И ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

А. ШВИДЕНКО^{1,2}, Э. ГУСТАФСОН (E. GUSTAFSON)³

¹ International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria

² Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

³ Institute for Applied Ecosystem Studies, USDA Forest Service, Northern Research Station, USA

АННОТАЦИЯ

Дан краткий анализ математических моделей, применяемых для описания динамики лесных экосистем в разных пространственных и временных масштабах. Особый интерес для познания лесообразовательного процесса представляют ландшафтные модели нарушений и сукцессий (LDSMs), имеющие достаточные эмпирические предпосылки и полноту описания процессов в изменяющихся условиях внешней среды. На примере модели LANDIS-II показаны возможности применения LDSMs в научных целях и в качестве средства адаптивного управления лесами Сибири.

Базовый подход классического лесного хозяйства к познанию процессов формирования, оценки состояния, продуктивности и динамики лесов – судить о будущем на основе знания прошлого – становится все менее состоятельным в интенсивно меняющемся мире. В полной мере это относится к исследованиям сукцессионной динамики лесов, включая традиционные модели динамики и роста леса. Еще полвека назад две причины – потребность познания и меняющиеся условия внешней среды – вызвали естественное стремление перехода к «процессным» моделям, предназначенным объяснять, как деревья и лес растут [4]. Постепенно появились многочисленные модели динамики лесной растительности, различие по подходам и масштабам: модели, описывающие рост отдельных деревьев на основе процессов, протекающих в кроне; различные разновидности ландшафтных моделей; функциональные (role-based) модели; биогеографические модели; глобальные модели продуктивности и другие (напр., [12]). Рост внимания к глобальным климатическим изменениям интенсифицировал разработку глобальных динамических моделей растительности (DGVMs), которые интегрировали проблематику различных типов ранее существовавших моделей: биогеохимических (отклик функций

экосистем на изменения климата и атмосферной концентрации CO₂), биогеографических (изменение границ биомов и перераспределение размещения растительности) и моделей, описывающих процессы обмена веществом и энергией в системе Земля – атмосфера. Сегодня существует несколько десятков DGVMs различных типов, например, (1) модели, базирующиеся на данных дистанционных наблюдений – CASA, GLO-PEM, SDBM, TURC, SIB2 с использованием концепции эффективности использования света, (2) базирующиеся на имитационном моделировании сезонных биогеохимических потоков с использованием климата, почвы и распределения растительности – HRBM, CENTURY, TEM, CARAIB, FBM, PLAI, SILVAN, BIOME-BGC, KGBM и (3) имитирующие функции экосистем (биогеохимические потоки) и структурные особенности растительности (тип растительности и его структура), такие как BIOME3, DOLY, HYBRID. Модели эти постоянно совершенствуются, включая новые механизмы и важные региональные модули, например, лесные пожары или специфику гидрологического цикла на вечной мерзлоте.

Однако очень скоро выяснилось, что процессные модели разного уровня, назначения и масштаба (в т.ч. DGVMs) имеют ограниченные перспективы непосредственного практического применения, оставаясь, главным образом, средством количественного объяснения процессов использования лесными экосистемами жизненных ресурсов внешней среды, а также прогноза. Попытки минимизировать – до возможной степени – наиболее существенные недостатки «традиционного» и «процессного» подходов привели к появлению гибридных моделей, из которых первыми были семейства моделей JABOWA и FORCYTE. Они не нашли широкого применения в практике лесного хозяйства из-за значительной «процессной» составляющей и отсутствия пространственно распределенной информации для параметризации моделей, хотя и сыграли свою положительную роль в понимании механизмов формирования и роста лесов. Другое направление исходило из целесообразности использования в качестве основы накопленного эмпирического материала роста и развития леса, в частности, опытных таблиц хода роста. Последние моделировались в форме, позволяющей вносить изменения для оценки отклика (роста, прироста, первичной продукции) в связи с меняющимися параметрами внешней среды (климат, удобряющий эффект CO₂, осаждения азота) [1].

Интересная попытка формального описания сукцессионной динамики лесов азиатской части России была осуществлена группой российских ученых [2, 3]. В качестве базовых пространственных единиц классификации и численного описания сукцессий были использованы экорегионы (крупные ландшафтные образования с однородностью климата на уровне лесорастительных подзон) и субэкорегионы, понимаемые как обобщенный тип ландшафта. Типология сукцессий строилась по лесным ассоциациям (преобладающим породам коренных типов леса) с делением на три типа гидрологического режима (автоморфные, полугидроморфные и гидроморфные местообитания). Временная компонента включала две базовые единицы – фазу (как морфологически обособленный временной период лесообразовательного процесса) и стадию (отражающую возрастную динамику в пределах фазы) с учетом «направления» развития древостоев. Направления классифицировались по четырем типам (демутационный, дигрессионный, климаксовый и устойчивого развития). Типы сукцессионной динамики в основном определялись режимами природных и антропогенных нарушений и на верхнем уровне классификации включали (1) климатоморфогенные (сингенетические смены формирований), (2) биогенные, (3) ценогенные (возрастные смены), (4) пирогенные, (5) антропогенные и (6) (условно) климаксовые. В рамках обозначенного пространства классификации указывались: тип гидрологического режима; доля в экорегионе (субэкорегионе); вероятное количество видов; тип сукцессии и направление развития; фаза; стадия; для каждой стадии – длительность; тип вертикальной структуры; тип возрастной структуры; средний состав по ярусам; средний класс бонитета; запас (фактический и оптимальный); показатели видового разнообразия. Указанная работа в концентрированном виде представила современные знания о сукцессионной динамике лесов на континентальном масштабе и предполагаемую динамику в пределах сукцессионного цикла. Этот подход практически использовал идею «траекторных» ландшафтных моделей, однако был лишен ограничений формализованного моделирования. Вместе с тем эта работа имела принципиальный недостаток: ее результаты представляли формализованное экспертное мнение группы ученых, надежность которого оценить невозможно.

Методологические сложности прогнозирования динамики лесов в условиях глобальных изменений очевидны и значительны. На территории России темпы потепления не уменьшаются, и рост средней годовой температуры может достигнуть в бореальной зоне 5-10°C к концу нынешнего столетия при прогнозируемом увеличении глобальной температуры на 1,4-5,8°C (IPCC 2007). Исторический опыт научного лесоводства не содержит эмпирических данных для оценки влияния подобных изменений на лесные экосистемы. Максимальные изменения лесной растительности ожидаются на южной и северной границах лесной зоны. Однако многие принципиальные вопросы остаются недостаточно понятыми, в частности: (1) в чем главнейшие особенности функционирования лесных экосистем в динамических условиях множественных ограничений на жизненные ресурсы? (2) насколько устойчивым является

прямое стимулирование интенсивности фотосинтеза и ЧПП изменениями внешней среды? (3) где граница удобряющего воздействия возрастающей концентрации CO_2 и как долго оно будет сказываться? (4) насколько осаждения азота могут смягчать недостаток доступного азота в северных лесах? (5) как все эти изменения взаимодействуют с гидрологическим циклом, в частности, с водным стрессом? (6) как разрушение вечной мерзлоты повлияет на состояние и функционирование лесных экосистем высоких широт? Многофакторность воздействий и сложность отклика экосистем иллюстрируются следующим примером. Возрастающие температуры могут оказаться выше физиологического оптимума для ряда северных пород, однако оптимум фотосинтеза для ряда СЗ растений существенно повышается наряду с ингибированием дыхания с повышением концентрации CO_2 (порядка 5°C при удвоении концентрации [9]), поэтому к неопределенностям климатических предсказаний добавляется неопределенность возрастания концентрации углекислоты и реакции растений на многофакторное изменение внешней среды. В ряде модельных опытов для пограничной зоны между бореальными и умеренными лесами включение этого фактора вело к изменению растительных формаций – от темнохвойных к сосновым лесам [13].

Необходимость перехода к адаптивному лесоуправлению, особенно в долгосрочном, стратегическом отношении, очевидна. Также очевидно, что сложность многочисленных взаимосвязанных экологических процессов, протекающих в широком временном и пространственном диапазоне, превосходит возможности «интуитивного» принятия оптимальных решений в процессе лесоуправления. Это вызвало к жизни многочисленные ландшафтно-сукцессионные пространственно-ориентированные модели (обычно называемые моделями нарушений и сукцессий – LDSMs) как основное средство долгосрочного прогноза и адаптивного планирования лесохозяйственных мероприятий в условиях глобальных изменений. Основные типы LDSMs – траекторные детерминистские (pathway deterministic, напр., VFFT/TESLA, LANDSUM) и стохастические (pathway stochastic – SIMPPLE, RMLANDS), процессные (LANDIS, LANDSIM) и комбинированные (SELES) [7, 10], которые, в сущности, являются компьютерными программами для предсказания изменений ландшафтов во времени. Это обширная группа моделей – например, классификация LDSMs, приведенная в [11], насчитывает 8 групп, отличающихся механизмом пространственного взаимодействия, экосистемными процессами и динамикой популяций. Свыше 40 различных ландшафтных моделей рассматривают растительные пожары – их возникновение, распространение, эффект и влияние на сукцессионную динамику [8]. Предпосылки, механизм и специфика моделей рассматриваются во многих публикациях [7, 8, 11]. Современные ландшафтные модели (1) включают многообразие управленческих целей и действий; (2) описывают основные экологические процессы и их взаимодействие; (3) моделируют пространственные взаимодействия в явном виде; (4) дают возможность системного прогноза базовых экологических характеристик экосистем [7]. Большинство существующих моделей были созданы как исследовательское средство, но некоторые имеют дружественные интерфейсы и могут быть легко применимы в практическом лесоуправлении.

Мы использовали модель LANDIS-II в комбинации с физиологической моделью PnET-II для прогноза сукцессионной динамики таежных лесов Иркутской области (часть Северного лесхоза площадью ~270 тыс. га). LANDIS-II является пространственно распределенной ландшафтной динамической моделью, учитывающей нарушения, сукцессии и управление [5, 6, 10]. Она моделирует будущие леса (использовался пространственный грид 100×100 м), отслеживая динамику породного состава лесов с включением природных и антропогенных нарушений. Лесной ландшафт разделяется на однородные типы лесорастительных условий (экорегiónы), внутри которых вероятности возобновления пород и режимы нарушений одинаковы. Модель включает различные расширения сукцессионного плана, такие как пожары, ветровалы, вспышки размножения насекомых и болезней, лесозаготовки, прогноз динамики биомассы [5, 6]. Прогноз был дан в различных вариантах воздействия на леса (естественное развитие, лесозаготовки), режимов нарушений (пожары, насекомые, ветровалы), климатических изменений (современный климат и прогноз по климатической модели HADCM3, A2 сценарий IPCC – потепление $+5,1^\circ\text{C}$, осадки $+20\%$ к концу XXI века). Реакция ландшафта оценивалась по ряду показателей, в т.ч. по изменению породного состава лесов; величине фитомассы; возрастной структуре лесов; фрагментации лесного покрова. Основные выводы моделирования сводятся к следующему. (1) Прямой эффект воздействия климатических изменений на леса исследуемого региона не является столь значительным, как влияние лесозаготовок в ранее не эксплуатируемых лесах и потенциальных вспышек сибирского шелкопряда. (2) Хотя величина сгоревших площадей несколько возрастает, изменения климата оказывают достаточно скромное влияние на изменение пожарного режима. (3) Высока вероятность того, что глобальные изменения приведут к существенному изменению породного состава лесного покрова Центральной Сибири. (4) Наблюдается некоторое увеличение биомассы, что объясняется изменением породного состава лесов. (5) Акселерация режимов нарушений существенно уменьшает потенциальную возможность долгосрочного секвестра углерода лесами. (6) Существенно возрастает фрагментация лесного покрова.

Результаты моделирования позволяют высказать ряд соображений по стратегии адаптивного управления лесами Сибири.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесообразующих пород Северной Евразии* / А.З. Швиденко, Д.Г. Щепашенко, С. Нильссон и др. Москва: Федеральное агентство лесного хозяйства и Межд. ин-т прикладного системного анализа. 2008. 886 с.
2. *Швиденко А.З., Ефремов Д.Ф., Рожков В.А. и др.* Продуктивность лесов России. 3. Пространственный масштаб оценки продуктивности // Лесхоз. информация, 2001, 1-2. С. 7-23.
3. *Фарбер С.Л.* Формирование древостоев Восточной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. 436 с.
4. *Assmann E.* The principles of forest yield studies, SH Gardiner, translator. Pergamon Press, Oxford, 1970. 217 pp.
5. *Gustafson E.J., Shifley S.R., Mladenoff D.J. et al.* (2000) Spatial simulation of forest succession and timber harvesting using LANDIS. Canadian Journal of Forest Research, 2000, 30: 32-43.
6. *Gustafson E.J., Zollner P.A., Sturtevant B.R. et al.* Influence of forest management alternatives and land-type on susceptibility to fire in northern Wisconsin, USA // Landscape Ecology, 2004, 19: 327-341.
7. *Gustafson E.J., Sturtevant B.R., Shvidenko A.Z. et al.* Using landscape disturbance and succession models to support forest management // Chapter 6 in «Landscape Ecology» (IUFRO Book Series, in press).
8. *Keane R.E., Cary G.J., Davies I.D. et al.* A classification of landscape fire succession models: spatial simulations of fire and vegetation dynamics // Ecological Modelling, 2004, 179: 3-27.
9. *Long S.P.* Modification of the response of photosynthetic productivity to rising temperature by atmospheric CO₂ concentration has its importance been underestimated // Plant, Cell and Environment, 1991, 14: 729-739.
10. *Scheller R.M., Mladenoff D.J.* A forest growth and biomass module for a landscape simulation mode, LANDIS: design, validation, and application // Ecological Modelling, 2004, 180: 211-229.
11. *Scheller R.M., Mladenoff D.J.* An ecological classification of forest landscape simulation models: tools and strategies for understanding broad-scale forested ecosystems // Landscape Ecology, 2007, 22: 491-505.
12. *Shugart H.H., Emanuel W.R., Shao G.* (1996). Models of forest structure for conditions of climate change. Commonwealth Forestry Review, 1996, 75: 51-64.
13. *Xu C.M., Certner G.Z., Scheller R.M.* (2007). Potential effect of interaction between CO₂ and temperature on forest landscape response to global warming // Global Change Biology, 2007, 13: 1469-1483.

ФАКТОРЫ ЛЕСООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСОВ

УДК 630. 431

ПИРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТИПОВ ЛЕСА В ЕМЕЛЬЯНОВСКОМ ЛЕСНИЧЕСТВЕ

Е.К. АБРОСКИНА

Сибирский государственный технологический университет, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются методические подходы к пирологической характеристике участков растительности. Приводятся результаты пирологической характеристики типов леса в Емельяновском лесничестве и фрагменты крупномасштабных карт растительных горючих материалов, необходимых для прогноза поведения пожаров.

Успешное контролирование природных пожаров в условиях недостатка сил и средств возможно только при прогнозировании их поведения. Для прогнозирования необходимо иметь сведения о распределении комплексов растительных горючих материалов по территории, включая состояние возможности горения различных видов растительных горючих материалов. Иными словами, для прогноза поведения природных пожаров необходимо иметь прежде всего карты растительных горючих материалов.

Картографирование растительных горючих материалов (РГМ) является достаточно новым направлением в пирологической науке. Научные основы такого картографирования включают, прежде всего, классификацию растительных горючих материалов — как комплексов (слоев) различного порядка и сложности, так и отдельных элементарных частей (частиц), составляющих эти комплексы. Растительные горючие материалы в природных условиях представляют собой единое целое со средой, т.е. с условиями их увлажнения и высыхания, что, безусловно, должно находить отражение в самой классификации РГМ [1].

Острая необходимость в прогнозе поведения пожаров появляется, во-первых, при составлении оптимального плана контролирования крупного пожара; во-вторых, когда возникает значительное число пожаров и надо выбирать наиболее опасные пожары с целью ликвидации их в первую очередь; в-третьих, при угрозе возникновения чрезвычайных ситуаций от лесных и степных пожаров.

В отношении составления пирологической характеристики участков растительности существует два методических подхода: 1) метод типовой характеристики, наиболее распространенный, 2) метод индивидуальной характеристики, который развивается в настоящее время в Институте леса СО РАН.

При типовом методе участки растительности объединяются в пирологически однотипные категории. Все участки, отнесенные к одной категории, получают типовую, т.е. одинаковую, пирологическую характеристику. Однако разнообразие растительности очень велико, а число категорий (и соответственно типовых характеристик) обычно ограничено. Поэтому внутренняя пирологическая однородность выделенных категорий растительности не может быть высокой, а типовая характеристика в отношении отдельных участков — точной.

К типовому методу следует отнести составление пирологических характеристик для типов леса (или групп типов леса), которое получило достаточно широкое развитие в России.

Пирологическая характеристика при индивидуальном методе отражает следующую важную информацию: тип основного проводника горения (тип ОПГ), его запас (мощность), наличие хвойного подроста (подлеска), его густоту и высоту, запасы валежника и сухостоя, хвои в пологе древостоя, о котором можно судить по его составу, высоте и полноте, мощность подстилки, перегной или торфа, крутизну склона, условия проникновения ветра и лучистой энергии в фитоценозе в разные фенотериоды, о которых можно судить по сомкнутости ярусов и полноте древостоя [1].

При лесоустройстве Емельяновского лесничества использовалась «Схема типов леса Чулымско-Кетского района темнохвойных лесов южной тайги». На территории лесничества преобладают пихтарники, березняки, осинники и сосняки осочково-разнотравной группы типов леса, которые занимают 68,3 % площади. 14,5 % площади занимают пихтарники, ельники и сосняки зеленомошной группы типов леса. Распространены также березняки, пихтарники и осинники крупнотравно-папоротниковой группы. Незначительную площадь (4,9 %) занимают кедровники, ельники и березняки травяно-болотные. Совсем редко (0,7 %) встречаются кедровники, сосняки, ельники и лиственничники сфагновой группы типов леса.

При анализе «Схемы типов леса» использовался «Определитель типов основных проводников

горения», разработанный в Институте леса СО РАН. В результате была составлена характеристика типов леса по типам основных проводников горения, необходимая для составления крупномасштабных карт растительных горючих материалов (табл. 1). Кроме того, на территорию экспериментального хозяйства Ин-т леса СО РАН «Погорельский бор», расположенного на землях Емельяновского лесничества, на основе материалов лесоустройства создана информационная база для оперативного составления карт растительных горючих материалов (карт РГМ). Для определения типа основного проводника горения и критического класса засухи на территории Погорельского бора был выполнен тщательный анализ каждого из 534 таксационных выделов (кварталы 138-148, 156-164, 176-182, 195).

В качестве пирологического описания служит таксационное описание выделов, дополненное указанием типов основных проводников горения по периодам сезона и критического класса засухи. Составлены примеры карт РГМ по периодам сезона и карт текущей природной пожарной опасности.

Таблица 1 (фрагмент). Характеристика типов леса по типам основного проводника горения (Емельяновское лесничество)

Типы леса	Шифры типов леса	Типы ОПГ	
		весна, осень	лето
Сосновые леса			
Сосняк лишайниковый	Слш	Лш	Лш
Сосняк багульниково-брусничный	Сбгбр	Вл	Вл
Сосняк черничный	Счер	Сх	Сх
Сосняк брусничный	Сбр	Сх	Сх
Сосняк разнотравный	Срт	Тв	Бп-1
Сосняк разнотравно-кизильниковый	Сртк	Тв	Бп-1
Сосняк крупнотравный	Скт	Рх	Бп-1
Сосняк орляковый	Сор	Рх	Бп-1
Сосняк сфагновый	Ссф	Бм-1	Бм-1
Сосняк осоково-сфагновый	Соссф	Бм-1	Бм-1
Листоветочные леса			
Листоветочник лишайниковый	Ллш	Лш	Лш
Листоветочник брусничный	Лбр	Вл	Вл
Листоветочник разнотравный	Лрт	Рх	Пл
Листоветочник крупнотравный	Лкт	Рх	Пл
Листоветочник вейниковый	Лвнк	Тв	Бп-1
Листоветочник лабазниково-хвощевый	Ллхв	Пл	Бп-1
Листоветочник хвощево-сфагновый	Ллхсф	Бм-1	Бм-1
Кедровые леса			
Кедровник черничный	Кчер	Вл	Вл
Кедровник разнотравный	Крт	Рх	Пл
Кедровник папоротниковый	Кп	Рх	Бп-1
Кедровник крупнотравный	Ккт	Рх	Бп-1
Кедровник вейниково-крупнотравный	Квкт	Тв	Бп-1
Кедровник лабазниково-хвощевый	Клхв	Рх	Бп-1
Кедровник багульниково-сфагновый	Кбгсф	Бм-1	Бм-1
Еловые леса			
Ельник разнотравно-зеленомошный	Ертзм	Вл	Вл
Ельник кисличный	Екис	Вл	Вл
Ельник зеленомошный	Езм	Вл	Вл
Ельник папоротниково-зеленомошный	Епзм	Вл	Вл
Ельник черемшовой-зеленомошный	Ечзм	Вл	Вл
Ельник лабазниковый	Елаб	Пл	Пл
Ельник касандро-сфагновый	Екссф	Бм-1	Бм-1

ЛИТЕРАТУРА

1. Волокитина А.В., Софронов М.А. Классификация и картографирование растительных горючих материалов. Новосибирск: СО РАН, 2002. 314 с.

ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ КАК ФАКТОР ПРОДУКТИВНОСТИ БОЛОТНЫХ СОСНЯКОВ

А.Ф. АВРОВА, Т.Т. ЕФРЕМОВА, Н.В. МЕЛЕНТЬЕВА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Обсуждаются результаты исследования гидрологического режима торфяных почв переходного типа в зависимости от интенсивности их осушения и климатических особенностей года. Показано влияние глубины осушения на продуктивность сосновых древостоев. Выявлена тесная зависимость ($R^2 = 0,96$) среднегодового прироста древесины сосновых насаждений от уровней почвенно-грунтовых вод по типу логарифмической функции.

Гидролесомелиорация – эффективный способ повышения продуктивности болотных и заболоченных земель. В результате регулирования водного режима происходит активное преобразование почвенной среды, меняется направленность лесообразовательного процесса. Изменение сложившихся в естественных условиях биогеохимических циклов биогенных элементов в торфяных почвах имеет как положительные, так и негативные последствия.

Объектами исследования послужили мезотрофные болота естественного развития, осушенные с различной интенсивностью, которые расположены в междуречье Оби и Томи в южнотаёжной подзоне Западной Сибири. Болотные массивы заняты сосновыми древостоями, которые в зависимости от степени дренированности торфяных почв образуют экологический ряд: неосушенные осоково-сфагново-кустарничковые, слабо осушенные осоково-сфагновые, интенсивно осушенные вейниково-крапивные, переосушенные мятликово-крапивные. Средний возраст неосушенных сосняков составляет 64 года, возникших после осушения – 26 лет. Другие таксационные показатели приведены в табл. 1.

Таблица 1. Таксационные показатели болотных сосняков

Степень осушения местообитаний	Число стволов, шт./га	Полнота	Средние		Запасы при полноте 0,7, м ³ /га	Класс бонитета
			высота, м	диаметр, см		
Неосушенные	2008	1,17	8,2	13,2	110	V-Va
Слабо осушенные	2270	0,91	9,4	11,5	114	III-II
Интенсивно осушенные	1818	0,96	10,3	13,6	155	II-I
Переосушенные	1174	0,79	12,1	15,7	150	I-Ia

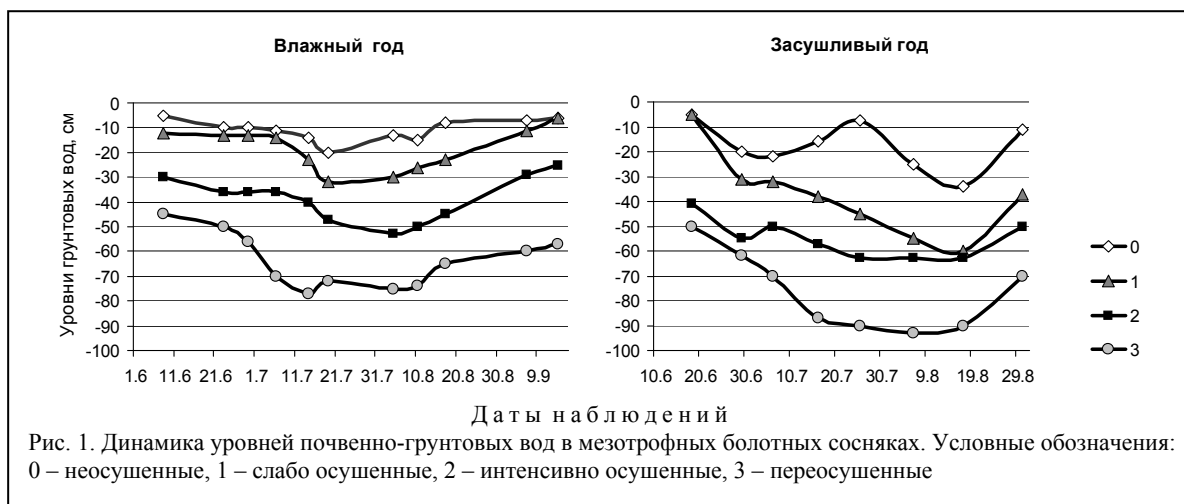
Почвы переходного типа в ряду от неосушенных к переосушенным характеризуются значительным варьированием физико-химических показателей: плотность сложения составляет 0,072-0,162 г/см³, влагоемкость – 624-1338 % от веса абсолютно сухой почвы. Запасы основных элементов минерального питания изменяются в пределах: азот – 2,35-5,17, P₂O₅ – 0,28-0,99, CaO – 0,82-1,21, MgO – 0,26-0,34 т/га.

Особенности гидрологического режима торфяных почв (объёмная влажность и динамика уровней почвенно-грунтовых вод – УГВ) изучались в период с июня по сентябрь 1996-1997 гг., которые оказались контрастными по климатическим условиям. По данным метеостанции г. Томска, сумма выпавших атмосферных осадков за тёплый период 1996 года на 45 % больше среднемноголетней (294 мм), в 1997 году – на 14 % меньше нормы. Следовательно, 1996 год характеризуется как относительно влажный, 1997 год – как засушливый. По сумме температур воздуха за время исследования оба года близки к среднемноголетним показателям. При изучении водного режима торфяных почв ограничили слой 0-30 см, так как спецификой условий обитания древесной и травяно-кустарничковой растительности на болотах является размещение 90 % их физиологически активных корней в пределах 20 см [3].

Различие по атмосферному увлажнению 1996 и 1997 гг. отразилось на уровнях стояния почвенно-грунтовых вод. Неосушенные торфяные почвы характеризуются средневегетационным уровнем болотных вод в 11 см во влажный год и 18 см – в засушливый. В слабо осушенных торфяных почвах глубина стояния грунтовых вод составила 19 и 34 см соответственно, интенсивно осушенных – 39 и 48, переосушенных – 64 и 74 см. Динамика уровней почвенно-грунтовых вод приведена на рис. 1. Общими чертами сезонной изменчивости УГВ являются высокое их стояние в начале лета, депрессия в июле-августе и осенний подъем.

Большое значение для роста сосны на болотах имеет продолжительность периода вегетации с оптимальной влажностью почвы 40-80 % [1, 5]. С этих позиций обсудим особенности водного режима торфяных почв естественного развития, преобразованных гидромелиорацией в связи с гидрологическими особенностями года. Так, в 1996 году в неосушенных местообитаниях влажность торфяной почвы

составляла 53,6-97,6 %. Влагосодержание в течение всего теплого периода соответствовало диапазону оптимума только в слое 0-5 см. В горизонте 5-10 см этот интервал сократился почти в 2 раза и отмечался с июля по август. В целом для слоя 0-10 см относительное количество дней с благоприятной для роста сосны влажностью составило 44 % теплого периода, то есть большая часть времени корнеобитаемый слой оставался избыточно увлажненным (>80 %), равно как и более глубокие слои 10-30 см. В условиях засушливого 1997 года режим влагосодержания изменился незначительно – 30,8-93,0 %. Оптимальная влажность почвы в слое 0-10 см сохранилась практически на уровне 1996 года и составила 49 %, а в слое 0-5 см кратковременно в начале июля и середине августа отмечался дефицит влаги (30-40 %).



В режиме слабого осушения почвенная влажность в зависимости от гидрологических особенностей года изменялась в пределах 37,2-96,2 и 21,9-93,0 %. Высокий размах варьирования характерен для верхних 5 см – 22-79 %. В 1996 году влажность слоя находилась в интервале оптимума большую часть вегетационного периода (83 % дней). Дефицит влаги приходился на конец июля – первую половину августа. В слое почвы 5-10 см относительная продолжительность периода благоприятной влажности составила 50 % дней. Ниже почва большую часть времени (60-75 % дней) была переувлажнена. В относительно засушливый 1997 год неблагоприятная для роста сосны влажность (< 40 %) в слое почвы 0-5 см составляла треть от периода вегетации. Влагосодержание толщи 5-20 см соответствовало оптимуму в течение большего периода наблюдений, в нижележащем горизонте – со второй половины июля. Снижение влажности слоя 0-5 см до 8,6-22,0 % в гидрологически сухие годы на слабо осушенной площади мезотрофного болота отмечалось нами и ранее [4].

На интенсивно осушенной торфяной почве содержание влаги в зависимости от гидрологических особенностей года изменялось в пределах 94,8-37,2 % и 56,5-17,7 %. Во влажный 1996 год коренасыщенная зона (0-10 см) почв большую часть периода вегетации (92 % дней) была оптимально увлажнена, а в конце июля отмечался короткий период дефицита влаги. Толща 10-30 см также характеризовалась в основном нормальной влажностью (40-80 %). Избыточная наблюдалась в слое 10-20 см в течение июня, в слое 20-30 см продолжалась до середины июля. В 1997 году влажность верхнего 10-сантиметрового слоя характеризовалась как дефицитная на протяжении почти всего времени наблюдений. На глубине 10-20 см и 20-30 см продолжительность неблагоприятного периода увлажнения составила 60 % и 40 % дней соответственно. В относительно сухие 1980-1983 годы опускание грунтовых вод на глубину более 50 см сопровождалось иссушением верхнего 10-сантиметрового слоя почвы до 9,2-11,1 % [4]. Таким образом, неблагоприятный для роста сосны режим влажности почвы отмечается только в засушливые годы.

Переосушенные торфяные почвы характеризуются диапазоном варьирования влажности 18,6-71,7 и 15,0-49,4 % в соответствии с годом исследования. В гидрологически влажный год во всей корнеобитаемой толще (0-30 см) отмечался дефицит влагосодержания в июле – августе, что в зависимости от глубины горизонта составило 25-50 % времени вегетации. В относительно засушливый год зафиксировано его сильное обезвоживание: неблагоприятная влажность сохранялась в течение 76-86 % дней вегетации даже на глубине 10-30 см, а оптимальное увлажнение наблюдалось только в июне. В августе обезвоживание слоя почвы 0-20 см достигло нижнего предела доступной для сосны влаги (менее 20 %). Еще большее иссушение почв данного типа выявлено в 1974, 1980 – 1983 годах [4, 6].

К числу положительных эффектов гидромелиорации относятся улучшение водно-воздушного режима корнеобитаемой зоны торфяных почв, активизация протекающих в них биологических процессов и, как следствие, повышение продуктивности древостоев. Регрессионная зависимость среднегодового прироста запасов древесины от уровней почвенно-грунтовых вод представлена на

рис.2.

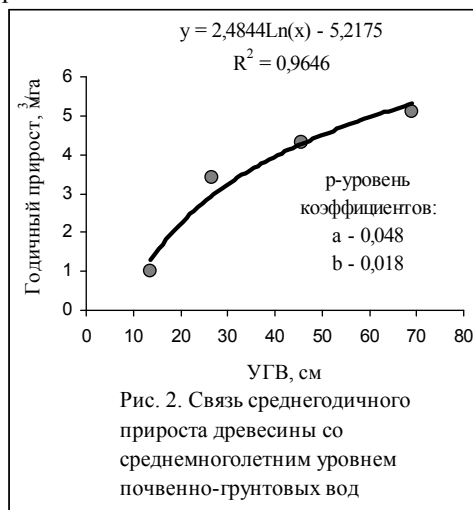


Рис. 2. Связь среднегодового прироста древесины со среднегодовым уровнем почвенно-грунтовых вод

Для оценки взаимосвязи использована регрессионная модель, описываемая логарифмической функцией. Согласно модели, среднегодовой прирост древесины тесно положительно связан со среднелетним уровнем почвенно-грунтовых вод. Увеличение темпов прироста древесины с интенсивностью дренажа происходит неравномерно. Значительная прибавка запаса выявлена уже в результате слабого осушения: освобождение верхнего коренасыщенного слоя почвы 0-20 см от избытка воды сопровождается увеличением текущего прироста в 3 раза. В результате глубокого дренажа сосновые насаждения испытывают дефицит влаги в течение большего периода вегетации, поэтому даже на фоне высоких запасов биогенных элементов (особенно азота) в почве снижаются темпы прироста древесины. Таким образом, в условиях южной тайги Западной Сибири оптимальный для роста болотных сосняков режим влажности торфяных почв переходного типа (40-80 %) создается при

средневегетационном уровне стояния почвенно-грунтовых вод в пределах 40-50 см.

Гидромелиорация, особенно глубокая, сопровождается рядом негативных последствий. Выход уровней почвенно-грунтовых вод за пределы корнеобитаемого слоя обуславливает неблагоприятную для роста сосны на болотах объёмную влажность почвы (менее 40 %). Осушенные торфяные почвы становятся полугидроморфными, менее устойчивыми к биохимической деструкции органического вещества в условиях окислительной среды, что связано с высокой пористостью торфяного субстрата (96 %) и относительно высокой биогенностью торфяных почв. В ходе естественного развития болот процессы минерализации азотсодержащих органических веществ протекают до стадии образования аммиака. Вследствие ксерофитизации почвенного субстрата распад белковых компонентов торфа углубляется до окисленных соединений – нитритов и нитратов. Сильное иссушение торфяной почвы (<20-30 % объёмной влажности) приводит к увеличению эмиссии углекислого газа, аммиака и двуокиси азота в атмосферу; усиливается вынос с дренажным стоком нитратов, а также калия и кальция, обуславливая дефицит этих элементов в почве. Происходят ускоренная сработка торфяной залежи и загрязнение окружающей среды продуктами распада органического вещества. На осушенных болотах наблюдаются пороки развития хвойных молодняков, которые проявляются во вторичном росте ствола и ветвей, разделении верхушечного побега на два и более, что приводит к ухудшению качества древесины [2].

Работа выполнена при финансовой поддержке Интеграционного проекта СО РАН – УрО РАН №49.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вомперский С.Э.* Научное обоснование оптимального лесосушения // Лесное хоз-во, 1972, 6. С. 28-33.
2. *Ефремов С.П.* Пионерные древостои осушенных болот. Новосибирск: Наука, 1987. 249 с.
3. *Ефремов С.П., Ефремова Т.Т.* Влияние осушения на загрузенность торфяной почвы корнями древесных и травянистых растений // Комплексная оценка болот и заболоченных лесов в связи с их мелиорацией. Новосибирск, 1973. С. 113-127.
4. *Ефремова Т.Т.* Гумусное состояние почв болотных сосняков Западной Сибири // Почвы сосновых лесов Сибири. Красноярск, 1986. С. 33-46.
5. *Залитис П.П.* Основы рационального лесосушения в Латвийской ССР. Рига, 1983. 230 с.
6. *Мелентьева Н.В.* Почвы осушенных лесных болот. Новосибирск: Наука, 1980. 128 с.

УДК 630*231

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЕСТЕСТВЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ КЕДРА КОРЕЙСКОГО

А.Ю. АЛЕКСЕЕНКО

Дальневосточный НИИ лесного хозяйства, Хабаровск

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются факторы, влияющие на естественное возобновление кедра корейского. На появление и накопление подроста кедра под пологом леса значимое влияние оказывают относительная полнота и состав древостоя,

определенный по количеству стволов. На рост и развитие подроста под пологом леса существенное влияние оказывает только состав древостоя. Приводится классификация дальневосточных древесных пород по влиянию на подрост кедр.

Восстановление кедрово-широколиственных лесов является приоритетной задачей лесного хозяйства Дальнего Востока. Однако по проблеме естественного возобновления кедра под пологом насаждений, на вырубках и гарях нет единого мнения. При изучении данного явления обычно смешиваются два процесса: с одной стороны, появление самосева и подроста, с другой стороны – рост и развитие подроста.

Значение зверей и птиц в распространении кедра корейского отмечали в своих работах многие лесоводы [9, 13, 7, 8, 10, 12]. Однако в полной мере раскрыть механизм этого явления удалось зоологам при проведении специальных исследований по изучению биоценотических связей животных и кедра корейского [1, 6]. В настоящее время необходимо признать установленным фактом, что возобновление кедра корейского происходит не самосевом, а только биологическим путем при участии птиц – кедровок (*Nucifraga caryocatactes* L.) и поползней (*Sitta Europaea Amurensis* Swinh.). Они эволюционно связаны с родом *Pinus* и обеспечивают почти ежегодное появление одиночных и групповых всходов кедра как в местах наличия плодоносящих деревьев, так и на значительных от них расстояниях. Все прочие потребители кедровых орехов – птицы, мелкие и крупные млекопитающие – не делают запасов и сразу используют орехи для питания. Количество запасаемых кедровой орехов в почве варьирует от 0,6 до 52,3 тыс. шт. на гектар (или от 0,33 до 29,3 кг). Количество «кладовых», устраиваемых одним поползнем, намного меньше, чем у кедровки, но этот вид значительно многочисленнее. Подсчитано, что 10 поползней в течение осеннего сезона способны спрятать в одиночные «кладовые» примерно 5 тыс. орехов (2,5 кг) на гектар [1]. Роль поползней в возобновлении кедра более значительна, чем предполагали исследователи прошлых лет. Во вторичные леса и насаждения, расстроенные условно-сплошными рубками, где участие кедра единично, кедровки почти не залетают: их возобновление обеспечивается поползнями [6].

Охотнее всего кедровки и поползни прячут орехи на солнечных склонах, на невысоких перевалах, возле основания деревьев и у пней в рыхлой почве на глубине 4-5 см или в лесной подстилке. Степень рыхлости почвы имеет большое значение при выборе мест под «кладовые». По наблюдениям Г.Ф. Бромлея и В.А. Костенко [1], в течение двух лет кедровки активно прятали орехи на грядках заброшенной женьшеневой плантации, пока они не заросли сорняками. Это подтверждается нашими наблюдениями на вырубках. Кедровки устраивали свои «кладовые» на отвалах почвы, образовавшихся по границам верхних складов на лесосеках одно- и двухлетней давности.

Птицы неохотно устраивают «кладовые» на теневых склонах, среди валежин в долинах рек, в лесах со слабо сомкнутыми кронами и густым подлеском. Крайне редки «кладовые» на участках с сильно задерненной почвой и развитым травяным покровом. Кедровки совершенно не прячут орехи в местах, лишенных деревьев, с сильно развитым травянистым покровом – на полянах среди леса, на сплошных вырубках.

Таким образом, можно сделать вывод, что процесс появления и накопления кедрового подроста предсказуем с высокой долей вероятности. Закономерности можно выявить по косвенным признакам – условиям мест произрастания и внешнему облику растительности, т.е. по критериям привлекательности участков для птиц. При проведении анализа факторов, влияющих на естественное возобновление кедра, в качестве зависимого признака был выбран такой показатель, как встречаемость подроста кедра. Независимыми признаками выступили относительная полнота и состав древостоя, вычисленный по количеству стволов. По материалам пробных площадей была выявлена достоверная зависимость между встречаемостью кедрового возобновления и полнотой древостоя. Зависимость описывается параболой второго порядка, корреляционное отношение – 0,76. Высокая полнота древостоя выступает фактором, сдерживающим развитие кустарниковой и травянистой растительности и соответственно задернение и уплотнение почвы.

Густота разных древесных пород может оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на появление подроста кедра, так как стандартизованные коэффициенты регрессии, вычисленные для отдельных пород, имеют разные знаки. Значимое влияние на появление подроста кедра оказывает густота стволов дуба и липы, а также участие вышеперечисленных пород в составе древостоя.

Анализ литературных источников и данные пробных площадей показывают, что лучшие условия, стимулирующие возобновление кедра, формируются в сомкнутых куртинах с участием дуба, всех видов берез, тополя, осины, липы, кедра. Под пологом этих пород формируется рыхлая лесная подстилка, слабо развиваются подлесок и напочвенный покров, что делает такие участки особо привлекательными для устройства «кладовых» птицами.

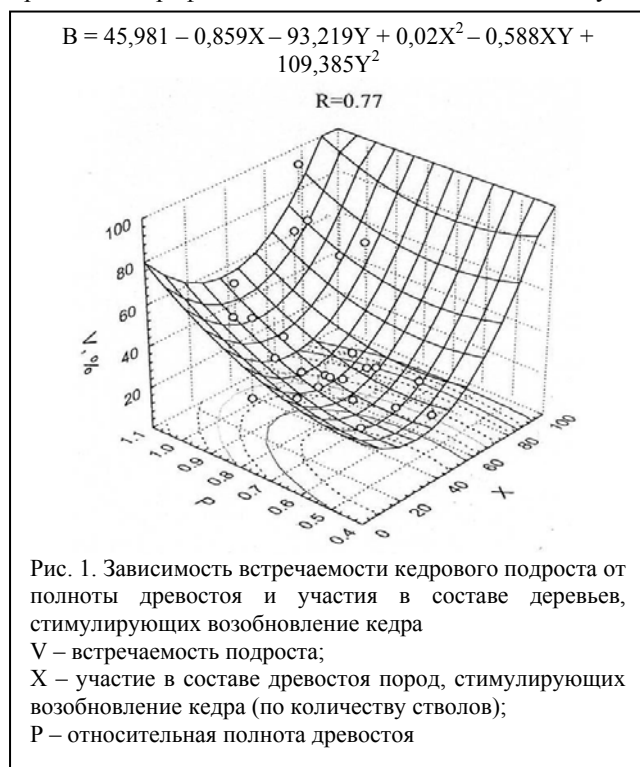
Возобновление кедра почти отсутствует под пологом ясеня, ореха маньчжурского, ильмов, ольхи. Обладая глубокой корневой системой и светопроницаемой кроной, они практически не сдерживают развитие кустарников, трав и лиан. Под их пологом формируются или участки с сильно задерненной

почвой, или сплошные заросли кустарников, перепутанные лианами, что делает невозможным полет птиц. Почва в таких насаждениях часто переувлажнена, могут наблюдаться процессы заболачивания.

Такие древесные породы, как ель, пихта, клены, занимают нейтральное положение по степени влияния на возобновительные процессы, но чаще всего их влияние отрицательное.

Кедр корейский среди древесных пород стоит на особом месте. Его воздействие на собственный подрост зачастую угнетающее, но, как уже говорилось, кедровки гораздо охотнее устраивают свои кладовые в древостоях с участием в составе кедр, а не в чистых лиственных насаждениях, в отличие от поползней. Поползни также временно прячут орехи недалеко от семенников, прежде чем перенести запасы на свой гнездовой участок. Поэтому вокруг плодоносящих кедров всегда присутствует достаточное количество мелкого подроста. В какой-то степени это относится и к осине. В осинниках накапливается значительное количество мелкого кедрового подроста и самосева, который погибает через определенное время. С учетом вышесказанного дальневосточные древесные породы по степени влияния на процессы появления и накопления подроста кедр можно разделить на две группы. Первая – деревья, под пологом которых появляется подрост кедр: дуб, все виды лип и берез, лиственница, тополь, осина, ива, кедр. Ко второй группе можно отнести ясень, орех маньчжурский, ильмы, ольху, трескун, черемуху, ель, пихту, клены, маакию, бархат.

Проведенный множественный регрессионный анализ, при котором в качестве зависимой переменной выступала встречаемость кедрового подроста и самосева, а в качестве независимых переменных – полнота и участие в составе деревьев первой группы, показал, что зависимость значима на высоком уровне, коэффициент множественной корреляции $R = 0,77$. Значение скорректированного коэффициента детерминации показывает, что в 56 % случаев возобновление кедр зависит от указанных признаков. Графически зависимость выглядит следующим образом (рис. 1).



Рост, развитие и, в конечном итоге, продолжительность жизни кедрового подроста под пологом зависят от множества факторов, среди которых свет и видовая конкуренция являются определяющими [2, 5, 11, 4]. Освещенность под пологом древостоя зависит, в первую очередь, не от полноты древостоя, а от его состава (т.е. от проницаемости крон деревьев для света) и густоты деревьев [8, 3]. Конкуренция также определяется составом древесного и кустарникового ярусов. Многочисленные исследования показывают, что подрост кедр способен нормально развиваться под пологом древостоя любого состава и полноты до возраста 15-25 лет, достигая высоты 0,5 м. Темпы прироста у кедр в различных типах леса при разной полноте до возраста 25 лет примерно одинаковы. Дальнейшее его пребывание под пологом древостоя приводит к уменьшению приростов и отмиранию значительной части подроста [9, 7, 8, 4, 10, 3].

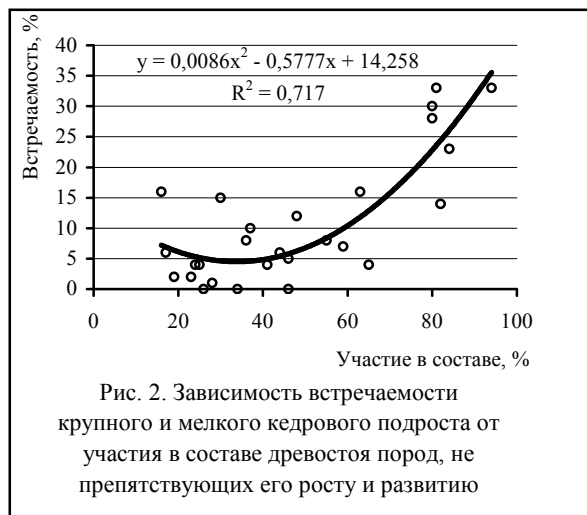
Анализ материалов более тридцати пробных площадей, заложенных в различных типах хвойно-широколиственных насаждений, показал, что крупный и средний кедровый

подрост (высота более 0,5 м) встречается далеко не на всех участках, и его наличие не связано с относительной полнотой древостоя. Проведенный множественный регрессионный анализ показал, что зависимость встречаемости крупного и среднего кедрового подроста от густоты деревьев разных пород на гектаре, а также от состава древостоя очень высокая – $R = 0,88$. Значимые положительные значения коэффициента корреляции получены для дуба, тополя, липы. Отрицательные значения были у кедр и ильма. Нормальный рост кедр под пологом дуба, тополя, берез, клена, липы можно объяснить отсутствием жесткой конкуренции корневых систем вышеперечисленных пород с кедром. Можно предположить, что в процессе фотосинтеза подрост кедр корейского использует другие части спектра света в сравнении с вышеперечисленными породами.

При организации лесопользования в хвойно-широколиственных лесах необходимо создание условий для сохранения и обеспечения нормального роста молодого поколения кедр, а в перспективе перевода его в категорию древостоя. При этом, учитывая прижизненную ценность леса, его

многофункциональное значение, исключается полная уборка верхнего полога при организации ухода. Поэтому, исходя из состояния кедрового возобновления под пологом насаждений, встречаемости крупного и среднего подроста и его выживаемости в условиях лесной среды дальневосточные древесные породы разделены на две категории: не препятствующие росту и развитию кедрового подроста – дуб, все виды берез, лип, кленов, лиственница, ивы, бархат, тополь, – и отрицательно влияющие на рост и развитие кедрового подроста – орех, ель, пихта, ольха, ясень, ильм, трескун, кедр, осина.

Регрессионный анализ показал тесную зависимость между встречаемостью крупного и мелкого



кедрового подроста и количеством стволов на 1 га пород, не препятствующих росту и развитию кедрового подроста, а также участием этих пород в составе. Коэффициент детерминации – 0,72 (рис. 2). Для другой категории пород зависимость обратно пропорциональная.

Таким образом, кедровый подрост может нормально развиваться и переходить в категорию древостоя только в насаждениях с определенным составом.

Найденные закономерности появления, роста и развития кедрового подроста дают возможность лесоводственными методами, регулируя состав древостоя, влиять на восстановление и формирование кедрово-широколиственных лесов Дальнего Востока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бромлей Г.Ф., Костенко В.А. Биоценотические связи птиц, млекопитающих и кедр корейского в Приморском крае // Тр. БПИ ДВЦ АН СССР. Т. 17 (120). 1974. С. 5-38.
2. Бабурин А.А., Лубенская Е.Ф. Рост кедр корейского под пологом леса, на вырубках и в культурах // Вопросы географии Дальнего Востока. Преобразование природы. Биогеография. Сб. 7. Хабаровск: Хабаровское кн. изд-во, 1965. С. 94-102.
3. Ермоленко П.М. Влияние древесного и травянистого полога на подрост кедр // Лесн. хоз-во, 1990, 9. С. 25-28.
4. Лубенская Е.Ф. Рост кедр корейского в чистых и смешанных посадках // Повышение продуктивности лесов Дальнего Востока // Тр. ДальНИИЛХ. М.: Лесная пром-ть, 1973. С. 182-186.
5. Манько Ю.И., Ворошилов В.П. Рост подрост кедр корейского предварительного происхождения на сплошных и условно-сплошных вырубках в кедрово-широколиственных лесах // Лесовосстановление в Приморском крае. Владивосток, 1969. С. 61-67.
6. Омелько А.М., Омелько М.М., Омелько М.М. Поползень амурский в воспроизводстве кедр корейского во вторичных широколиственных лесах Приморья // Биологические исследования на Горнотаяжской станции. Сб. науч. тр. Вып. 7. Владивосток: ДВО РАН, 2001. С. 260-282.
7. Соловьев К.П. Кедрово-широколиственные леса Дальнего Востока и хозяйство в них. Хабаровск: Хабаровское кн. изд-во, 1958. 347 с.
8. Солодухин Е.Д. Лесоводственные основы хозяйства в кедровых лесах Дальнего Востока. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1965. 366 с.
9. Фишер А.М. Естественное возобновление кедр корейского (*Pinus koraiensis* S. et Z.) // Материалы по растительности и почвам Дальнего Востока. Владивосток: Изд-во ДВФ СО АН СССР, 1939. Вып. 1. С. 61-166.
10. Флягина И.А. Лесовосстановление в кедрово-широколиственных лесах на восточных склонах Сихотэ-Алиня. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1982. 176 с.
11. Чернышев В.Д. Приспособление к свету подрост кедр корейского в различных эколого-фитоценотических условиях // Лесовосстановление в Приморском крае. Владивосток: БПИ ДВФ СО АН СССР, 1969. С. 31-35.
12. Шешуков М.А., Шелогаев Г.Д., Назаренко В.Х. Пути совершенствования восстановления кедровников на Дальнем Востоке // Тр. ДальНИИЛХ, 1990. Вып. 32. С. 88-95.
13. Щербakov И. П. Возобновление в основных типах лесов южного Приморья. М.: Изд-во АН СССР, 1953. 132 с.

ЕСТЕСТВЕННОЕ ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЕ НА ОТВАЛАХ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ КУЗБАССА

Л.П. БАРАННИК, В.И. УФИМЦЕВ

Институт экологии человека СО РАН, Кемерово

АННОТАЦИЯ

Самовосстановление лесных массивов – важная составляющая восстановления биологической продуктивности нарушенных в результате угледобычи территорий. Наибольшее распространение среди поселяющихся на отвалах вскрышных пород древесных видов получили береза повислая и облепиха крушиновидная. Отмечена высокая способность к распространению других видов – интродуцентов и обитателей местной арброфлоры.

В «Концепции экологической политики Кемеровской области» в числе наиболее приоритетных проектов предусмотрены рациональное использование и охрана земельных ресурсов, осуществляемые путем рекультивации нарушенных земель. Для Кузбасса эта проблема стоит особенно остро при разработке угольных месторождений, в результате которой отчуждаются естественные лесные территории. По данным государственного доклада «О состоянии окружающей природной среды Кемеровской области», к 2005 году общая площадь нарушенных земель составила 64793 га, а доля техногенных территорий в Кузнецкой котловине – основном районе угледобычи – достигает 4-5 % и продолжает увеличиваться. Размещение на земной поверхности громадных масс глубинных вскрышных пород (свыше 12 млрд м³) привело к образованию техногенных отвально-карьерных ландшафтов [2].

Основным методом лесовосстановления на нарушенных горными работами участках, безусловно, является целенаправленная лесная рекультивация. В Кузбассе уже имеется более чем 35-летний опыт проведения таких работ. Сотни гектаров молодых лесов произрастают на породных отвалах и, закрепляя их поверхность от эрозии, улучшают экологическую обстановку этих территорий. Однако работ по рекультивации нарушенных земель проводится заведомо недостаточно, соотношение площадей нарушенных и рекультивированных площадей в целом по Кузбассу составляет примерно 5:1. Учитывая низкие темпы рекультивации и в то же время насущную необходимость предотвращения негативного воздействия нарушенных земель на окружающую среду, следует более полно использовать природный потенциал лесной растительности к самовосстановлению.

Естественное зарастание нарушенных земель обычно рассматривается как дополнительный показатель оценки пригодности субстрата для биологической рекультивации, или же с позиций подбора видов растений для рекультивации из числа естественно поселяющихся. Вместе с тем естественное возобновление растительности может выступать и как самостоятельный процесс восстановления биологической продуктивности нарушенных земель, который в ряде случаев может быть и самодостаточным, т.е. в определенной степени выполнять функции биологической рекультивации. Такой подход возможен как в таежной, так и в лесостепной зоне, где основное направление рекультивации – восстановление лесопокрытой площади.

Экологические параметры, создающие условия для естественного возобновления, многообразны и взаимосвязаны. На рис. 1 приведена схема причинно-следственных связей этих показателей при формировании лесорастительных условий на отвалах угольных разрезов.

Ведущими показателями, определяющими лесорастительные условия, являются плодородие и влажность субстрата отвалов.

По степени плодородия их можно разделить на 4 группы: I – плодородные; II – потенциально плодородные, но бедные азотом, III – малоплодородные (ограниченно пригодные); IV – непригодные, токсичные [4]. Состояние древесной растительности на отвалах, естественно поселившейся и посаженной при рекультивации, свидетельствует о том, что вскрышные горные породы обладают достаточным потенциалом плодородия для роста многих видов деревьев и кустарников, которое, однако, отличается от плодородия ненарушенных зональных почв. Плодородие горных пород проявляется в зависимости от биологических особенностей и экологических потребностей растений [5].

По режиму увлажнения выделяются 4 типа местообитаний: сухие, свежие, влажные, сырые.

Отвалы вскрышных пород в Кузбассе сформированы бестранспортным (экскаваторные отвалы) и транспортным (железнодорожные и автотранспортные) способом. Первые характеризуются невыровненностью рельефа, провальным водным режимом, высокой степенью проседания грунта после отсыпки, а последние, в частности, автотранспортные отвалы, обладают чрезмерной уплотненностью субстрата. В особую группу выделяются гидроотвалы, образованные гидромеханическим способом.

Наиболее благоприятный водный режим для древесной растительности складывается на частично спланированных экскаваторных и железнодорожных отвалах. С одной стороны, рыхлость сложения и

каменистость грунтов создает высокую водопроницаемость, а с другой – грунты имеют определенную влагоемкость, связанную с присутствием мелкоземного элювия горных пород. Кроме того, доказано положительное влияние на древесную растительность конденсата парообразной влаги, образующегося в результате разности температур на поверхности отвалов и в их толще [1]. В результате грунтосмеси, несмотря на отсутствие связи с грунтовыми водами, в течение вегетационного периода сохраняют относительно большое количество продуктивной влаги, достаточное для успешного роста древесной растительности.



Лесорастительные условия, зависящие от ветрового режима, снегоотложения, температуры и влажности грунта, тесно коррелируют с элементами рельефа. На откосах южных и юго-западных экспозиций, а также на вершинах, как правило, отсутствует защитный снежный покров, отмечаются высокие летние температуры поверхности, а влажность грунтов из-за меньшего снегонакопления и большего иссушения бывает пониженной. Откосы северных и восточных румбов по этим микроклиматическим показателям имеют более благоприятные характеристики.

С позиций естественного лесовозобновления более благоприятные условия складываются на «молодых» породных отвалах. Помимо лучшего водного режима, в это время и в меньшей мере развит травяной покров, затрудняющий поселение древесных видов. По этой причине интенсивное заселение отвалов видами-«пионерами» лесовозобновления происходит в первые годы после отсыпки отвалов, если этому не препятствует очень высокая каменистость.

Безусловным лидером в естественном лесовозобновлении на породных отвалах угольных разрезов в разных природно-климатических зонах, от лесостепной до горно-таежной, является береза.

Береза повислая (*Betula pendula*) обладает комплексом биологических свойств, соответствующих лесорастительным условиям на породных отвалах. Она одна из самых светолюбивых древесных пород, выдерживает полное солнечное освещение на открытых поверхностях. Достаточно засухоустойчива, мало требовательна к почвенному плодородию. И, наконец, имеет высокую семяпродуктивность, длительное сохранение всхожести семян, хорошие аэродинамические качества крылаток семян, способствующие их переносу на значительные расстояния. Все это создает возможность расселения березы на больших площадях, освоения новых территорий. Широкое распространение самосева березы на породных землях обусловлено также ее доминирующим положением в древесных формациях лесостепной зоны Кузнецкой котловины.

Биологические особенности кедра сибирского (*Pinus sibirica*) создают предпосылки для его поселения на отвалах вскрышных пород угольных разрезов в таежной зоне. Кедр также является зоохорным растением, т.е. его семена распространяют представители животного мира. В наших условиях агентом расселения кедра является тонкоклювая кедровка, благодаря которой семена кедра способны распространяться на территории 2-4 км, т.е. в 10 раз дальше, чем остальные хвойные при помощи ветра и крылаток на семенах [3]. На отвалах горных пород в горно-таежной зоне для кедра образуются оптимальные экологические условия: разреженный полог молодых березников на отвалах обеспечивает

благоприятную среду для кедрового самосева, умеренное затенение создает щадящий температурный режим, повышает влажность почвы и воздуха, а лиственный опад берёзы улучшает почвенное питание. Способность кедра произрастать на щебнисто-каменистых почвах на крутых склонах в горах также является аргументом в пользу возможностей его возобновления на породных отвалах, сложенных грубоскелетным техногенным элювием горных пород.

В составе формирующихся насаждений на отвалах часто присутствует сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*). Если есть достаточный привнос семян, образуются смешанные березово-сосновые молодняки. Поскольку сосна обыкновенная для территории Кузбасса в целом является интразональным явлением, она представлена в основном искусственно созданными насаждениями, а естественное поселение сосны на породных отвалах не имеет повсеместного значения. Тем не менее сосна, обладая широкой экологической пластичностью, микотрофностью, нетребовательностью к плодородию и влажности почвы, является доминирующей породой при искусственном лесовосстановлении отвалов вскрышных пород.

Наряду с берёзой «пионером» заселения породных отвалов является облепиха крушиновидная (*Hippophae rhamnoides*). В естественных лесах области облепиха не произрастает, но на отвалах при их рекультивации были созданы значительные площади облепиховых насаждений. Ягодами облепихи питаются многие виды птиц. При прохождении через птичий пищеварительный тракт семена облепихи не перевариваются, более того, повышается энергия их прорастания. «Посеянные» птицами кусты облепихи встречаются практически на всех отвалах, где есть мелкоземная фракция горных пород и сохраняются запасы влаги. Причем следует отметить, что самосев (точнее, «птицесев») облепихи более интенсивен на возвышенных элементах техногенного рельефа – на вершинах отвалов, крутых откосах, т.е. в местах, предпочтительно посещаемых птицами. Облепиха благодаря своей вегетативной подвижности осваивает пространство быстрее травянистых и других древесных видов. В результате площадь облепихников естественным образом (разнос семян птицами и порослеобразование) из года в год увеличивается.

Подобным облепихе мелиоративным кустарником, способствующим естественному лесовозобновлению техногенных территорий, является лох серебристый (*Elaeagnus argentea*). Его также нет в естественных лесах, но он, как и облепиха, интенсивно расселяется за пределами созданных насаждений. И хотя плоды лоха обладают меньшими пищевыми достоинствами, чем облепиха, они поедаются некоторыми видами птиц (отмечена кормежка на лохе снегирей), и семена разносятся на значительные расстояния.

Известно, что важную роль в питании облепихи и лоха играют азотфиксирующие микомицеты, живущие на корневых клубеньках. Поэтому на бедных грунтах эти кустарники выполняют функцию мелиоративного этапа в лесовозобновлении, создают условия для последующего поселения лесообразующих древесных пород.

Аналогична роль и других кустарниковых пород, естественно поселяющихся на отвалах (исключая фиксацию атмосферного азота, которой обладают облепиха и лох).

Наиболее распространены ивы. Из них самой многочисленной является ива козья (*Salix caprea*), реже встречаются ива серая (*S. cinerea*), ива трёхтычинковая (*S. triandra*), в сырых пониженных местах – ива шерстистопобеговая (*S. dasyclados*). Образующиеся тальники недолговечны. Являясь светолюбивыми видами, ивы не выносят затенения древесным пологом и отмирают.

Успешно поселяется на породных отвалах рябина сибирская (*Sorbus sibirica*). Показатели роста и габитус позволяют отнести рябину не к кустарникам, а к деревьям третьей величины – встречаются экземпляры рябины высотой до 8-10 м. Рябина является относительно теневыносливой и растёт под пологом берёзняков. Её распространению, как и распространению облепихи, способствуют птицы. По обилию самосева на отвалах рябина стоит следом за ивами и облепихой (не считая берёзы – беспорного фаворита естественного возобновления).

На отвалах в таёжной зоне единично встречаются бузина сибирская (*Sambucus sibirica*), таволга зверобоелистная (*Spirea hypericifolia*), таволга средняя (*S. media*), рябинник рябинолистный (*Sorbaria sorbifolia*), небольшими куртинами поселяется карагана древовидная (*Caragana arborescens*). Из ягодных кустарников, поселяющихся на отвалах в таёжной зоне, следует отметить малину обыкновенную (*Rubus idaeus*), которая образует густые одновидовые заросли фрагментами по несколько десятков квадратных метров. Такие кустарники, как черёмуха уединённая (обыкновенная) (*Padus avium*), калина обыкновенная (*Viburnum opulus*), смородина колосистая (*Ribes spicatum*), встречаются только в сырых местах у подножий отвалов, где происходит выклинивание грунтовых вод.

Несмотря на то, что осина (*Populus tremula*) – одна из распространённых пород в прилегающих к угольным разрезам лесах, на отвалах её возобновление выражено менее, чем того следовало ожидать. Биологические свойства осины не соответствуют лесорастительным условиям нарушенных земель. Осина не выносит каменистых почв, избегает сухих местообитаний. На 1 га она рассеивает до 0,5 млрд семян, но прорастают лишь единичные, остальные гибнут в засушливый период лета.

Таким образом, успешность поселения древесных видов зависит от множества причин: налета семян с прилегающих лесонасаждений, влажности и температурного режима грунта в период обсеменения площади, характера микрорельефа поверхности (шероховатость создает условия для задержания семян), задернения травами, эрозийного смыва семян и всходов. С течением времени интенсивность заселения древесных видов снижается из-за задернения травянистой растительностью, а также в связи с образованием на поверхности отвалов уплотненного и сглаженного почвенно-грунтового слоя, затрудняющего задержание и прорастание семян деревьев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранник Л.П. Биоэкологические принципы лесной рекультивации. Новосибирск: Наука, 1988. 89 с.
2. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Кемеровской области в 2005 г.» Кемерово, 2006. 368 с.
3. Николайченко И.В. Особенности естественного лесозарастания породных отвалов угольных разрезов // Рекультивация нарушенных земель в Сибири. Вып. 1. 2005. С. 112-116.
4. Попов В.М., Рагим-Заде Ф.К., Трофимов С.С. Классификация вскрышных пород по пригодности для биологической рекультивации // Рекультивация в Сибири и на Урале. Новосибирск, 1970. С. 25-41.
5. Трофимов С.С. Экология почв и почвенные ресурсы Кемеровской области. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1975. 300 с.

УДК 630*234

ВЛИЯНИЕ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПОСЛЕРУБОЧНЫХ МОЛОДНЯКОВ В ИРКУТСКОМ ПРИАНГАРЬЕ

(на примере сосняков разнотравной группы типов леса арендной территории ООО «ИлимСибЛес»)

И.В. БАТУРА¹, С.К. ФАРБЕР²

¹Сибирский государственный технологический университет, Красноярск

²Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Вопрос о влиянии агрегатной техники, используемой при лесозаготовках, на характер возобновления светлохвойных насаждений является одним из наиболее важных при ведении лесного хозяйства на арендных территориях лесозаготовительных предприятий. В статье приводится анализ развития молодых насаждений на вырубках по основным таксационным показателям в зависимости от применения различных комплексов лесозаготовительной техники.

Актуальность. В настоящее время основным поставщиком сырья для Усть-Илимского ЛПК является ООО «ИлимСибЛес». Предприятие специализируется на заготовке, транспортировке и разделке древесины. За ИлимСибЛесом закреплена лесосырьевая база площадью 1,6 млн га с запасом спелой и перестойной древесины в 280 млн куб. м. Расчетная лесосека составляет 3,26 млн м³ в год, из них 2,45 млн куб. м приходится на хвойное хозяйство. Согласно приведенным характеристикам, ИлимСибЛес можно считать одним из наиболее крупных лесозаготовителей в Восточной Сибири.

По мере появления новой, все более мощной лесозаготовительной техники парк машин ООО «ИлимСибЛес» постепенно совершенствовался. Сейчас его комплектация отвечает самым высоким требованиям производительности и комфортности эксплуатации. В течение последнего десятилетия приобретены и успешно эксплуатируются комплекс машин «Тимберджек». При общей положительной экономической составляющей от внедрения в производство новых машин вопрос о степени их влияния на процесс лесовосстановления на вырубках остается открытым. А это основной вопрос, волнующий практиков-лесоводов, свидетельство актуальности настоящей работы.

Исходные данные. В ходе наблюдений рассматриваются материалы полевого обследования насаждения, сформировавшегося на вырубке. Наблюдения распределены по вариантам использования на лесосеках лесозаготовительной техники:

- I – бензопил, трелевочных тракторов;
- II – отечественной агрегатной техники;
- III – импортной агрегатной техники.

На 22 лесосеках валка леса производилась бензопилами, трелевка – трелевочными тракторами (ТДТ-55 или ТТ-4). На 47 лесосеках лесозаготовительные работы производились с помощью агрегатной техники ВПМ ЛП-19 + трактор (ЛП-18А или ЛТ-154). Отдельно учитывались лесосеки, на которых была применена скандинавская агрегатная техника (харвестер + форвардер). Здесь количество наблюдений составило 15. Для каждого наблюдения приведена полная таксационная характеристика молодого леса и

восстановлены таксационные показатели дорубочных насаждений. Для изучения роста лесообразующих пород в высоту использованы модельные деревья, взятые при натурном обследовании послерубочного насаждения. Модели разделены на: относящиеся к сохраненному подросту (предварительной генерации) и к последующему возобновлению (последующей генерации).

Исходные данные интерпретировались по результатам корреляционного анализа, т. е. учитывались величина корреляционного отношения и направление связи. Для визуальной оценки направления изменения признака (тенденции) был использован регрессионный анализ в его наиболее простом варианте – линейной регрессии.

Динамика доли участия сосны в формуле породного состава послерубочного насаждения. *Разработка лесосек бензопилами и трелевочными тракторами.* Коэффициент корреляции r между долей участия сосны в составе и возрастом вырубki изменяется в пределах от 0,01 до 0,15. Значения коэффициентов корреляции следует признать незначимыми. Отсюда следует, что зависимость между долей участия в составе молодого насаждения возобновления как предварительной, так и последующей генерации от возраста вырубki отсутствует. Сохраненный подрост сосны на протяжении, по крайней мере, 40 лет после рубки участвует в составе древостоя в количестве до 1,5-2,0 единиц. Сосна последующей генерации имеет в составе долю до 4-5 единиц. Наблюдается слабая тенденция к увеличению доли участия сосны последующей генерации. Оставшуюся часть древостоя представляют, главным образом, лиственные и единично темнохвойные деревья.

Разработка лесосек отечественной агрегатной техникой. Согласно величине коэффициента вариации $r = 0,11$ взаимосвязь участия сохраненного подростa сосны в составе молодого леса с возрастом вырубki отсутствует. Наблюдается слабая тенденция уменьшения доли участия. Это означает, что на протяжении, по крайней мере, 18 лет сохраненный подрост в количестве от 6 до 5 единиц стабильно участвует в составе молодого леса. Можно ожидать, что далее отпад сохраненного подростa будет продолжаться. Коэффициент корреляции между долей участия последующего возобновления сосны в составе молодняка и возрастом вырубki равен $r = 0,36$. Взаимосвязь классифицируется как незначительная, но она, тем не менее, достаточно определенно отражает тенденцию доли участия сосны последующей генерации. На протяжении 18 лет после рубки доля увеличивается с 4 до 7 единиц. Такого рода изменения можно объяснять как появлением нового самосева сосны, так и выпадением сохраненного подростa всех пород.

Разработка лесосек импортной агрегатной техникой. Обследованные молодняки, сформировавшиеся на вырубках, не позволяют достаточно полно оценить динамику породного состава молодого леса, поскольку срок использования харвестеров и форвардеров не превышает 8-10 лет. Результаты корреляционного анализа относятся к этому временному периоду. Величина коэффициента вариации участия сохраненного подростa сосны в составе молодого леса с возрастом вырубki оказалась равной $r = -0,16$. Взаимосвязь отсутствует. Слабая тенденция уменьшения вполне согласуется с аналогичной тенденцией, обозначенной по отношению к вырубкам, образовавшимся после работы отечественной агрегатной техники. Коэффициент корреляции между долей участия последующего возобновления сосны в составе молодняка и возрастом вырубki равен $r = 0,33$. Взаимосвязь выражена неявно. Наблюдается слабая тенденция увеличения, что также согласуется с аналогичной ситуацией, обозначенной по отношению к отечественной агрегатной технике.

Динамика участия доли березы и осины в формуле породного состава послерубочного насаждения. В отличие от хвойных пород, береза и осина в составе молодого леса представлены деревьями только послерубочной генерации.

Разработка лесосек бензопилами и трелевочными тракторами. Коэффициент корреляции r между долей участия лиственных пород в составе древостоя и возрастом вырубki для березы равен $r = -0,13$, для осины $r = 0,35$. Значения r следует признать незначимыми, что позволяет говорить об отсутствии соответствующих зависимостей. Последующее возобновление березы и осины появляется на вырубках в течение первых двух лет. При достижении 40-летнего возраста доля лиственных пород в составе послерубочного древостоя стабильно сохраняется в количестве от 2 до 5 единиц.

Разработка лесосек отечественной агрегатной техникой. Коэффициент корреляции r между долей участия лиственных пород в составе древостоя и возрастом вырубki для березы равен $r = -0,38$, для осины $r = -0,32$. Наблюдается слабовыраженная и труднообъяснимая тенденция уменьшения. Полагаем, что в действительности доля участия лиственных в составе молодого леса за отрезок времени 18 лет не изменяется и составляет от 1 до 3 единиц.

Разработка лесосек импортной агрегатной техникой. По величине коэффициента корреляции между долей участия лиственных пород в составе древостоя и возрастом вырубki, который для березы равен $r = 0,08$, для осины $r = 0,12$, можно утверждать, что связь между этими показателями отсутствует. Равно как и для других рассматриваемых вариантов, лиственные породы до 3 единиц участвуют в составе молодняка.

Динамика количества сосны предварительной и последующей генерации. *Разработка лесосек*

бензопилами и трелевочными тракторами. Коэффициент корреляции r между количеством возобновления сосны и возрастом вырубki изменяется в пределах от -0,04 до 0,10, что указывает на отсутствие взаимосвязи. В целом наблюдается ситуация, схожая с долей участия сосны в составе молодого леса. Можно утверждать, что сохраненный подрост сосны на протяжении, по крайней мере, 40 лет стабильно сохраняется в количестве около 600-700 шт. на га; сосны последующей генерации – на порядок больше: 2300-2400 шт. на га. Далее ситуация может измениться. Полагаем, что к возрасту спелости сохраненный подрост уйдет в отпад или будет отбракован при проведении рубок ухода за лесом.

Разработка лесосек отечественной агрегатной техникой. Коэффициент корреляции между количеством последующего возобновления сосны и возрастом вырубki равен $r = 0,43$. Коэффициент вариации между количеством сохраненного подростa сосны с возрастом вырубki равен $r = -0,27$. Взаимосвязь классифицируется как очень слабая, но она, тем не менее, достаточно определенно отражает тенденцию направления линии связи. На протяжении первых 18 лет ситуация с количеством сосны еще не стабилизирована. Наблюдается слабовыраженная тенденция отпада сохраненного подростa и одновременное увеличение количества сосны последующей генерации. Можно ожидать, что далее, к возрасту 20-30 лет, ситуация стабилизируется и станет в целом похожа на ситуацию разработки лесосек бензопилами и трелевочными тракторами.

Разработка лесосек импортной агрегатной техникой. Динамика количества сосны прослеживается во временном диапазоне 7-10 лет. Величина коэффициента вариации количества сохраненного подростa сосны с возрастом вырубki оказалась равной $r = -0,05$. Взаимосвязь отсутствует. Отрицательное направление выражено неявно. Коэффициент корреляции между количеством последующего возобновления сосны и возрастом вырубki равен $r = 0,36$, т. е. наблюдается слабая тенденция увеличения. В целом можно ожидать, что в последующие 10 лет ситуация станет похожа на обозначенную по отношению к вырубкам, образовавшимся после работы отечественной агрегатной техники.

Динамика количества березы и осины. Наличие лиственных пород в составе подростa разнотравных сосняков для лесорастительных условий Приангарья не характерно. Поэтому вся учтенная на круговых площадках береза и осина относится к последующему возобновлению.

Разработка лесосек бензопилами и трелевочными тракторами. Коэффициент корреляции между количеством возобновления березы и возрастом вырубki равен $r = -0,25$; осины – $r = 0,21$. Количество березы незначительно уменьшается, осины – увеличивается. При этом связь следует отнести к незначимой, поэтому в действительности до возраста около 40 лет число березы и осины в древостое не изменяется: не появляются новые деревья и не отпадают уже существующие. В среднем количество березы составляет около 1100, осины – 1000 шт. на га.

Разработка лесосек отечественной агрегатной техникой. Коэффициент корреляции между количеством возобновления березы и возрастом вырубki равен $r = -0,19$, осины $r = -0,22$. Взаимосвязь отсутствует. Тенденция изменения для обеих пород отрицательная. Количество березы в среднем составляет 1100, осины – 1000 шт. на га. В целом можно констатировать сходство ситуации с вариантом, при котором разработка лесосек производилась бензопилами и трелевочными тракторами.

Разработка лесосек импортной агрегатной техникой. Динамика в целом положительная. Для березы коэффициент корреляции $r = 0,33$ – связь слабая, для осины $r = 0,14$ – связь отсутствует. Увеличение количества деревьев лиственных пород оценивается как незначительное и объясняется остаточным импульсом периода возобновления. Далее ожидается, стабилизация количества березы и осины, т.е. ситуация станет похожа на обозначенную по отношению к комплектации бензопилы + трелевочные трактора, отечественная агрегатная техника.

Динамика роста в высоту сосны предварительной и последующей генерации. *Разработка лесосек бензопилами и трелевочными тракторами.* Взаимосвязь высоты и возраста моделей сосны как предварительной, так и последующей генерации тесная. Коэффициент корреляции соответственно равен $r = 0,89$ и $r = 0,92$. Важно отметить, что линия роста сосны предварительной генерации отвечает V классу бонитета, а сосны последующей генерации – III классу бонитета.

Разработка лесосек отечественной агрегатной техникой. Коэффициент корреляции у сосны из подростa равен $r = 0,81$, у сосны последующей $r = 0,86$. Связь между показателями тесная, направление положительное. Ситуация во многом тождественна варианту применения на лесосеках бензопил и трелевочных тракторов. Сохраненная сосна из подростa развивается по V, последующей генерации – по III классу бонитета.

Разработка лесосек импортной агрегатной техникой. Коэффициент корреляции у сосны из подростa равен $r = 0,77$, у сосны последующей генерации $r = 0,95$. Тенденции роста, по сути, повторяют динамику, отмеченную для вариантов бензопилы + трелевочные трактора, отечественная агрегатная техника, и относятся к начальному периоду развития сосны.

Динамика роста в высоту лиственных пород. *Разработка лесосек бензопилами и трелевочными*

тракторами. Взаимосвязь высот и возраста моделей березы и осины очень тесная. Коэффициент корреляции соответственно равен $r = 0,96$ и $r = 0,92$. Линии роста березы и осины отвечают IV классу бонитета.

Разработка лесосек отечественной агрегатной техникой. Коэффициент корреляции у березы равен $r = 0,81$, у осины $r = 0,86$. Связь между показателями тесная, направление положительное. Линии роста, как и в предыдущем случае, отвечают IV классу бонитета.

Разработка лесосек импортной агрегатной техникой. Коэффициент корреляции у березы равен $r = 0,87$, осины $r = 0,85$. Тенденции роста остаются прежними и относятся к начальному периоду формирования молодого леса. В возрасте до 8-10 лет береза и осина развиваются по IV-III классам бонитета.

Выводы: 1. Динамика участия доли и количества лесообразующих пород по трем рассмотренным вариантам использования на лесосеках лесозаготовительной техники имеет сходный характер. Наблюдаемые различия объясняются не использованием определенного комплекса лесозаготовительной техники, а периодом времени, прошедшего с момента рубки;

2. Рост лесообразующих пород – сосны из сохраненного подроста, сосны последующей генерации, березы и осины по трем рассмотренным вариантам использования на лесосеках лесозаготовительной техники – относится к одному типу развития;

3. Начальный этап процесса послерубочного лесовосстановления не зависит от комплектации используемой при разработке лесосек лесозаготовительной техники, а определяется лесорастительными условиями вырубки (степень минерализации, почвенно-грунтовые особенности и т.д.) и наличием источников обсеменения.

УДК 630

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ СИБИРИ НА ЛЕСА, НАСЕЛЕННЫЕ ПУНКТЫ И ОБЪЕКТЫ ИНФРАСТРУКТУРЫ В 2007 – 2008 ГГ.

А.В. БРЮХАНОВ, В.А. ЧИЖОВ

Центр НИОКР Сибирского филиала Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, Красноярск

АННОТАЦИЯ

В докладе приводится информация о состоянии горимости лесов сибирского региона за 2007 – 2008 годы, а также основные случаи существенного ущерба, причиненные населенным пунктам и объектам инфраструктуры Сибири.

На территории Сибири (в рамках СФО), по данным МЧС, ежегодно возникают от 5 до 20 тыс. пожаров на площади от нескольких сотен до нескольких миллионов гектаров (<http://www.mchs.gov.ru>). Это от 40 до 70 % от общероссийского количества и площадей пожаров (рис. 1). Ежегодно пожары создают угрозу примерно четырем тысячам населенных пунктов, где проживают более 2 млн человек и имеется более 600 тыс. жилых построек [1, 2, 3].

В течение последнего десятилетия частота катастрофических пожаров в Сибири значительно увеличилась. Наибольший урон леса данного региона понесли в 1998, 2002, 2003, 2006 и 2007 годах. Наибольший ущерб от пожаров в СФО испытывают следующие субъекты: Красноярский и Забайкальский края, Иркутская область, Республики Тыва и Бурятия. Для большинства регионов Сибири горимость лесов в пожароопасный сезон 2008 г. оказалась ниже среднегодовой.

Всего за пожароопасный сезон 2008 года на территории Красноярского края подразделениями лесной охраны было обнаружено 1057 пожаров на площади 22167 га. Крупных пожаров не зарегистрировано. Наиболее горимые районы: Богучанский (160 шт. на площади 5082 га), Ермаковский (114 шт. на площади 2511 га), Кежемский (54 шт. на площади 1261 га), Манский (57 шт. на площади 887 га), Иланский (34 шт. на площади 856 га), Тасеевский (46 шт. на площади 686 га), Шушенский (72 шт. на площади 591 га), Минусинский (70 шт. на площади 151 га).

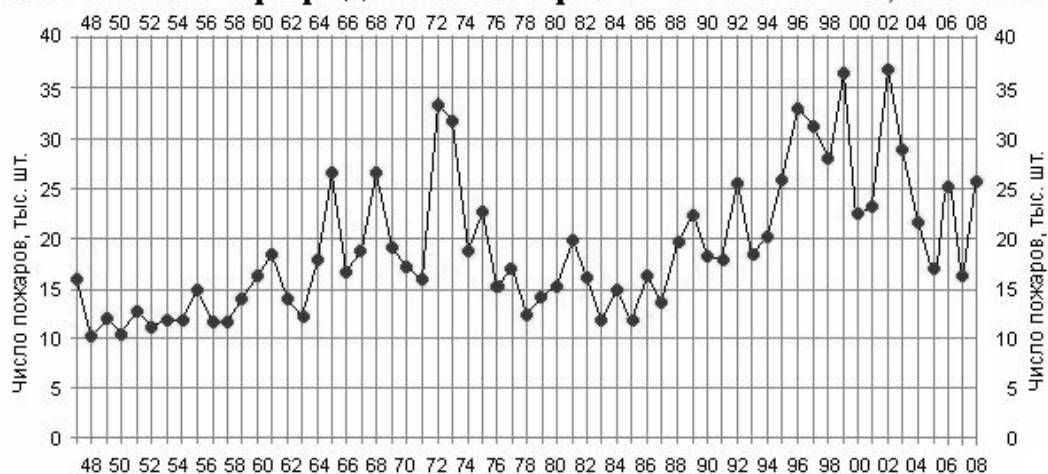
В Алтайском крае за пожароопасный сезон 2008 г. произошло 965 лесных пожаров: 344 пожара в Приобских борах общей площадью 1991 га и 621 пожар общей площадью 247 га в Ленточных борах.

На территории Республики Тыва по данным Агентства лесного хозяйства РТ, в 2008 году было зарегистрировано 184 пожара на общей площади до 41,3 тыс. га, из них 27,6 тыс. га – в лесах. Угрозы населенным пунктам и объектам экономики, вызванной возникновением лесных пожаров, в 2008 году не было.

В течение 2008 года на территории Республики Алтай было зарегистрировано 210 лесных пожаров общей площадью 4363 га (из них лесная площадь составила 3437 га). Количество лесных пожаров,

произошедших в 2008 году, увеличилось в 1,7 раза (2007 г. – 126 пожаров). Площадь, пройденная лесными пожарами в 2008 году, увеличилась в 2,1 раза (2007 г. – 1956 га).

Количество природных пожаров в 1948-2008 г., тыс. шт.



Площади природных пожаров в 1948-2008 г., тыс. га

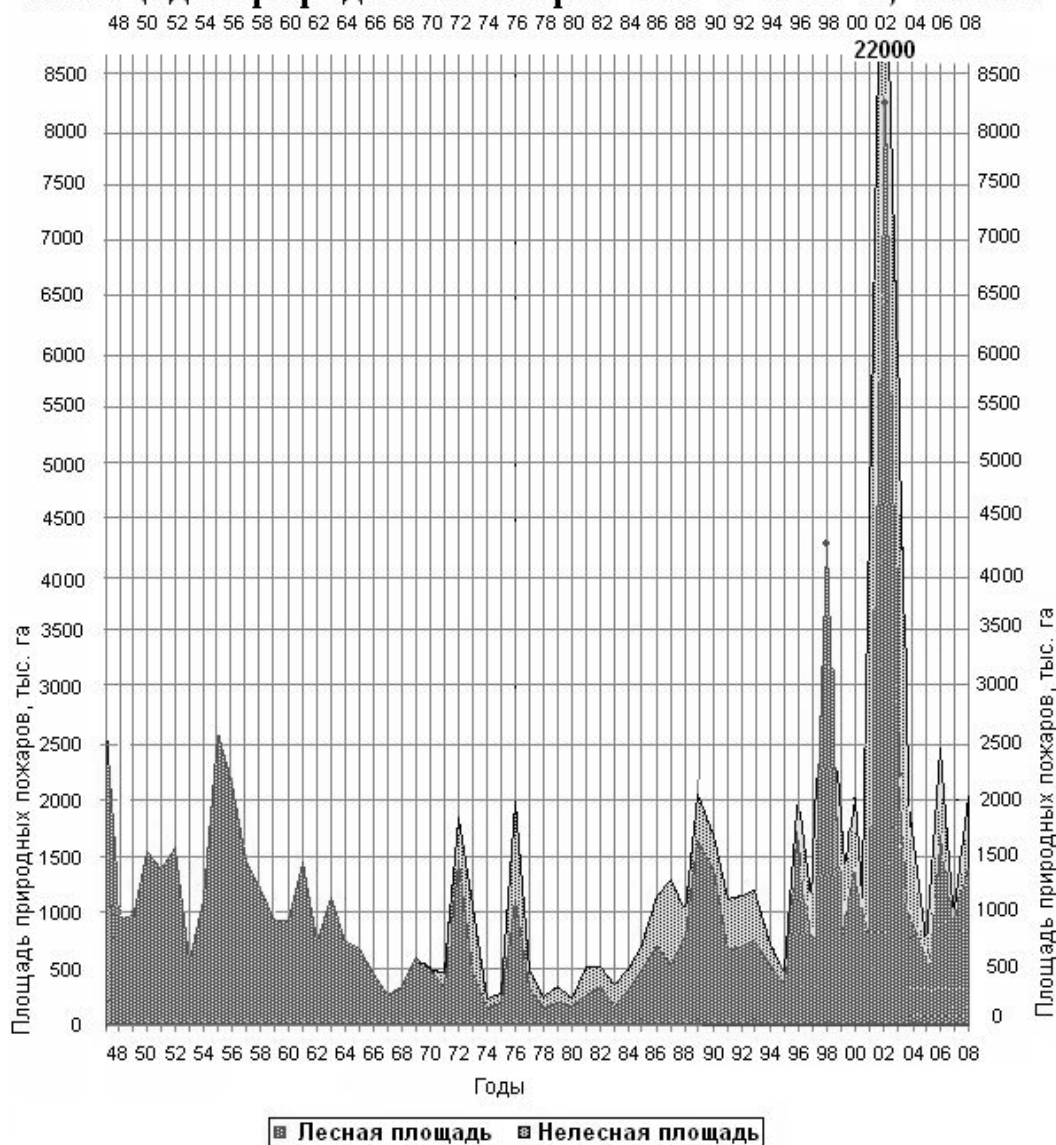


Рис. 1. Динамика количества и площадей природных пожаров на территории России за последние 50 лет по данным Рослесхоза

В Томской области за пожароопасный сезон 2008 г. было зарегистрировано 149 лесных пожаров. Общая площадь, пройденная пожарами, составила 6659 га, в т.ч. лесная площадь – 2113 га, из них подземная (торфяная) – 12 га.

В Республике Бурятия за 2008 г. возникло 1334 лесных пожара, пройденная ими лесная площадь составила 28,4 тыс. га. В лесном фонде крупными лесными пожарами было пройдено 7,7 тыс. га. Ущерб от лесных пожаров, причиненный лесному хозяйству, составил 2,6 млрд руб.

Годом ранее, в 2007 г., в Сибирском федеральном округе, по данным Рослесхоза, от природных пожаров в наибольшей степени пострадали Республики Бурятия и Хакасия, Красноярский край, Читинская и Иркутская области, Усть-Ордынский Бурятский и Агинский Бурятский автономные округа. На данные субъекты пришлось 85 % количества лесных пожаров и 99 % пройденной ими покрытой лесом площади (по СФО). Наибольший ущерб из сибирских субъектов в 2007 г. был нанесен Читинской области, на которую пришлось 15 % пожаров и 56 % пройденной ими площади от общероссийского количества.

Наиболее серьезный случай ущерба, нанесенного природными пожарами населенным пунктам и объектам инфраструктуры, был зафиксирован в 2007 г. в Красноярском крае. 3 мая 2007 г. огнем был частично уничтожен дачный поселок Зеленый Бор в Минусинском районе. Погибло 6 человек, сгорели 520 домов.

В 2008 г. наибольший ущерб объектам в Сибири был причинен в Тюменском районе Тюменской области, когда пожар произошел на участке лесных насаждений около подстанции 110/10 кВ «Караганда». Это случилось 13 мая. Падающие деревья и ветки повредили 11 пролетов высоковольтных воздушных линий 10 кВ, в результате чего станция подкачки воды системы водоснабжения Тюмени осталась без электричества.

Возникновение лесных пожаров в Сибири начинается с момента схода снегового покрова в лесу (первая – вторая декада апреля). Конец лесопожарного периода при наличии установившейся дождливой осенней погоды или образовании снежного покрова приходится на вторую – третью декаду октября (начало ноября). В практике следует учитывать, что погодные условия в течение года имеют отклонения от средних климатических данных, причем эти отклонения бывают довольно значительными.

На территории Сибирского региона в основном произрастают леса, степень пожарной опасности которых является высокой: сосновые, кедровые и лиственничные, а также заросли кедрового стланика. Большая разреженность полога, характерная для таких насаждений, способствует быстрому высыханию подстилающей поверхности.

Существенной проблемой, повышающей природную пожарную опасность в регионе, являются большие площади не облесившихся вырубок, увеличивающиеся с каждым годом [4, 5], и палы на сельхозземлях и в дачных массивах [3, 6]. Около половины лесных пожаров в Сибири возникает именно на этих территориях и переходит на окружающие древостои.

Основной причиной возникновения лесных пожаров является нарушение людьми правил пожарной безопасности. По вине человека происходит около 87 % всех возгораний (по данным МЧС <http://www.mchs.gov.ru>).

Выводы:

Анализ горимости по Сибири в 2007 – 2008 гг. показывает, что в регионе нет ни одного субъекта, который не испытал бы на себе ущерба от природных пожаров. В наибольшей степени от пожаров за последние несколько лет пострадали сибирские леса в Алтайском, Красноярском и Забайкальском краях, Иркутской и Томской областях, а также в Республиках Бурятия и Тыва.

Актуальность проблемы природных пожаров для России в ближайшие годы будет только возрастать, так как, по расчетам специалистов, глобальное потепление климата приведет к усложнению пожароопасной обстановки [3, 7]. Эффективно противостоять данной угрозе можно только при наличии четкой, хорошо управляемой структуры, которая обеспечит мониторинг и тушение пожаров в открытой среде на самых начальных стадиях их развития и будет оснащена самой современной техникой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амельчугов С.П., Андреев Ю.А., Брюханов А.В., Воробьев А.О. Защита населения от природных пожаров // Юбилейный сборник трудов ФГУ ВНИИПО МЧС России. Под общ. ред. Н.П. Копылова. М.: ВНИИПО, 2007. С. 191-203.
2. Валендик Э.Н., Бычков В.А., Кисляхов Е.К., Верховец С.В. Лесные пожары в припоселковых борах // Лесное хозяйство, 2002, 1. С. 46-48.
3. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Лесные пожары на территории России: состояние и проблемы. Под общ. ред. Ю.Л. Воробьева. МЧС России. М.: ДЭКС-пресс, 2004. 312 с.
4. Валендик Э.Н., Векишин В.Н., Верховец С.В., Забелин А.И., Иванова Г.А., Кисляхов Е.К. Управляемый огонь на вырубках в темнохвойных лесах. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. 209 с.
5. Валендик Э.Н., Векишин В.Н., Иванова Г.А., Кисляхов Е.К., Первозникова В.Д., Брюханов А.В., Бычков В.А., Верховец С.В. Контролируемые выжигания на вырубках в горных лесах. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 172

- с.
6. Фуряев В.В., Заблоцкий В.И., Черных В.А. Пожароустойчивость сосновых лесов. Новосибирск: Наука, 2005. 160 с.
 7. Goldammer J.A., Sukhinin A.I., Chiszar I.D. The Present Wildfire Situation in Russian Federation // Fire Management on the Ecoregional Level. Chapter 2. Moscow: World Bank. Alex, 2004. P. 26–66.

УДК 630*561.24:582.47

КЛИМАТИЧЕСКАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА И ИЗМЕНЧИВОСТИ $\Delta^{13}\text{C}$ В ГОДИЧНЫХ КОЛЬЦАХ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.)

М.В. БРЮХАНОВА¹, Е.А. ВАГАНОВ²

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

²Сибирский федеральный университет, Красноярск

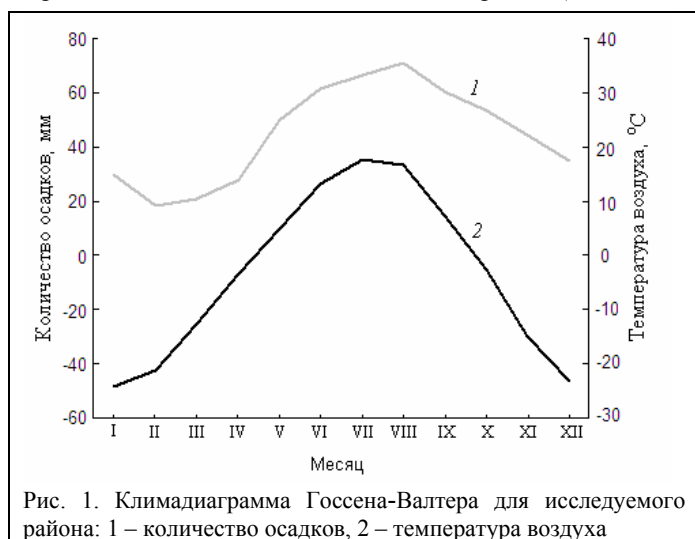
АННОТАЦИЯ

Приведены результаты дендроклиматического исследования годичных колец сосны обыкновенной, произрастающей в подзоне средней тайги Центральной Сибири. Измерение соотношения изотопов углерода внутри годичных колец с высоким пространственным разрешением существенно дополняет измерения традиционного в дендроклиматологии параметра ширины годичных колец для выявления факторов среды, определяющих рост в данных условиях произрастания.

Характеристики радиального прироста широко используются как индикаторы изменения климата [3, 5, 6, 8]. При этом исследование изотопного состава годичных колец существенно расширяет возможности дендроклиматического анализа, поскольку соотношение изотопов углерода в древесине отражает изменчивость климатических условий роста древесных растений с высоким временным разрешением (сезон) [10, 12, 13]. В данной работе мы сосредоточили внимание на климатической обусловленности изменчивости радиального прироста и $\delta^{13}\text{C}$ в годичных кольцах сосны обыкновенной, произрастающей в условиях средней тайги Центральной Сибири. Представляло интерес рассмотреть, какие климатические факторы и в какой степени оказывают значимое влияние на радиальный прирост деревьев, а также провести сравнительный анализ связи внутригодовых изменений изотопного состава с разными погодными условиями отдельных лет роста.

Исследования проводились в подзоне средней тайги Центральной Сибири в среднем течении р. Енисей (пос. Зотино Туруханского района Красноярского края, 60°75' с.ш., 89°38' в.д.). На территории к западу от Енисея преобладают сосновые леса (*Pinus sylvestris* L.). Они покрывают 67 % территории и имеют средний возраст более 200 лет (плотность 470 шт. га⁻¹) (<http://www.bgc-jena.mpg.de/bgc-systems/projects/web-TCOS/index.html>, 05.03.2009). В лесной подстилке доминирует лишайник. 19 % территории занимают березовые леса (*Betula pubescens* E.), 13 % – заболоченные территории и небольшие озера и 1 % – темнохвойные леса (по берегам рек).

В соответствии с данными метеорологической станций Бор (61°45' с.ш., 91°13' в.д.) среднегодовая температура за период с 1936 по 1996 составила -3,7°C, общее количество осадков за год – 540 мм год⁻¹. Продолжительность вегетационного периода (количество дней со среднесуточной температурой выше



5°C) – 147 дней, средняя температура этого периода – 11,5°C [16]. На диаграмме Госсена-Вальтера показаны сезонный ход температуры и распределение осадков для района исследования, который не выявляет интервалов с выраженным дефицитом увлажнения (рис. 1).

Исследовались образцы древесины сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) с 15 деревьев. Образцы были взяты из стволов приростным буром на высоте 1,3 м. Измерения ширины годичных колец и перекрестная датировка индивидуальных серий проведены в соответствии с общепринятой методикой [3, 14]. Статистическая проверка качества датировки выполнена при помощи специализированной программы COFECHA

[9, 11]. Поскольку у деревьев выражен так называемый «возрастной» тренд, была проведена процедура стандартизации, когда измеренное значение ширины кольца делилось на значение аппроксимирующей кривой (отрицательной экспоненты или линейной функции) в данный год.

Для количественной характеристики годичных колебаний прироста были рассчитаны коэффициент чувствительности, который дает оценку относительных различий в изменчивости соседних колец, и коэффициент вариации, равный среднеквадратичному отклонению, отнесенному к среднему значению величины, и характеризующий величину погодичной изменчивости прироста. Чем выше эти статистические параметры при высоких значениях межсерийного коэффициента корреляции, тем более сильный климатический сигнал содержится в изменчивости ширины колец.

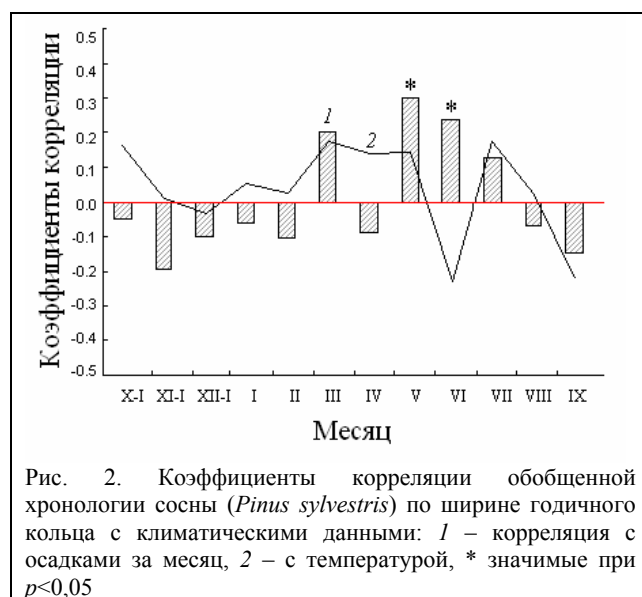
Основные статистические характеристики хронологий по ширине годичных колец приведены в табл. 1.

Таблица 1. Статистические параметры хронологии по ширине годичных колец у исследуемого вида

Вид	Число образцов	Длительность хронологии, лет	Среднее значение ширины годичного кольца, мм	Межсерийный коэффициент корреляции	Коэффициент вариации	Коэффициент чувствительности	Процент объясненной дисперсии главной компонентой
<i>Pinus sylvestris</i>	47	362	0,83	0,58	0,36	0,15	44,8

Величина автокорреляции 1-го порядка свидетельствует, что прирост текущего года на 21 % зависит от прироста предшествующего года (коэффициент корреляции 0,46).

Расчет коэффициентов корреляции остаточных хронологий со среднемесячными климатическими переменными показал, что на погодичную вариабельность радиального прироста влияют, главным образом, осадки мая и июня ($R = 0,30$ и $0,24$ соответственно), в то время как повышение температуры в июне подавляет радиальный прирост сосны (рис. 2).



Эти основные значимые факторы объясняют только 16 % погодичной изменчивости радиального прироста сосны ($R = 0,40$; $F = 3,67$; $p < 0,05$).

Сосна занимает на исследуемой территории наиболее сухие места произрастания, для которых характерны песчаные почвы с глубокими слоями плотных глин [4, 7]. Вследствие хорошей проницаемости песчаного слоя зимние осадки достаточно быстро уходят в более глубокие горизонты, и значимость майских осадков, т.е. приход влаги перед самым началом сезона, увеличивает влагосодержание и способствует быстрому росту в первую половину сезона [17]. Сосна в данных условиях формирует до 60-65 % годичного прироста в течение июня [1, 2, 17]. По той же причине высокая температура в июне подавляет прирост, особенно в сезоны с недостаточным влагосодержанием на начало

сезона. Небольшая относительно других видов величина объясненной дисперсии климатическими факторами позволяет предположить, что в погодичной изменчивости радиального прироста сосны содержится наиболее смешанный в отношении других видов данной территории климатический сигнал. Это отмечалось и ранее в работах по дендроклиматическому анализу хронологий сосны в данном районе с учетом важности таких комплексных характеристик, связанных с текущей метеорологической обстановкой, как уровень грунтовых вод, интенсивность транспирации и др. [1, 17].

Анализ $\delta^{13}\text{C}$ проводился в Институте биогеохимии Макса Планка (Йена, Германия) с помощью метода сканирования годичных колец, с использованием лазерной абляции и масс-спектрометрии [15]. Для 10 образцов были измерены профили соотношения изотопов углерода в последних годичных кольцах (1985 – 2004 гг.). Результаты анализа данных по соотношению изотопов углерода в годичных кольцах сосны показали значимую корреляцию между величиной радиального прироста (мм) и погодичной изменчивостью $\delta^{13}\text{C}$. Сезонные изменения $\delta^{13}\text{C}$ находятся в диапазоне от -22,6 % до -27,9 %,

достигая минимальных величин в начале сезона роста (в зоне ранней древесины), и имеют существенные различия в разные по климатическим условиям годы.

Полученные в работе результаты свидетельствуют, что разные характеристики годичных колец откликаются на разные климатические факторы и суммарно дополняют друг друга при анализе особенностей сезона роста. Радиальный прирост во многом определяется стартовыми условиями и условиями в первую половину сезона, тогда как внутригодичные изменения соотношения изотопов углерода отражают сезонную динамику увлажнения. Объединение данных по сезонной динамике радиального прироста, структуре годичных колец и их изотопному составу открывает новые возможности для более точного экспериментального исследования сезонных циклов аккумуляции углерода древесными растениями.

Работа выполнена при финансовой поддержке АБЦП 2.1.1/6131 и РФФИ (проект №08-04-00296).

ЛИТЕРАТУРА

1. Арбатская М.К., Ваганов Е.А. Многолетняя изменчивость частоты пожаров и прироста сосны в средней подзоне тайги Средней Сибири // Экология, 1997, 28 (5). С. 330-336.
2. Ваганов Е.А., Шашкин А.В. Рост и структура годичных колец хвойных. Новосибирск: Наука, 2000. 232 с.
3. Ваганов Е.А., Шиятов С.Г., Мазепин В.С. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике. Новосибирск: Наука, 1996. 246 с.
4. Классификация почв России. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева РАСХН, 2000. 236 с.
5. Магда В.Н., Зеленова А.В. Радиальный прирост сосны как индикатор атмосферного увлажнения в Минусинской котловине // Изв. русского географ. об-ва, 2002, т. 134, вып. 1. С. 73-79.
6. Мазепин В.С. Погодичная реконструкция средней летней температуры воздуха на севере Западной Сибири с 1690 года на основе данных о радиальном приросте деревьев // Сиб. экол. журн., 1999, 2. С. 175-183.
7. Трефилова О.В. Органическое вещество почв сосняков Приенисейской Сибири // Вестник КрасГАУ, 2006, 12. С. 95-105.
8. Хантемиров Р.М. Летняя древесно-кольцевая хронология для Ямала и ее использование для реконструкции климата прошлого на севере Западной Сибири // Пробл. экол. мониторинга и моделир. экосистем, 2000, 17. С. 287-301.
9. Cook E.R., Peters K. The smoothing spline: A new approach to standardizing forest interior tree-ring width series for dendroclimatic studies // Tree-Ring Bulletin. 1981, 41: 45-53.
10. Helle G., Schleser G.H. Beyond CO₂-fixation by Rubisco – an interpretation of ¹³C/¹²C variations in tree rings from novel intra-seasonal studies on broad-leaf trees // Plant Cell Env. 2004, 27: 367-380.
11. Holmes R.L. Program COFECHA: Version 3 // The University of Arizona. Tucson, 1992 (электронная версия).
12. Kagawa A., Sugimoto A., Maximov T.C. Seasonal course of translocation, storage and remobilization of ¹³CO₂ pulse-labelling photoassimilate in naturally growing Larix gmelini saplings // New Phytologist, 2006, 171: 793-804.
13. Leavitt S.W. Environmental information from ¹³C/¹²C ratios of wood // Geophys. Monographs, 1993, 78: 325-331.
14. Rinn F. Tsap V 3.6 Reference manual: computer program for tree-ring analysis and presentation. Germany, Heidelberg, 1996. 263 p.
15. Schulze B., Wirth C., Linke P., Brand W.A., Kuhlmann I., Horna de Zimmermann V., Schulze E.-D. Laser-Ablation-Combustion-GC-IRMS – A new method for online analysis of intra-annual variation of δ¹³C in tree ring // Tree Physiol., 2004, 24: 1193-1201.
16. Wirth C., Schulze E.-D., Luhker B., Grigoriev S., Siry M., Hards G., Ziegler W., Backor M., Bauer G., Vygodskaya N.N. Fire and site type effects on the long-term carbon and nitrogen balance in pristine Siberian Scots pine forests // Plant and Soil, 2002, 242: 41-63.
17. Vaganov E.A., Hughes M.K., Shashkin A.V. Growth Dynamics of Conifer Tree Rings: Images of Past and Future Environments. Springer, Ecol. Studies ser., 183, 2006, 354 pp.

УДК 630*23

ЛЕСООБРАЗОВАНИЕ В СИСТЕМЕ ДИНАМИКИ ЛЕСНЫХ БИОГЕОЦЕНОЗОВ

А.И. БУЗЫКИН, Т.М. ОВЧИННИКОВА, Л.С. ПШЕНИЧНИКОВА, В.Г. СУХОВОЛЬСКИЙ

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Рассмотрено понятие лесообразования (лесообразовательный процесс) в лесоведении. В подзоне южной тайги Средней Сибири на примере разнотравной серии типов леса показана динамика возрастных состояний по запасу древесины ценозов из 5 пород лесообразователей за 260 лет их совместного произрастания.

Словосочетание «лесообразовательный процесс» в публикациях по лесоведению и лесной типологии часто употребляется в разных по смыслу и объему значениях применительно к объекту исследований. Отечественному лесоведению целесообразно использовать однозначную по содержанию и

адекватно переводимую на другие языки терминологию. Неаккуратное использование изначального смысла слов и терминов и их символов снижает уровень многих интересных лесоведческих работ. При переводе русской версии работ на другой язык приходится терминологически упрощать, усиливать и конкретизировать смысл, т.е. существенно перерабатывать их, а по сути, делать другую работу. В качестве синонимов лесообразовательного процесса используются лесообразование, лесовосстановление, лесовозобновление, сукцессия, ряд преобразования растительных сообществ, формирование леса, сумма вариантов лесовосстановительных смен, сложение различных сукцессий после какого-либо разрушительного воздействия, генетический ряд ассоциаций и др. Это одна из ряда причин того, что отечественное лесоведение самой лесной страны становится все менее известным в мире.

Термин «лесообразование» очень часто встречается в работах Г.Ф. Морозова, особенно в сводном труде «Учение о лесе» [7, 8]. Г.Ф. Морозов факторы лесообразования использовал в учебных целях для глубокого понимания сущности сложного и многогранного явления «лес». Определение такого явления, как лес, и разработку своего «Учения о лесе» он основывал на концепции взаимодействия лесообразователей: «... все факторы лесообразования ... мы можем обнять ... в следующие шесть групп: 1) внутренние жизненные лесоводственные или экологические свойства древесных пород, 2) географическая среда, грунт, рельеф и почва, 3) само лесное сообщество или совокупность социальных явлений, которые раз появились или создались и влияют уже дальше как факторы лесообразования, 4) животный мир, 5) вмешательство человека и, наконец, 6) историко-географические причины» [7, с. 360]. Структура «Учения о лесе» основывается на анализе и оценке роли каждого фактора лесообразования, поэтому наиболее адекватный основной труд Морозова можно было бы назвать «Учением о лесообразовании». Морозов подчеркивал, что для изучения и понимания такого сложного явления, как лес, наиболее целесообразно вначале обратиться к изучению материала, из которого образуется лес, т.е. к лесообразователям, иначе неясны были бы термин «лесообразователь» и само понятие о лесе.

Б.П. Колесников [5] по аналогии с концепцией В.Р. Вильямса о почвообразовательном процессе сделал попытку развернуть факторы лесообразования Г.Ф. Морозова в разновременную и системно не совсем определенную и противоречивую концепцию лесообразовательного процесса со сменами пород и поколений древесных ценозов, периодами, этапами, стадиями, фазами и циклами.

Единый лесообразовательный процесс Колесникова как связь смен пород разных порядков представляет собой, в сущности, достаточно хорошо известные в лесоведении и фитоценологии сукцессии. К этой сукцессионной системе следует относить и понятие генетического ряда группировок растительности, которое было использовано Колесниковым при изучении возрастного развития и вековых смен чозеневых лесов, а также в разработке им и его последователями генетической классификации типов леса. Смены ценозов лесообразующих пород и их поколений, вариабельность этих процессов вследствие многообразия конкретных (реальных) ситуаций и условий и их сочетаний при формировании древесных ценозов и лесных фитоценозов в целом представляют собой сукцессии и являются объектами исследований в лесоведении, фитоценологии, биогеоценологии и экологии. Ввиду сложности сукцессионной проблематики её понятийное и содержательное состояние находится в развитии. Об этом свидетельствуют известные схемы дифференциации и классификации сукцессий.

Динамика лесных фитоценозов в основе своей сукцессионна. По факторам, причинам и последствиям сукцессии очень разнообразны, поэтому лесной покров значительных территорий представлен многообразием сопряженных сукцессионных и возрастных состояний лесных ценозов. Сукцессии по разным классификационным основаниям дифференцированы различными исследователями на типы, подтипы, варианты и сценарии. Несмотря на то, что раздел о сукцессиях в фитоценологии и экологии относится к достаточно продвинутому и разработанному, адекватной и иерархически сопряженной их классификации пока нет. Ниже представлен пример возможных оснований группировки сукцессий по результатам многих исследований [1, 6, 10, 11 и др.]. Этот пример не рассматривает дифференциацию и иерархичность сукцессий и не является их классификацией. Сложность сукцессий обусловлена разной биологией и экологией участвующих в них видов и продолжительностью жизни их особей, взаимодействующих друг с другом и средой обитания. Задача несколько упрощается тем, что основу динамики биоты лесных систем и сукцессионных сценариев составляют виды-эдификаторы и субэдификаторы и полнота освоения ими ресурсов среды.

Основания группировки сукцессий ценозов	Сценарии сукцессий
Факторы воздействия	Природные, антропогенные, комплексные
Фитоценогенез	Первичные, вторичные
Уровни вероятности	детерминированные, стохастические
Обратимость	Обратимые, необратимые
Сукцессионное время:	
отдельных стадий и фаз	Длительное, среднее, короткое
общее для ряда до климакса	то же

Скорость сукцессий:

отдельных стадий и фаз

общее для сукцессионного ряда

И др.

медленная, средняя, быстрая

то же

А.И. Уткин считал, что с экологических позиций замена сущности и механизмов динамических процессов, получивших хорошую проработку в экологии, неопределенным понятием лесообразовательного процесса вряд ли корректна [13]. Мы полагаем, что за лесообразованием можно оставить современную проблематику превращения «не леса» в «лес», после которого лесные фитоценозы переходят в состояние лесорастительного процесса с продукционно-деструктивными ветвями биокруговорота и сукцессиями пород-лесообразователей и их поколений и развитием ценозов к состоянию климакса или субклимакса. В этом смысле лесообразование вместе с лесорастительным процессом является синонимом современных учений о лесе (лесоведения) и лесной экологии. Словосочетание «лесообразовательный процесс» по результатам многих исследований имеет чрезмерно широкое и размытое содержание как процесс формирования, развития, разрушения, смены пород и поколений в целом и сукцессий лесных биогеоценозов под воздействием абиотических, биотических и антропогенных факторов [12].

В эволюционном отношении лесообразование, вероятно, можно рассматривать также как происхождение видов-лесообразователей и форму их существования при становлении лесного типа растительности.

Прямые наблюдения длительных сукцессий («на больших временах») практически нереальны, поэтому исследователям приходится формировать сукцессионные ряды из различных возрастных состояний древесных ценозов и в целом лесных фитоценозов. Такой сериальный ряд в пределах разнотравной группы типов леса в подзоне южной тайги составлен на массовых таксационных данных лесоустройства Большемурутинского лесхоза (Таловского лесничества), для которого Институтом леса СО РАН составлена схема лесотипологической дифференциации лесного покрова [9]. На рис. представлен фрагмент обработки ГИС-технологией 1250 выделов, характеризующий динамику запасов

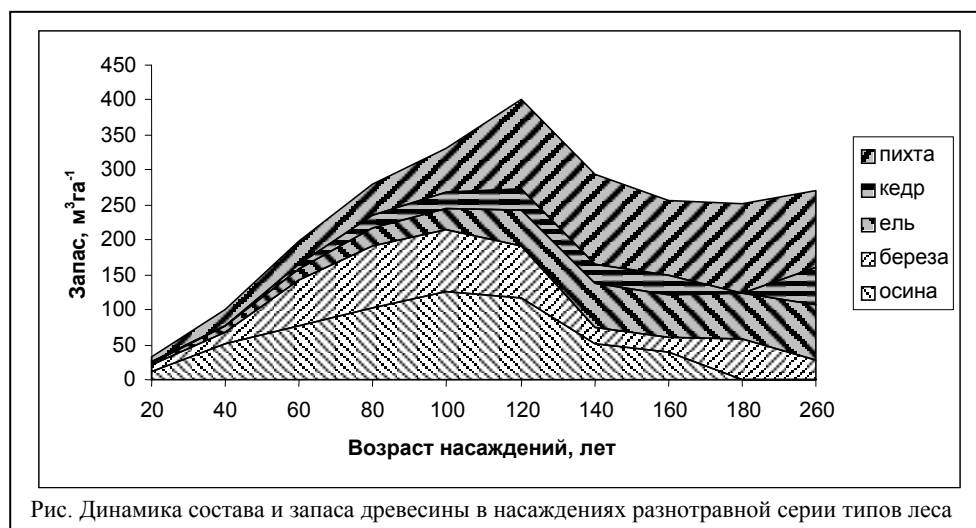


Рис. Динамика состава и запаса древесины в насаждениях разнотравной серии типов леса

древесины в интервале 20-260 сукцессионных лет.

Запас древесины модальных полидоминантных одновозрастных насаждений к 120 годам достигает максимального значения, которое к 150 годам уменьшается почти в 1,5 раза и держится на этом уровне в течение 110 лет. Переход

насаждений с траектории повышения запаса, а затем его снижения на более низкий уровень обусловлен двумя причинами: 1) резким снижением в связи с возрастом участия в составе более продуктивной лиственной части насаждений; 2) превращением одновозрастных ценозов в разновозрастные, в которых наличный запас древесины обычно всегда ниже максимального запаса одновозрастных насаждений в адекватном возрасте. Осина окончательно вытесняется из состава ценозов по достижении предельного возраста к 180 годам и вследствие блокирования смены её поколений другими породами-конкурентами; на долю березы к 160 годам приходится 1/10 часть запаса. Древесные ценозы с господством лиственных с молодого и до 130-летнего возраста за сукцессионный период в 260 лет приобретают существенно субклимаксовый (климаксовый) облик с преобладанием в составе насаждений коренных лесообразователей темнохвойных лесов – пихты, ели и кедра.

Общая динамика лесов, включая смену древесных пород и поколений их ценозов, является сложным и многогранным процессом с разными характерными временами. Массовые данные таксации насаждений при лесоустройстве целесообразно использовать для табулирования таблиц хода роста модальных одновозрастных насаждений по динамическим сукцессионным рядам на лесотипологической

основе [4, 9]. Достоверность и соответствие этих таблиц реальным процессам определяются лесотипологической основой составления динамических (сукцессионных) рядов лесообразования (формирования), роста и развития лесных насаждений.

Наиболее сложной задачей является оценка динамики разновозрастных ценозов, которая возможна после установления их внутриценозной структуры и взаимодействия пород и поколений в элементарных структурах древесных ценозов. Разновозрастные ценозы формируются изначально при растянутом во времени заселении территории либо эндогенным развитием одновозрастных ценозов и смены поколений в них и преобразованием последних в разновозрастные. Для анализа динамики разновозрастных ценозов целесообразно воспользоваться элементарной структурной единицей – ценозом, который характеризуется единством фазы смены поколений и занимаемой площади. Эта единица содержит ключ к оценке микро- и макродинамики разновозрастных лесов. Характер взаимодействия между древесными растениями разных возрастов приводит к пространственно-временной дискретности совокупностей древесных растений в ценозах абсолютно разновозрастного леса. В них наиболее ярко проявляются такие свойства поколений, как пространственная преемственность и разграниченность во времени. Первое означает положительную пространственную сопряженность древесных растений поколений на определенной стадии их смены в каждом ценозе. Второе проявляется в возрастном интервале между поколениями, его средняя величина для данного ценоза может быть оценена как разница между древесными растениями по возрасту, при которой наблюдается наименьшая положительная пространственная сопряженность между поколениями. Решение задачи оценки динамики разновозрастных ценозов нуждается в глубокой методической проработке, корректном сборе обширной натурной информации и привлечении ГИС-технологии её обработки с участием специалиста по математической экологии [2, 3]. Вероятный успех решения названной задачи возможен при методологическом подходе к анализу структуры и динамики разновозрастных древесных ценозов, основанном на использовании радиальной функции распределения в исследованиях структуры древесных ценозов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Александрова В.Д.* Классификация растительности. Л.: Наука, 1969. 275 с.
2. *Бузыкин А.И., Гавриков В.Л., Секретенко О.П., Хлебопрос Р.Г.* Анализ структуры древесных ценозов. Новосибирск: Наука, 1985. 95 с.
3. *Бузыкин А.И., Гавриков В.Л., Секретенко О.П., Хлебопрос Р.Г.* Структура древесных ценозов // Структура и функционирование лесных биогеоценозов Сибири. Чтения памяти академика В.Н. Сукачева. V. М.: Наука, 1987. С. 64-91.
4. *Вацук Л.Н., Швиденко А.З.* Динамика лесных пространств в Иркутской области. Иркутск: ОАО «Иркутск. обл. типография № 1», 2006. 392 с.
5. *Колесников Б.П.* Кедровые леса Дальнего востока // Тр. Дальневосточного филиала АН СССР, серия биологическая. Т. II (YI). М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1956. 262 с.
6. *Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г.* Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. М.: Наука, 1989. 223 с.
7. *Морозов Г.Ф.* Учение о лесе. М.-Л.: Сельхозгиз, 1931. 438 с.
8. *Морозов Г.Ф.* Избранные труды. Т. 1, 2. М.: Изд-во «Лесн. пром-ть», 1970. 536 с. 1971. 559 с.
9. *Региональные проблемы экосистемного лесоводства.* Красноярск: Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2007. 330 с.
10. *Основы лесной биогеоценологии.* М.: Наука, 1964. 574 с.
11. *Сукачев В.Н.* Избранные труды. Л.: Наука. Т. 1, 1972. 418 с. Т. 3, 1975. 543 с.
12. *Теория лесообразовательного процесса.* Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1991. 186 с.
13. *Уткин А.И.* Лесообразовательный процесс с позиции экологии // Теория лесообразовательного процесса. Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1991. С. 161-162.

УДК 634.0.433

ПОСЛЕДСТВИЯ ПОЖАРОВ В ЛЕНТОЧНЫХ БОРАХ ЮГА СИБИРИ

Л.В. БУРЯК¹, О.П. КАЛЕНСКАЯ¹, А.И. СУХИНИН², Е.И. ПОНОМАРЁВ²

¹Сибирский государственный технологический университет, Красноярск

²Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

В работе обсуждаются условия возникновения и развития пожаров, а также оценка горимости ленточных сосновых боров юга Сибири — Цасучейского, Балгазынских, Минусинских и Шушенских. Проведена оценка последствий воздействия пожаров на насаждения, в том числе на состояние древостоев и процессы лесовозобновления. Показано,

что сокращение площадей ленточных боров юга Сибири в результате воздействия верховых пожаров ведёт к остепнению данных территорий.

Как показывает многолетний мониторинг, высокие показатели частоты пожаров и степени горимости боров юга Сибири зависят от ряда факторов. К таким следует относить рост антропогенного влияния, степень нарушенности лесных территорий, климатические особенности, определяющие, в том числе, характерные лесорастительные условия. По оценкам отечественных и зарубежных специалистов [3], прогнозируемое изменение климата будет сопровождаться увеличением количества пожаров, горимости лесов и продолжительности пожароопасных сезонов. Многократное воздействие пожаров на древостои, повторное прогорание нарушенных площадей в дальнейшем может привести к сокращению покрытых лесом и лесных земель [5, 6]. Такие изменения в наибольшей степени проявляются в борах, находящихся за пределами зонального ареала обитания сосны обыкновенной, вклинивающихся в зону сухих степей [2]. К таким территориям относятся южные степные и лесостепные ленточные бора, в их числе: Алтайские, Минусинские и Шушенские бора Красноярского края, Балгазынские бора Республики Тыва и Цасучейский бор, находящийся на юге Забайкальского края.

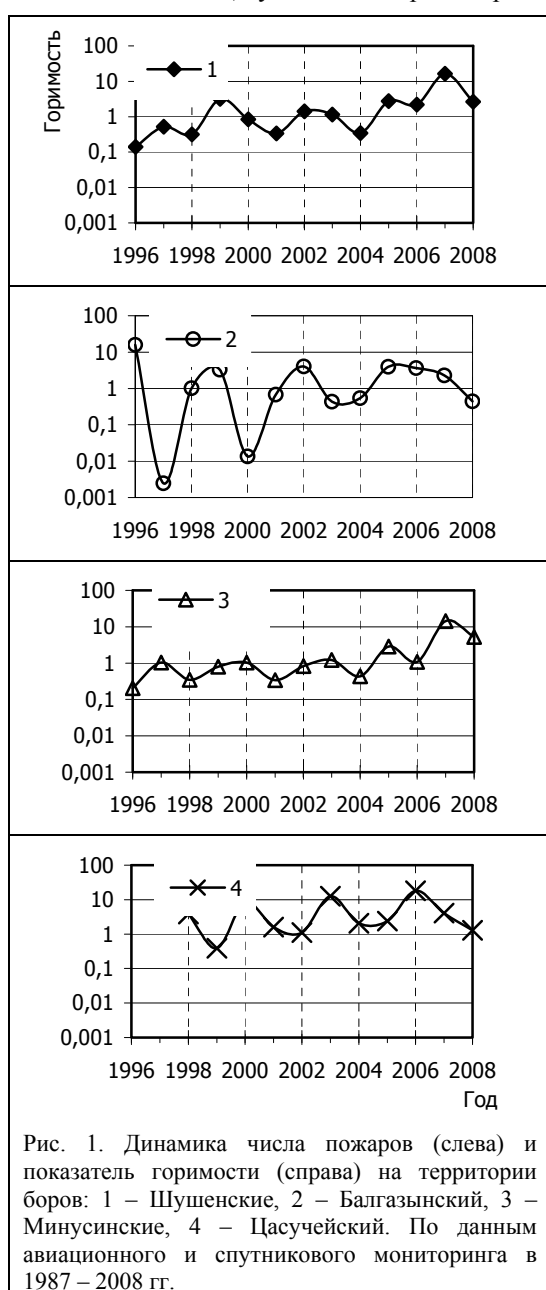
Нами был проведён анализ горимости территорий южных Минусинских, Шушенских, Балгазынских и Цасучейского боров. В работе использовались данные, собранные Красноярской базой

авиационной охраны лесов с 1987 по 2007 год и материалы спутниковых съёмок за период с 1996 по 2007 год. Территории исследований объединяют непосредственно площади боров, а также буферные зоны, включающие прилегающие к ним степные участки.

Анализ лесопожарной статистики на территориях степных боров (рис. 1) позволяет отметить периодичность процесса (с периодом 3 – 4 года), наглядно проявляющуюся на графиках числа возникающих пожаров и горимости. Для всех рассмотренных участков характерны критически высокие показатели горимости: 1,6 % для Балгазынского бора, 2,2 % – для Минусинских боров, 5,0 % – для Цасучейского бора. Только на территории Шушенских боров среднее значение показателя горимости превышает 1 %.

С лесопожарной точки зрения ситуация в Минусинских и Шушенских борах до 2007 года была более стабильной. Частота пожаров за последние 11 лет характеризовалась как повышенная в Минусинских борах, в среднем $3,9 \pm 0,9$ шт./100 тыс. га, и в Шушенском — $6,3 \pm 1,0$ шт./100 тыс. га. При этом в среднем за год пожары распространялись на территории порядка 1 % от общей площади боров. Такой показатель, однако, характеризовал степень горимости по шкале Г.А. Мокеева как чрезвычайную [1, 4]. Катастрофическая ситуация сложилась в Минусинских борах в мае 2007 года. В результате верховых пожаров огнём было пройдено около 8,5 тыс. га, что составило более 10 % от общей площади Минусинских боров. Повреждение древостоев на отдельных участках (например, Инской ленте Минусинских боров) доходило до 75 % от их общей площади. Всего, по данным КГУ Красноярской авиационной охраны лесов, в 2007 году в Минусинском лесничестве в результате чрезвычайной лесопожарной ситуации возник 91 пожар, пройденная площадь составила более 8800 га, то есть около 14 % от общей площади боров, частота пожаров в этот год достигала 60 шт./100 тыс. га.

В сложившихся условиях можно поставить под сомнение само существование рассматриваемых сосновых боров, в первую очередь — более южных Цасучейского и Балгазынского. В связи с этим особую актуальность приобретает изучение последствий



Цасучейского и Балгазынского. В связи с этим особую актуальность приобретает изучение последствий

воздействия пожаров на степные боры, произрастающие в экстремальных лесорастительных условиях существования лесов.

В 2000 – 2007 гг. нами были проведены полевые исследования по оценке влияния пожаров на насаждения Шушенских, Минусинских, Балгазынского и Цасучейского боров. В Шушенских и Минусинских борах было заложено 40 пробных площадей. В Цасучейском и Балгазынском борах были проведены маршрутные исследования и заложено 15 пробных площадей, в основном на участках гарей после воздействия верховых пожаров.

В результате исследований были получены сведения о влиянии пожаров на сосновые насаждения и последующие процессы лесовосстановления. Следует отметить, что в Шушенских и Минусинских борах в насаждениях чаще распространяются низовые пожары, а на насаждения, пройденные верховыми пожарами, приходится не более 10 %. В Цасучейском и Балгазынском борах большая часть сосняков пройдена верховыми пожарами.

Развитие корневых гнилей у деревьев приводит к их вывалу. Процессы лесовозобновления затруднены из-за перегрева почвы, ветровой эрозии, отсутствия обсеменения и, на отдельных участках, из-за задернения почвы злаками, чаще вейником. На таких территориях видовой состав травяной растительности в основном представлен степными, а не лесными видами. На более увлажнённых почвах лесовозобновление после пожаров происходит за счёт осины вегетативного происхождения, иногда с примесью березы (до 6,25 тыс. экз./га). Это характерно для насаждений, где в допожарном составе древостоев присутствовала молодая, средневозрастная, припевающая и спелая осина, не потерявшая способности возобновляться корневыми отпрысками. Под защитой подроста осины селится сосновый подрост (1 тыс. экз./га), характеризующийся лучшими жизненными характеристиками по сравнению с подростом, поселившимся на открытом месте. Молодняки осины за счёт притенения и угнетения травяной растительности создают микроклимат, позволяющий поселиться и окрепнуть подросту сосны. Сосна в дальнейшем выходит в основной полог, при этом осина к двадцати годам теряет жизнеспособность и к возрасту спелости практически полностью погибает. В составе взрослых насаждений доля осины, как правило, не превышает единицы.

По аналогии с Цасучейским бором в Балгазынском бору большинство площадей пройдено верховыми пожарами. Причины перехода пожаров в верховые те же — опущенная практически до напочвенного покрова крона деревьев, повторяющиеся длительные периоды засухи, преобладание сильных ветров. После верховых пожаров наблюдается полная гибель древостоев. На значительной доле площадей гарей возобновление отсутствует, наблюдаются процессы остепнения лесных земель. На более увлажнённых участках в пониженных элементах рельефа возобновление протекает со сменой сосны на березу и осину, что создает притенение, уменьшает эрозию и задернение почвы и в целом создает возможность для поселения сосны.

Основная часть исследований по влиянию низовых пожаров на ленточные боры юга Красноярского края проводилась в менее изученных Шушенских борах в преобладающих высокополнотных 60 – 80 летних сосняках I – II классов бонитета. Исследования показали, что низовые беглые пожары не наносят значительного вреда этим древостоям (таблица 1).

Таблица 1. Влияние низовых пожаров на отпад в сосновых насаждениях Шушенских боров

Сила пожара	Отпад, %	
	по запасу	по количеству деревьев
Беглый пожар		
От слабого до среднего	6,5±0,37	39,7±4,12
От среднего до сильного	7,4±0,54	54,2±4,27
Сильный	65±1,64	77,8±1,09
Устойчивый пожар		
От слабого до среднего	21,0±1,90	39,9±3,84
От среднего до сильного	48,0±3,80	61,5±5,79
Сильный	74,0±5,96	80,7±7,31

Послепожарный отпад после наиболее характерных беглых низовых пожаров умеренной силы не превышает 10 % от запаса. Однако воздействие сильных беглых и устойчивых пожаров выше слабой силы приводит к отпаду от 50 до 100 % от запаса древостоев. При этом сильные беглые низовые пожары в большей степени определяют усыхание крон, в то время как воздействие устойчивых пожаров приводит к прогоранию корневых лап и омертвлению луба. В случае развития верховых пожаров древостои гибнут полностью.

Наблюдается также заселение ослабленных огнём и близстоящих деревьев стволовыми вредителями, за счет чего степень повреждения древостоев возрастает. Кроме того, в степных борах имеется большое количество очагов корневой губки, что также приводит к усыханию деревьев. Вследствие этих процессов древостои разреживаются, и их пожарная опасность увеличивается.

Процессы лесовозобновления в Шушенских борах протекают без смены пород, как правило, успешно. Количество поселившегося после воздействия низовых пожаров соснового подроста зачастую превышает 300 тыс. экз./га (таблица 2). Однако если подрост находится под пологом высокополнотного насаждения, то к пяти – семи годам в результате конкуренции с материнским древостоем, из-за недостатка освещённости, питания и влаги большая его часть становится нежизнеспособной. Благонадёжный подрост сохраняется лишь в «окнах» полога древостоя.

Таблица 2. Характеристика возобновления в Шушенских борах

Категория участка	Характеристика подроста				
	Состав	Размещение подроста, в т.ч. благонадёжного	Количество подроста, тыс. экз./га	% благонадёжности	
				2002 год	2006 год
Длительно не горевшие насаждения	10Сед.Б	<u>неравномерное</u> неравномерное	66,8 ± 6,35	16	13
Насаждения, пройденные пожарами в 1999 г.	10С+Б	<u>равномерное</u> групповое	419,3±48,67	73	16
Вырубка по гари 1999 г.	10Сед.Б	<u>групповое</u> групповое	301,9± 7,42	94	50
Гарь 1998 г.	9Б1Ос	<u>неравномерное</u> неравномерное	2,5 ± 0,43	95	83

Исследование процессов лесовозобновления показало, что в западной части Инской ленты Минусинских боров, где наблюдается преобладание сухих песчаных почв, гари заросли мелколистным канадским. По нашим оценкам, летом 2008 года количество поселившихся на этих гарях всходов составляло от 2 до 10 тыс. экз./га. Наблюдается приуроченность подроста к пониженным наиболее увлажнённым элементам рельефа. Следует отметить, что в этой части ленты обследовались еще не вырубленные гари, где высокая полнота даже погибших древостоев ограничивает разрастание трав и способствует поселению всходов. В более богатых и увлажнённых условиях в восточной части ленты находятся гари, чаще вырубленные, а также заросли по вейниковому типу, и возобновление отсутствует. На старых гарях в Минусинских борах наблюдается затруднение процессов лесовосстановления. Количество подроста чаще всего недостаточное, и значительная его часть представлена нежизнеспособными экземплярами. Благонадёжного подроста, как правило, не более 6 тыс. экз./га. На крупных гарях естественное восстановление практически отсутствует вследствие иссушения почвы, отсутствия притенения и разрастания травяной растительности (чаще — вейников). На более увлажнённых участках по пониженным элементам рельефа возобновление происходит со сменой сосны на мелколистный. Развитие процессов лесовосстановления по данному сценарию можно ожидать и после вырубки гарей 2007 года.

В целом можно сказать, что на современном этапе в ленточных борах юга Красноярского края за счет выживания групп и куртин подроста в окнах полога идёт формирование группово-разновозрастных древостоев. Кроме того, в результате разреживания древостоев вследствие воздействия пожаров, очагов корневой губки, повторных очагов энтомофитов увеличивается степень нарушенности южных боров и возрастает природная пожарная опасность. В совокупности с потеплением климата это может привести к преобладанию в южных сосновых борах верховых пожаров и нарастанию площадей гарей по аналогии с Алтайскими, Балгазынским и Цасучейским борами.

Работа выполнена при поддержке NASA NRA-99-OES-06 FIRE BEAR Project, GOF-C-GOLD, CRDF (грант REC 002), РФФИ (грант 00-05-72048).

ЛИТЕРАТУРА

1. Мокеев Г.А. Влияние природных и экономических условий на горимость лесов и охрану их от пожаров // Современные вопросы охраны лесов от пожаров. М.: Лесн. пром-ть, 1965. С. 26 – 37.
2. Правдин Л.Ф. Сосна обыкновенная. М.: Наука, 1964. 192 с.
3. Риклефс Р. Основы общей экологии. М.: Мир, 1979. 424 с.
4. Софронов М.А., Волокитина А.В. Пирологическое районирование в таежной зоне. Новосибирск: Наука, 1990. 204 с.
5. Фуряев В.В., Заблоцкий В.И. Проблема повышения пожароустойчивости ленточных боров Алтая // Антропогенное воздействие на лесные экосистемы: сб. ст. Барнаул, 2002. С. 76-79.
6. Чебакова Н.М. Возможная трансформация растительного покрова Сибири при различных сценариях изменения климата // Диссертация в виде научного доклада. Красноярск, 2006. 60 с.

ЛЕСООБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС В АЛТАЙСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

В.И. ВЛАСЕНКО

Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Мониторинговые исследования проводились в 2000 г. на территории Прителецкого округа Северного Алтая. За прошедшие 40 лет в составе древостоя и его возобновления в поясе светлехвойных травяных лесов в процессе естественных сингенетических смен на месте кустарниковых зарослей сформировался двухъярусный смешанный древостой. При верховых пожарах верхняя граница горно-таежных лесов замещается высокогорными ерниково-моховыми тундрами и рединами. В настоящее время происходит продвижение кедра вверх в тундры. Через 50 лет подтаежные леса трансформируются в черневую крупнотравную тайгу, а при более успешном возобновлении кедра по сравнению с пихтой произойдет смена пихтарников кедровниками.

Многолетние исследования позволяют объективно оценить закономерности структурной организации и динамического функционирования ценологических группировок растительности. Их инвентаризация, типизация, оценка жизненного состояния и картографирование являются базой для изучения сукцессий и организации целевого мониторинга коренных и условно-коренных биогеоценозов заповедных территорий. В заповедниках хранятся материалы инвентаризации лесов и результаты научных исследований разных лет. Повторные комплексные исследования коренных и условно-коренных лесных экосистем позволяют обосновать критерии устойчивости биогеоценозов к изменениям экологических условий в ходе естественного развития, под влиянием антропогенного воздействия и глобальных изменений климата.

Объект, материалы и методы исследования. Алтайский государственный природный заповедник организован в 1932 году. В настоящее время территория составляет 881 238 га, географические координаты: 50°21'-51°47'с.ш., 87°44'-88°46' в.д. [2, 3, 4]. Естественными границами заповедника служат хребты Абаканский (3021 м абс.) и Шапшальский (3507 м), долина реки Чулышман и Телецкое озеро. По средним многолетним замерам, урез воды Телецкого озера находится на высоте 434 м абс. [5]. По лесорастительному районированию [7] территория заповедника относится к Северной Алтае-Саянской горной лесорастительной провинции пихтовых и кедровых лесов (Прителецкий округ черневых и горно-таежных кедровых и пихтовых лесов) и Центральноалтайской котловинно-горной провинции лиственничных и темнохвойных лесов. В 1959 году сотрудники заповедника [2] заложили экологический Кыгинский профиль с серией постоянных пробных площадей. В 2000 году нами было сделано 28 геоботанических описаний этих площадей по методике В.Н.Сукачева и С.В. Зонна [7] и проведен пересчет их древостоя и подроста. Состояние лесов оценивалось по методике В.А. Алексеева [1]. Полученные материалы послужили основой для мониторинговых исследований динамики лесных сообществ и лесообразовательного процесса в Алтайском заповеднике.

Результаты и обсуждение. Базисный пояс образован *Подтаежными лесами* с разнотравными лугами, распространенными от уреза воды в озере (434 м абс.) до высоты 500-950 м по надпойменным террасам и южным экспозициям склонов (рис. 1, ключевые участки 1-7). Они представлены следующими ассоциациями: сосняком с осиной разнотравно-орляково-осочковым (*Pinus sylvestris* + *Populus tremula* – *Carex macroura* + *Pteridium aquilinum* + *herbosa*). В *древостое* подтайги (табл. 1) первый подъярус образует сосна с постоянной примесью лиственницы, пихты, кедр и березы. Вторым подъярус, как правило, образуют пихта и кедр. Эти леса испытывают постоянный антропогенный прессинг: выборочные рубки древостоя, выпас скота, сенокосение, низовые пожары. В результате древостой (4СЗК2Б1Л), как правило, смешанный, разновозрастный, ослабленный. С усилением антропогенной нагрузки смешанные подтаежные разнотравно-папоротниковые леса с подростом из кедр и пихты (описание 1959 года) замещаются лугами. Возобновление древостоя в коренных и производных лесах этого пояса – из пихты и кедр. На террасе Телецкого озера в 1959 году было зарегистрировано около 2000 шт./га подрост из кедр и пихты (5К5П), а в 2000 году возобновления древостоя не обнаружено. В 2000 году самое большое количество подрост по профилю (3400 шт. на га) было зарегистрировано в молодом (30-летнем) разнотравно-осочковом смешанном лесу, возникшем в процессе сингенеза на месте усохших зарослей ивняка (*Salix dasyclados*) и душейки (*Duschekia fruticosa*) в долине реки Кыга.

Черневая тайга (рис. 1, ключевые участки 8-13) распространена в пределах высот 470 – 950 м абс. и представлена следующими типами леса: в долине реки Кыга – ивняком крапивно-папоротниковым (*Salix dasyclados* – *pteridosa* + *Urtica dioica*) на месте пихтово-кедрового войничково-крупнотравного типа леса; на шлейфе западного склона – пихтарником с кедром и березой кустарниково-крупнотравно-папоротниковым (*Abies sibirica* + *Pinus sibirica*, *Betula pendula* – *shrubs* – *pteridosa* + *tall herbosa*); на второй надпойменной террасе р. Кыга – пихтарником с кедром, осиной и березой спирейным

крупнотравно-коротконожковым (*Abies sibirica* + *Pinus sibirica*, *Populus tremula*, *Betula pendula* – *Spiraea chamaedryfolia* – *Brachypodium sylvaticum* + *tall herbosa*); на крутом западном склоне – пихтово-кедровым кустарниковым крупнотравно-папоротниковым (*Pinus sibirica* + *Abies sibirica* – *shrubs* – *pteridosa* + *tall herbosa*); в нижней части южного склона – пихтарником с сосной и кедром крупнотравным (*Abies sibirica* + *Pinus sylvestris*, *Pinus sibirica* – *tall herbosa*). Древостой здоровый из пихты и кедра (за исключением послеселевого ивняка), с сомкнутостью крон 0,5-0,8, с двумя-тремя подъярусами: возраст первого подъяруса 180 лет, второго – 80, третьего – 30 лет, с высотами от 12 до 42 м, диаметром от 10 до 100 см. При сравнении описаний древостоя пробных площадей 1959 и 2000 гг. видно, что позиция пихты усилилась. Угли в подстилке и сформированные второй и третий подъярусы здорового древостоя свидетельствуют о том, что пожар здесь был около 80 лет назад. Возобновление из кедра и пихты, иногда с примесью березы и осины, здоровое. В пихтарнике крупнотравном в смешанном подросте из осины, пихты и кедра преобладает осина, но здоров только подрост кедра, а осина и пихта ослаблены, усыхают. Вероятно, через 50-100 лет произойдет смена пихтарника кедровником.

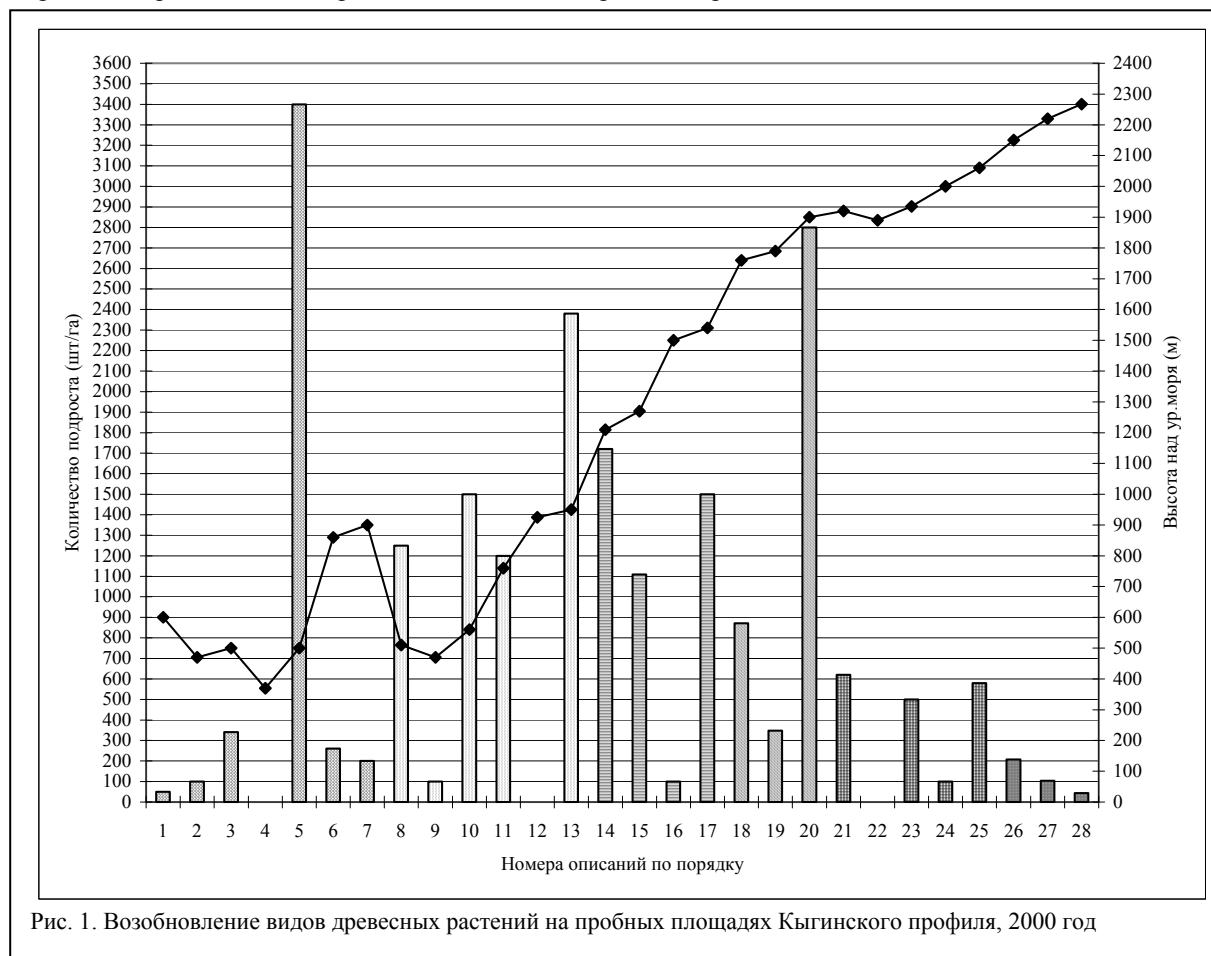


Рис. 1. Возобновление видов древесных растений на пробных площадях Кыгинского профиля, 2000 год

Горная тайга (рис. 1, ключевые участки 14-17) распространена на высоте 1200-1700 м преимущественно по склонам теневых экспозиций и представлена следующими типами леса: 1) пихтовый кедровник кустарниково-папоротниково-крупнотравно-вейниково-зеленомошный (*Pinus sibirica* + *Abies sibirica* – *shrubs* – *Calamagrostis* + *tall herbosa* + *pteridosa* – *green moss*); 2) пихтовый кедровник чернично-вейниково-зеленомошный (*Pinus sibirica* + *Abies sibirica* – *Calamagrostis pavlovii* + *Vaccinium myrtillus* – *green moss*); 3) кедровник с пихтой крупнотравно-зеленомошно-вейниковый (*Pinus sibirica* + *Abies sibirica* – *Calamagrostis obtusata* + *tall herbosa* – *green moss*); 4) кедровник с пихтой ольховниково-баданово-зеленомошный (*Pinus sibirica* + *Abies sibirica* – *Duschekia fruticosa* – *Bergenia crassifolia* – *green moss*). Древостой трехъярусный. I подъярус: 10К, высота (h) = 42 м, диаметр (d) = 70-80 см, возраст (A) = 180-280-320 лет, здоровый; II подъярус: 5К 5П; 8П2К, h = 28-32 м, dK = 30-36 см, dП = 18 см; A = 80-130-150 лет; III подъярус: 10П+Р6, h = 15-20 м, d = 14 см, A = 30-50-80 лет. Захламленность разновременным буреломом-буревалом составляет 20-40 % (доля от общего запаса), сосновый сухостой – 10 %. Валеж старый, сгнивший. Пихты ослаблены, поражены раком, усыхают. Подрост: 8К1П1Б; 5К4П1Б, 6П4К, 1110-1720 шт./на га. Состояние: кедр и береза здоровы, пихта ослаблена. Слабое возобновление (100 шт./га). Возможно, плотное задернение почвы препятствует естественному

возобновлению древостоя.

Верхняя граница леса на северном склоне 1790 м в 1/3 его верхней части, угол 10°, плоский, неровно-бугристый. Гарь 1952 года. Здесь была верхняя граница сомкнутого леса – кедровник ерниково-долгомошный с сомкнутостью крон 0,6 (рис. 1, ключевые участки 18-20). После пожара от него остался сухой и единичные, сильно ослабленные кедр. Много бурелома-буревала. В настоящее время представлена ерnikово-чернично-баданово-политриховая редина из кедра и пихты. Древостой: 7КЗП+Б, сомкнутость 0,1, жердняк: 7К2П1Б (выше 3 м) 72 шт./га, здоровый, подрост (до 3 м): 10К+П, 348 шт./га – здоровый. По количеству преобладает (86 %) подрост кедра до 50 см высоты. Кедрки высотой 300 см сухие. Немногочисленные пихточки (16 шт./га) здоровы. В настоящее время можно констатировать постепенное восстановление подгольцового редколесья на месте гари верхней границы леса.

Высокогорные редколесья (рис. 1, ключевые участки 21-25). По склонам южных и юго-западных экспозиций с высоты 1890 до 2000 м распространены субальпийские редколесья, на склонах теневых экспозиций и на западном склоне с высоты 2060 м – подгольцовые. Субальпийские редколесья состоят из кедра с лиственницей и пихтой крупнотравных (*Pinus sibirica* + *Larix sibirica*, *Abies sibirica* – *tall herbosa*). Древостой: 10К+П,Л, сомкнутость крон 0,3- 0,5, разновозрастный (30-320 лет), высота 10-26 м, диаметр 12-60 см. Кедр и пихты здоровые, лиственница ослаблена и усыхает. По окраине старой гари всего склона 10 % сухостоя и вывалов, около 15 % вывалившихся полуразложившихся деревьев. Возобновление древостоя из кедра и пихты (8К2П – 6К4П) либо отсутствует совсем, либо неудовлетворительное – 100-620 шт. на га. Половина кедрового подроста усыхает, пихтовый подрост здоровый. В подгольцовых редколесьях из кедра ерниковых мохово-лишайниковых (*Pinus sibirica* – *Betula rotundifolia* – *lichen* – *moss*) у кедров кустистая форма дерева, в нижней части пробной площади $h = 8$ м, $d = 12$ см, $A = 80$ лет; вверх по склону – $h = 0,75-1,8$ м, d у корневой шейки = 4 см. Возобновляется только кедр, состояние ослабленное.

Высокогорная тундра (рис.1, ключевые участки 26-28) с высоты 2150 до 2500 м на водоразделе рек Кыга и Баяс (2500 м) и склонах всех экспозиций фон образует каменистая ерниковая дриадово-овсяницево-лишайниковая тундра (*On rocks: Betula rotundifolia* – *Festuca sphagnicola* + *Dryas oxyodonta* – *lichen*). Возобновление лесообразующих древесных видов очень слабое (44 шт. на га на водоразделе и 208 шт. на га ниже по склону), из кедра. Высота колеблется от проростков до подроста в 50-90 – 143 см, находящегося под защитой небольших скальных обнажений.

Выводы

1. На Прияйлинских террасах Телецкого озера и Кыгинском профиле представлены все высотнорастительные пояса, характерные для территории заповедника в Прителецком округе: пояс подтаежных лесов и лугов, черневой, горно-таежный, высокогорных редколесий, высокогорных лугов и тундр.

2. Мониторинговые исследования на пробных площадях показали, что в поясе светлохвойных подтаежных лесов и лугов в процессе естественных сингенетических смен на месте кустарниковых зарослей в пойме и на надпойменных террасах рек при успешном возобновлении пихты и кедра сформировался двухъярусный смешанный древостой. Через 50 лет подтаежные леса поймы трансформируются в черневую тайгу. Тренд смены светлохвойных лесов темнохвойными прослеживается и на других ключевых участках подтаежного пояса.

3. Антропогенный прессинг в окрестностях п. Яйлю препятствует естественному возобновлению древостоя и обеспечивает внедрение в коренные растительные сообщества сорных и адвентивных видов. Из-за разреженности древесного яруса его средообразующая роль минимальна, и потому в формировании и дифференциации кустарникового и травяно-кустарничкового покрова определяющую роль играет пестрота экотопов. В результате подтаежные леса характеризуются самым высоким разнообразием для Кыгинского профиля. При формировании второго подъяруса из пихты общая сомкнутость крон эдификаторного полога достигает 1,0, а флористическая насыщенность лесных сообществ уменьшается в 4 раза.

4. В черневой крупнотравной тайге с элементами неморального комплекса на некоторых пробных площадях 40 лет назад был смешанный лес, который в настоящее время сменился пихтарником. Более успешное возобновление кедра по сравнению с пихтой в этих лесах позволяет предположить, что через 50-100 лет здесь произойдет смена пихтарников кедровниками.

5. Горная тайга представлена зеленомошной группой типов леса. Интенсивность возобновления древесных видов и альфа-разнообразие флористической насыщенности несколько ниже, чем в черневой тайге. За прошедшие 40 лет в эдификаторном ярусе усилилась позиция пихты, и эта тенденция сохраняется.

6. При верховых пожарах верхняя граница горно-таежных лесов снижается, замещаясь высокогорными тундрами и редидами. На окраине гари успешно возобновляется кедр с единичной примесью пихты. Средообразующее влияние лишайниково-мохового покрова, сплошным ковром затянувшего гарь, препятствует расселению высших цветковых растений. В горно-таежных и черневых лесах восстановление исходного типа леса идет без смены пород.

Таблица 1. Состав древостоев и подростов на ключевых участках Кыгинского профиля по высотнo-растительным поясам и последовательным сменам

Древостой	Подтаежный				Черновой				Горно-таежный				Послепожарные				Высокогорные								
													редколесья				тундры								
	№№ фенолош.				№№ постоянных пробных площадей Кыгинского профиля																				
	1	2	3	6	7а	2	3	4	5	7б	8	8а	9	10	10а	11	12	13а	13	14	15	16	17	18	19
Сомкнут.	0,6	0,5	0,4	0,8	1,0	0,5	0,8	0,8	0,7	0,5	0,9	10К	10К	10К	5К3П2Б	7К3П+Б	10К+П	10К+Л	10К+П	10К+Л,П	10К+Л	10К+Л			
I ярус	10С+Б	4С4Б2Л	4С2К2Л2Б	8Ос2С+К,Б	7С2Ос1Б	8К2П	10Ивед. Б	8П2К	7П1К1Ос1Б	9П1С	10К	10К	10К	10К	10К										
	Высота, м	26	24	30	30	42	20	36	36	36	38	42	42	34	10		12-20	10-26	22	28	12-15	8,0			
	Диаметр, см	74	36	40	40	48	100	16	40	40	44	60	80	70	54	14	10-40	12-60	42	50	20	4-12			
Возраст, лет	180	120	30-180	80-280	80-280	180	30	120	150	120	180-320	320	280	180	50		30-300	30-240	320	200	100				
Состояние	зд.	унг.		зд.	осл.	зд.	осл.	зд.	10П+К	9П1К	осл.	зд.	зд.	зд.	зд.			нос	осл.	зд.	зд.				
II ярус	9Ос1И+Р6			6К4П	6П2К2С	5К5П+Р6		5П3К2Б	10П+К	9П1К	10П+Б,Р6	8П2К	5К5П	5К5П	6П3К1Б	7К2П1Б									
	Высота, м	26		24	20	30		26	24-26	23	18	30	32	28	5-8										
	Диаметр, см	74		20	16	54		24	20	16	12	30	18-36	36	4										
Возраст, лет	180			60-80	60	80		60	60	60	60	130	150	80	30										
Состояние	зд.			зд.	зд.	зд.		зд.	зд.	зд.	зд.	зд.	зд.	зд.	зд.										
III ярус					6П4К	5К5П				4П3К3Р6		10П+Р6	9П1Р6	10П											
	Высота, м				10	12				16		15	15	20											
	Диаметр, см				6	10				14		14	14	14											
Возраст, лет					30	30				30		50	30	80											
Состояние					зд.	зд.		зд.		зд.		зд.	зд.	осл.											
Подрост	10Ос	9К1П	4К3С3П+Р6	5К5П	8К1П1Ос	6К4П	9К1Б	5К5П	9К1П+Ос	5Ос3П2К	8К1П1Б	5К4П1Б	9П1К	6П4К	9К1П	10К+П	10К+П	7К3П	отсут	6К4П	8К2П	10К			
Числе н., шт./га	50	100	340	3400	260	200	1250	100	1500	1200	2380	1720	1110	100	1500	872	348	2800	620	500	100	580	208	104	44

7. Около 100 лет назад климат в Алтае-Саянской горной стране стал более теплым, благоприятным для продвижения кедра вверх, в ерничково-моховые тундры. За последние 40 лет состав древостоя в высокогорных редколесьях изменился: остались единичные ослабленные лиственницы и появились единичные пихты. Продолжающаяся гумидизация климата в текущем столетии отразилась в наступлении пихтовой формации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение, 1989, 4. С. 51-57.
2. Брысова Л.П., Коротков И.А. Типы кедровых лесов Прителецкого района северо-восточного Алтая // Тр. Алтайского гос. заповедника, вып. III. Горно-Алтайск, 1961. С. 85-122.
3. Власенко В.И. Результаты геоботанического мониторинга в Алтайском заповеднике // Ботанические исследования в Сибири. Красноярск: РБО РАН, 2001. Вып. 9. С. 52-82.
4. Власенко В.И. Структура и динамика лесной растительности заповедных территорий Алтае-Саянской горной страны. М.: Межд. союз охраны природы, 2003. 484 с.
5. Селегей В.В., Селегей Т.С. Телецкое озеро. Л.: Гидрометеиздат, 1974.
6. Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 144 с.
7. Типы лесов гор Южной Сибири. Новосибирск: Наука, 1980. 336 с.

УДК 581.9

ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА ВОЗОБНОВЛЕНИЯ ПИХТЫ ЗА ПРЕДЕЛАМИ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ЛЕСА В БАССЕЙНЕ Р. ОСИНОВКА (ХР. ХАМАР-ДАБАН)

В.И. ВОРОНИН, В.А. ОСКОЛКОВ, А.П. СИЗЫХ

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск

АННОТАЦИЯ

В течение последних десятилетий в экотоне верхней границы леса хребта Хамар-Дабан наметилась тенденция продвижения пихты сибирской за пределы полога древостоя в полосу кедрового стланика до горных тундр. В среднем это составляет 200-250 метров, максимум — до 500 м в линейном удалении от кромки леса. Всплеск лесовозобновления произошел в 1989 — 1995 гг. и, вероятно, был связан с высокой продуктивностью семян пихтовых древостоев в конце 1980-х и теплыми зимами первой половины 1990-х.

Целью наших исследований является выявление пространственно-временной динамики верхней границы леса хребта Хамар-Дабан (юго-восточное Прибайкалье) за последние десятилетия. Модельной территорией выступил район центральной части вышеуказанного хребта — верховье р. Осиновка (территория Байкальского биосферного заповедника). Согласно корреляционной эколого-фитоценотической карте [11] растительные комплексы территории представлены среднегорными, преимущественно пихтово-кедровыми чернично-мелкотравно-зеленомошными, кедровыми и кедрово-еловыми кустарничково-зеленомошными лесами и их березово-осиновыми восстановительными сериями умеренно холодных и влажных местообитаний. Согласно «Карте растительности юга Восточной Сибири» [10] растительные сообщества района исследований относятся к таежной (бореальной) растительности Урало-Сибирской фратрии формаций, Южносибирским формациям горно-таежных темнохвойных лесов. На шлейфах и нижних частях склонов северных и северо-западных экспозиций формируются кедровые (*Pinus sibirica* Du Tour) с примесью ели (*Picea obovata* Ledeb.), лиственницы (*Larix sibirica* Ledeb.), пихты (*Abies sibirica* Ledeb.) багульниково (*Ledum palustre* L.)-чернично (*Vaccinium myrtillus* L.)-бруснично (*Vaccinium vitis-idaea* L.)-зеленомошные (*Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Dicranum polisetum* Sw., *Polytrichum juniperinum* Hedw.) леса в сочетании с бадановыми (*Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch) кедрачами.

Для долины нижнего течения р. Осиновки (территория Байкальского биосферного заповедника) характерны комплексы пихтово-тополевых (*Populus suaveolens* Frish) и елово-пихтовых крупнотравных лесов. На средних частях склонов северных и северо-западных экспозиций развиты кедрово-пихтовые кустарничково-травяно-зеленомошные леса. Растительность верхних частей склонов представлена альпийскими и субальпийскими луговыми группировками в сочетании с зарослями кустарников (*Betula rotundifolia* Sprach., *Salix glauca* L.) в комплексе с кедровым стлаником (*Pinus pumila* Rgl.), относящимися к южносибирским формациям, Алтае-Тянь-Шаньской фратрии альпийских формаций гольцовой растительности. Подгольцовый пояс характеризуется зарослями кедрового стланика в сочетании с горными тундрами, относящимися, согласно карте растительности [11], к Байкало-Джугджурским формациям Беренгийской фратрии формаций.

Некоторые особенности пространственной и ценотической организации растительности района исследований и его окружения нашли отражение в работах многих исследователей [4, 7, 5, 6, 9, 13, 12, 8 и др.]. Особенно следует отметить, что смена древесных пород на Хамар-Дабане в голоцене происходила разнонаправленно. От начала среднего голоцена к позднему происходило сокращение еловой и пихтовой составляющих и увеличение доли кедра вследствие снижения общей увлажненности и увеличения континентальности климата [2]. В заключительные этапы позднего голоцена наметилось расширение площадей, занятых производными лесами. В настоящее время наблюдается активное возобновление пихты и кедр.

Результаты исследований

Исследования, проведенные в 2008 году на модельном участке методом полевой геоботанической съемки, позволили выявить современную структуру растительных сообществ переходной полосы «лес – тундра» (средняя часть хребта Хамар-Дабан, верховье р. Осиновки, Байкальский биосферный заповедник), где был заложен ряд пробных площадей. Для примера приводим два описания: в пределах древостоя на верхней границе леса и в поясе кедрового стланика на удалении более 600 м по горизонтали от кромки леса.

Описание N 1 (51°31'66" с.ш. – 105°25'19" в.д.; высота 1500 м над уровнем моря) – граница перехода сомкнутого древостоя к зарослям кедрового стланика в комплексе с подростом пихты.

Кедрово-пихтовый древостой с участием березы кустарниковой с подростом пихты и куртинами кедрового стланика – лес верхней части склона северной экспозиции. Во втором ярусе доминирует пихта с редким участием кедр и единично – березы. Кустарниковый ярус составляют рододендрон золотистый (*Rhododendron aureum* Georgi) – Sp. (синузиально), багульник болотный (*Ledum palustre* L.) – Sol. (синузиально), можжевельник сибирский (*Juniperus sibirica* Burgsd.) – Sol. (синузиально), а из кустарничков широко представлена черника (*Vaccinium myrtillus* L.) – Cop1-2 (повсеместно) и присутствует шикша (*Empetrum subholarecticum* V. Vassil.) – Sp. (синузиально). По понижениям развит бадан толстолистный (*Bergenia crassifolia* (L.) Frisch) – Sp. (синузиально), на буграх в пределах склона формируются куртины папоротников – кочедыжник расставленнолистный (*Athyrium distentifolium* Tausch ex Opiz), ореотерис горный (*Oreopteris limbosperma* (All.) Holub), щитовник шартрский (*Dryopteris carthusiana* (Vill.) H. P. Fuchs), щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas* (L.) Schott) и фегоптерис связывающий (*Phegopteris connectilis* (Michaux) Watt). – Sp. (синузиально). Из мхов характерны дикранум многожовковый (*Dicranum polysetum* Sw.) и аулакомниум остроконечный (*Aulacomnium acuminatum* (Lindb. et Arn.).

Описание N 2 (52°22'29" с.ш. – 105°25'26" в.д.; высота 1650 м над уровнем моря) – пояс кедрового стланика.

Пояс кедрового стланика с участием ивы (*Salix lanata* L.). Видовой состав сообщества образуют рододендрон золотистый – Sp. (синузиально), черника – Cop1-2. (синузиально), шикша – Sp. (синузиально), бадан толстолистный – Sp. (синузиально), из папоротников представлены кочедыжник расставленнолистный и щитовник мужской – Sp-Cop1. (синузиально), баранец обыкновенный (*Huperzia selago* (L.) Bernh. Ex Schrank et Mart.). Повсеместно распространен прострел раскрытый (*Pulsatilla patens* (L.) Miller). Подрост пихты (возраст от 13 до 30 лет). Следует отметить, что между синузиями стланика, кустарничков и бадана подрост пихты более развит по сравнению с ее единичными экземплярами среди кедрового стланика и зарослей папоротников.

Лесовозобновление в экотоне верхней границы леса

Молодое поколение деревьев выше лесного пояса представлено практически полностью пихтой. Учет его производился по стандартной методике – на разном линейном удалении от кромки леса (250, 500 и 580 м) закладывались учетные площадки (10 площадок по 2х2 м²) [1]. Для сравнительного анализа полученных данных учет возобновления был произведен также в верховьях р. Большой Мамай, в 50 км западнее р. Осиновки, где картина лесовозобновления в экотоне верхней границе леса практически такая же.

В среднем высота молодых деревьев пихты, заселивших подгольцовый пояс, не превышает 130 см, диаметр ствола – 3 см. Для большинства из них характерно повреждение верхней части ствола (апикальной точки роста), вследствие чего крона кустится и подрост имеет своеобразный квазистланиковый габитус.

Результаты учета лесовозобновления в подгольцовом поясе показаны на рис. 1.

Обращает на себя внимание, что в верховьях обеих рек подрост пихты в последние три десятилетия появлялся синхронно и неравномерно по времени. Выделяется вспышка появления подроста в 1989 – 1995 гг. До этого периода отмечено появление небольшого количества подроста в 1971, 1974 гг. и более обильного в 1981 и 1984 гг. После 1995 г. и до сего времени следов подроста выше кромки леса нами не обнаружено. В то же время под пологом древостоя у кромки леса учтено значительное число всходов последних лет.

Такая особенность распределения подроста пихты по времени нам пока окончательно не ясна.

Сопоставление всплесков лесовозобновления с динамикой значений ГТК большой ясности не вносит. Деревья появлялись как при низких, так и при относительно высоких его значениях. Единственным относительно правдоподобным объяснением может быть то, что в 1990-е гг. зимние температуры в Прибайкалье были наиболее высокими, и в это время появившиеся всходы смогли выжить и развиваться. Снижение тренда ГТК с конца 1980-х гг. связано не только с уменьшением уровня атмосферного увлажнения, но и с ростом среднегодовых температур воздуха.

Еще одной причиной всплеска возобновления в 1989 – 1995 гг. может служить, вероятно, повышенная семенная продуктивность пихты в 1988 – 1989 гг. Ранее нами был зафиксирован обильный урожай семян в древостоях верховьев р. Осинówki в 1980 г. и определено, что такие обильные урожаи семян пихты происходят здесь примерно раз в десять лет [3]. Период высокой семенной продуктивности пихты в этих древостоях, подобный предыдущему, повторился в 1988 г. Запаса семян этого урожая вполне могло хватить на формирование относительно обильного возобновления пихты выше кромки леса в первой половине 1990-х гг., которое к тому же из-за мягкости зим смогло успешно развиваться в жизнеспособный подрост.

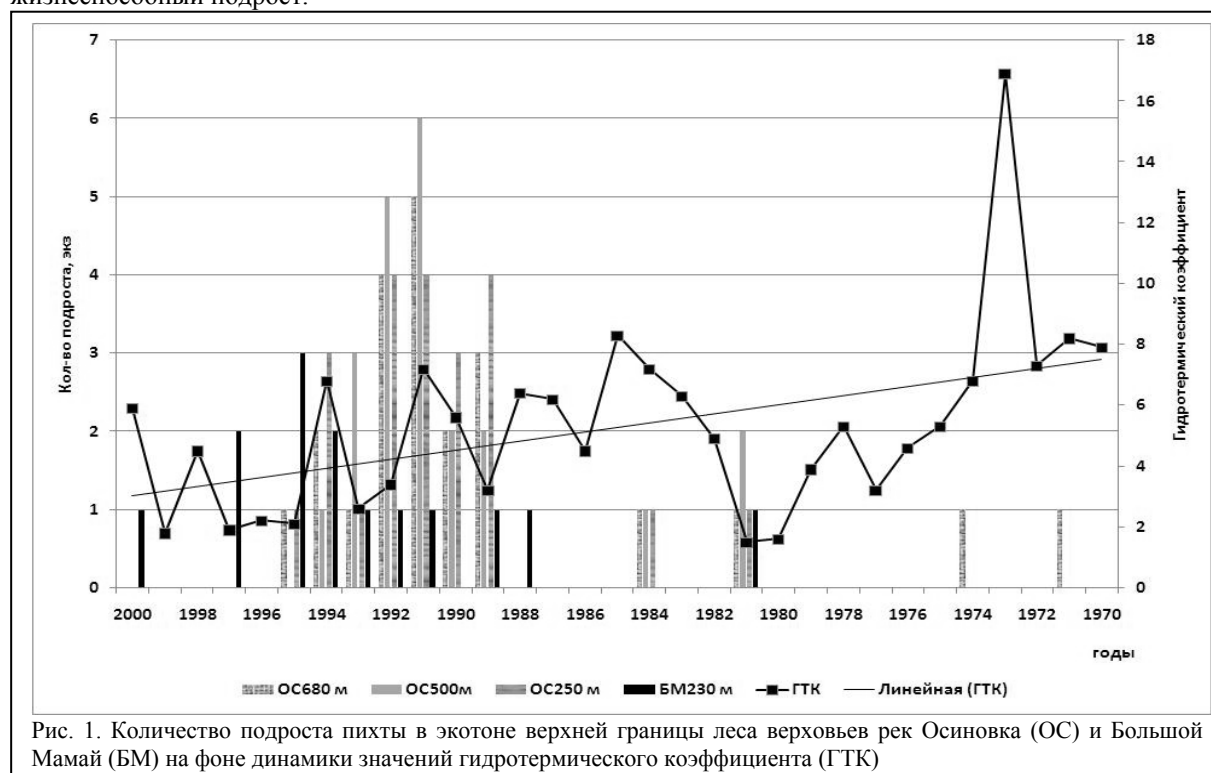


Рис. 1. Количество подроста пихты в экотоне верхней границы леса верховьев рек Осинówka (ОС) и Большой Мамай (БМ) на фоне динамики значений гидротермического коэффициента (ГТК)

Выводы

В течение последних десятилетий в экотоне верхней границы леса хребта Хамар-Дабан наметилась тенденция продвижения пихты сибирской за пределы полого древостоя в полосу кедрового стланика до горных тундр. В среднем это составляет 200-250 метров, максимально – до 500 м в линейном удалении от кромки леса. Всплеск лесовозобновления произошел в 1989 – 1995 гг. и, вероятно, был связан с высокой продуктивностью семян пихтовых древостоев в конце 1980-х и теплыми зимами первой половины 1990-х.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 09-04-00752-а.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анушин Н.П. Лесная таксация. М.: Лесная пром-ть, 1971. 512 с.
2. Безрукова Е.В. Палеогеография Прибайкалья в позднеледниковье и голоцене. Новосибирск: Наука, 1999. 129 с.
3. Воронин В.И. Связь семеношения пихты сибирской с годичным приростом в условиях Южного Прибайкалья (хр. Хамар-Дабан) // Дендрохронология и дендроклиматология. Новосибирск: Наука, 1986. С. 77-79.
4. Галазий Г.И. Вертикальный предел древесной растительности в горах Восточной Сибири и его динамика // Геоботаника: Изд-во АН СССР, т. IX, 1954. С. 210-326.
5. Епова Н.А. К истории растительности Хамар-Дабана // Научные чтения памяти М.Г. Попова. Новосибирск, 1960. С. 45-67.
6. Епова Н.А. К характеристике пихтовой тайги Хамар-Дабана // Тр. Бурятского компл. науч.-исслед. ин-та СО АН СССР. Сер. биол. почв., 1961. Вып. 4. С. 141-163.

7. Епова Н.А. Растительность высокогорной области Хамар-Дабана // Объединенная науч. сессия отд-я биол. наук Вост.-Сиб. фил. АН СССР. Иркутск, 1957. С. 63-65.
8. Зиганшин Р.А. Структура насаждений Хамар-Дабана // Структура и рост древостоев Сибири. Красноярск: Изд-во Института леса СО РАН, 1993. С. 7-27.
9. Иванова М.М. Высокогорная флора Хамар-Дабана (Южное Прибайкалье): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Иркутск, 1969. 28 с.
10. Карта юга Восточной Сибири (М 1:1 500 000, отв. ред. Белов А.В). М: ГУГК, 1972. 4 л.
11. Корреляционная эколого-фитоценотическая карта (М 1:7 500 000, отв. ред. Сочава В.Б., Байборodin В.Н.). Иркутск: Изд-во Института географии Сибири и Дальнего Востока РАН, 1977. 1 л.
12. Моложников В.Н. Растительные сообщества Прибайкалья. Новосибирск: Наука, 1986. 272 с.
13. Типы лесов гор Южной Сибири (отв. ред. Смагин В.Н.). Новосибирск: Наука, 1980. 336 с.

УДК 630.6

СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ЛЕСОВ КРАСНОЯРСКОГО РЕГИОНА

О.П. ВТЮРИНА, В.А. СОКОЛОВ

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Показатели динамики лесного фонда являются объективной основой для оценки хозяйственной деятельности человека в лесу. Одновременно они являются стартовой базой для осуществления прогнозирования использования и воспроизводства лесных ресурсов. На протяжении почти 50 лет в красноярском регионе сохраняется процесс ухудшения качественного состава лесов. В последние годы из-за резкого снижения объемов лесозаготовок процесс деградации лесов замедлился.

Леса как биологический объект находятся в постоянном развитии под влиянием природно-исторических и антропогенных факторов. Ретроспективное изучение развития леса необходимо для оценки результатов деятельности человека в лесу, грамотной постановки задач мониторинга лесов и прогнозирования структуры лесного фонда на ближнюю и отдаленную перспективу. Динамика сибирских лесов изучена слабо. Справедливости ради надо отметить, что при лесоустройстве изменения в лесном фонде прослеживаются за ревизионный период (обычно за 10-12 лет), но анализ динамики лесов делается поверхностно. То же самое можно сказать и о прогнозе структуры лесного фонда на десятилетний срок, анализ которого при повторном лесоустройстве не делается. На уровне отдельных лесохозяйственных районов подобного рода исследования не проводятся вообще [3].

Между тем показатели динамики лесного фонда являются объективной основой для оценки хозяйственной деятельности человека в лесу [1, 2, 4 и др.]. Одновременно они являются стартовой базой для осуществления прогнозирования использования и воспроизводства лесных ресурсов.

Важность и необходимость изучения динамики лесного фонда официально признана лесоустроительными инструкциями 1964, 1986, 1995, 2008 годов. В «Инструкции по проведению лесоустройства в лесном фонде России. Часть II» (1995) указывается, что результаты анализа динамики лесного фонда служат основанием для определения приоритетов в лесоустроительном проектировании, направленных на устранение негативных тенденций в лесах.

Однако практика лесоустройства показывает, что анализ динамики лесного фонда выполняется формально и не служит основой дальнейшего проектирования. Такой же вывод в свое время сделал А.С. Шейнгауз [5]. Его методические рекомендации по анализу динамики лесного фонда актуальны, но до сих пор не востребованы практикой. Это еще одно свидетельство экстенсивности лесного хозяйства в Сибири и на Дальнем Востоке.

По данным учета лесного фонда на 01.01.2008 г. леса I группы составляют 22,7 %, II группы – 1,2 % и III группы – 76,1 %. Данное деление было принято до принятия нового Лесного кодекса РФ. В настоящее время бывшие леса I группы являются защитными лесами. Леса II и III групп разделяются на эксплуатационные и резервные. На долю эксплуатационных лесов приходилось 40,4 % площади лесного фонда (табл. 1). Покрытые лесом земли составляют 83,8 % и не покрытые лесом – 4,6 % от общей площади лесного фонда (табл. 2).

Общий запас насаждений лесного фонда в крае составляет 7795,6 млн м³, в том числе спелых и перестойных – 4912,6 млн м³, или 63 %. Установленный лесоустройством выход деловой древесины составляет 82 % от ликвидной древесины и 72 % от корневого запаса, в том числе по хвойному хозяйству соответственно 86 и 74 %.

Лесистость территории Красноярского края – 72,5 %. Общий средний прирост древесины составляет 70,9 млн м³, в том числе хвойных пород – 45,51 млн м³. Средний прирост на 1 га составляет

всего 1,46 м³, в том числе хвойные – 1,30 м³. Запас на 1 га лесопокрытой площади составляет общий 150 м³, в том числе спелых и перестойных – 171 м³, хвойные насаждения, всего – 169 м³, из них спелые и перестойные – 180 м³.

Для анализа динамики лесов были использованы материалы учета лесного фонда начиная с 1961 года – года первого единовременного учета сибирских лесов, когда они были приведены в известность методами инвентаризации разной точности: по III–IV разрядам лесоустройства и методом авиаобследования (более половины площади).

Анализ таблиц 3 и 4 показывает, что за 45-летний период (с 1961 по 2007 гг.) в красноярском регионе (Красноярский край, Республика Хакасия, Таймырский и Эвенкийский автономные округа, которые ранее составляли единый Красноярский край) покрытая лесом площадь лесного фонда уменьшилась на 5108,2 тыс. га, площадь спелых и перестойных насаждений хвойных и лиственных пород сократилась соответственно на 17210,4 тыс. га (25 %) и 1670,5 тыс. га (17 %). Общий запас древесины уменьшился на 3174,99 млн м³ (12 %), эксплуатационные запасы древесины хвойных насаждений уменьшились на 3725,06 млн м³ (35 %), а запасы мягколиственных возросли на 10,14 млн м³ (1 %).

Таблица 1. Распределение площади лесного фонда по группам лесов

Группы лесов	Показатели	Площадь, тыс. га	Доля, %
I	Итого по I группе лесов,	13156,1	22,7
	в том числе возможные для эксплуатации	1678,9	
II	Итого по II группе лесов,	725,8	1,2
	в том числе возможные для эксплуатации	606,9	
III	Итого по III группе лесов,	44186,5	76,1
	в том числе возможные для эксплуатации	21170,7	
	Всего по группе лесов I, II, III,	58068,4	100
	в том числе возможные для эксплуатации	23456,5	

Таблица 2. Распределение площади лесного фонда по категориям земель

№ п/п	Категории земель	Площадь, тыс. га	Доля, %
1.	Общая площадь лесного фонда	58068,4	100
2.	Лесные земли – всего	51331,3	88,4
3.	Покрытые лесом – всего,	48686,4	83,8
3.1.	из них лесные культуры	309,7	0,5
4.	Непокрытые лесом – всего	2644,9	4,6
4.1.	Лесные питомники, плантации	0,6	
4.2.	Редины естественные	1511,1	2,6
4.3.	Несомкнувшиеся лесные культуры	80,7	0,1
4.4.	Гари, погибшие насаждения	680,3	1,2
4.5.	Вырубки	390,4	0,7
4.6.	Прогалины, пустыри	117,8	0,2
5.	Нелесные земли – всего	6737,1	11,6

Таблица 3. Динамика общей и покрытой лесом площади в Красноярском регионе (тыс. га)

Год учета лесного фонда	Общая площадь	В том числе покрытые лесом				
		Итого	Хвойные	В т.ч. спелые и перестойные	Лиственные	В т.ч. спелые и перестойные
1961	145360,9	107154,8	87609,1	69613,2	18506,6	9981,8
1973	144940,6	108271,2	89615,9	70421,2	17648,1	9318,2
1988	161760,5	112355,4	93951,7	72552,7	17310,6	7876,8
1993	159759,5	103624,2	80929,6	54766,1	15778,0	7804,9
1998	159781,8	104639,9	81324,7	54179,2	16324,2	8003,5
2003	164636,6	106421,5	82353,0	53608,7	17025,1	8454,2
2007	155684,2	102046,6	79081,7	52402,8	15973,7	8311,3
Изменения	+10323,3	–5108,2	–8527,4	–17210,4	–2532,9	–1670,5

Таблица 4. Динамика запасов насаждений в Красноярском регионе (млн м³)

Год учета лесного фонда	Общий запас насаждений	Хвойные		Лиственные	
		Итого	В т.ч. спелые и перестойные	Итого	В т.ч. спелые и перестойные
1961	14352,53	12705,70	10612,29	1627,61	1088,98
1973	13511,13	11903,36	9946,96	1590,69	1117,59
1988	13824,22	12281,85	10051,58	1524,19	971,32
1993	11740,30	10175,19	7417,26	1542,12	1026,47
1998	11734,22	10114,29	7327,16	1596,34	1074,39
2003	11906,95	10222,13	7150,2	1661,06	1126,29
2007	11177,54	9595,70	6887,23	1558,58	1099,12
Изменения	–3174,99	–3110,00	–3725,06	+69,03	+10,14

Из результатов анализа динамики лесного фонда следует, что за период с 1961 по 2007 гг. в красноярском регионе покрытая лесом площадь сократилась на 0,7 %, а площадь хвойных лесов уменьшилась на 6 %. Эксплуатационные запасы древесины по хвойным насаждениям снизились на 33 %, а по мягколиственным возросли на 3,4 %.

Таким образом, на протяжении почти 50 лет в красноярском регионе сохраняется процесс ухудшения качественного состава лесов. В последние годы из-за резкого снижения объемов лесозаготовок процесс деградации лесов замедлился.

Причинами ухудшения качественного состава лесов является то, что в период с 1960 по 1990 гг. леспромхозы Минлеспрома СССР осуществляли в красноярском регионе значительные объемы лесозаготовок преимущественно ценных хвойных пород в виде концентрированных рубок главного пользования, естественное лесовосстановление после которых затруднено. К числу причин ухудшения состава лесов также можно отнести крупные лесные пожары и очаги вредителей и болезней леса (сибирский шелкопряд), уничтожающих ценные хвойные насаждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Втюрина О.П., Соколов В.А. Динамика лесов Красноярского края // Лесная таксация и лесоустройство, 2008, 1(39). С. 112–114.
2. Орлов М.М. Лесоустройство. Л.: Лесное хоз-во и лесн. пром-ть, 1928. Т. 2. 326 с. Т. 3. 348 с.
3. Соколов В.А. Основы управления лесами Сибири. Красноярск: Изд-во СО РАН, 1997. 309 с.
4. Шейнгауз А.С. Классификация динамики лесных ресурсов (на примере Дальнего Востока) // Лесоведение, 1976, 6. С. 11–20.
5. Шейнгауз А.С. Методические рекомендации по анализу динамики лесного фонда. Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1986. 41 с.

УДК 551.501.45:574.4

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ ПОВЕДЕНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК, КОНТРОЛИРОВАВШИХ РАЗВИТИЕ БОРЕАЛЬНЫХ ЭКОСИСТЕМ РОССИИ В КОНЦЕ XX ВЕКА

Е.П. ГОРДОВ, В.Ю. БОГОМОЛОВ, Е.Ю. ГЕНИНА, Т.М. ШУЛЬГИНА

Сибирский центр климато-экологических исследований и образования и Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск

АННОТАЦИЯ

На основе данных моделирования и метеонаблюдений за период 1974 – 2005 гг. представлены результаты вычисления ежегодной динамики продолжительности вегетационного периода, его средней температуры, количества осадков и гидротермического коэффициента Селянинова, определяющих развитие лесных экосистем и их вклад в баланс углерода. Пространственное разрешение климатических характеристик на территории России – 0,5°. Для территории Западной Сибири представлены первые результаты вычисления полей с разрешением 10 км.

Хорошо известно, что климат в месте произрастания контролирует динамику лесных экосистем, и это, в свою очередь, определяет степень их обратного влияния на формирование климата, например, через изменение биологического цикла углерода. Интерес к подобным вопросам резко возрос после признания научной общественностью факта изменения глобального климата и выявления пространственной неоднородности как происходящих, так и прогнозируемых изменений [1, 2]. Основой для исследования отклика лесных экосистем на происходящие и возможные климатические изменения является знание, с хорошим пространственным разрешением, климатических характеристик, предопределяющих их развитие в каждом сезоне [3]. В настоящей работе приведены результаты вычисления полей таких характеристик для территории России с пространственным разрешением 0,5°. Вычисления выполнены на основе данных реанализа Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (температура воздуха и количество осадков, усредненные за 10 дней, за период с 1974 по 2005 гг. <http://agrifish.jrc.it/marsfood/ecmwf.htm>), и результатов измерений этих величин на метеостанциях СССР/России за этот же период. Также для территории Западной Сибири приведены первые результаты анализа климатических показателей, вычисленных на основе метеополей разрешением 10 км, полученных с помощью мезомасштабной метеорологической модели WRF для периода 1958 – 2000 гг. На первом этапе для каждого года рассматриваемого периода 1974 – 2005 гг. были вычислены климатические характеристики, определяющие развитие лесных экосистем: продолжительность вегетационного периода, его средняя температура, количество осадков и гидротермический коэффициент Селянинова. Далее был проведен трендовый анализ их динамики и создана база климатических

индикаторов.

В частности, для четырех представляющих интерес биоклиматических зон России (лесотундра, средняя тайга, южная тайга и зона умеренных лесов) вычисленные характеристики ведут себя следующим образом.

Полученная картина (рис.1, 2) однородна для всей России: увеличение вегетационного периода на 7 – 9 дней на территории европейской части и на 4 – 6 дней на территории азиатской части.

Средняя температура воздуха для вегетационного периода имеет слабый положительный тренд на всей территории России, где в среднем на территории европейской части температура увеличилась на 0,3°C за 32 года, а на территории азиатской части – на 0,6°C. Наибольший рост средней годовой температуры воздуха отмечен в зоне южной тайги: он составил 0,9°C для азиатской части России (рис. 3, 4).

Количество осадков в этот период было более неоднородным, особенно в европейской части территории России. Значимый рост осадков наблюдается в зоне умеренных лесов (рис. 5, 6).

Число дней вегетационного периода (среднесуточная температура больше 5°C):

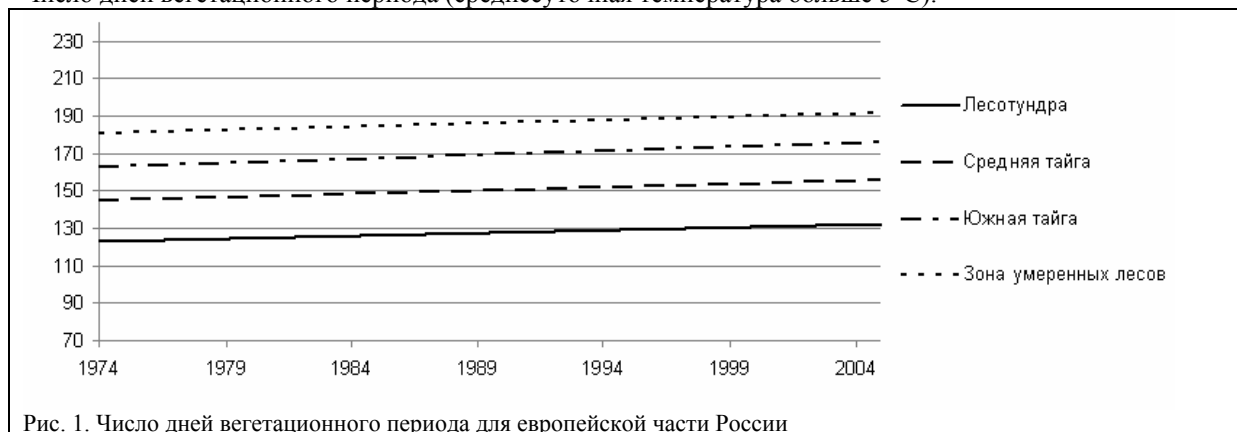


Рис. 1. Число дней вегетационного периода для европейской части России



Рис. 2. Число дней вегетационного периода для азиатской части России

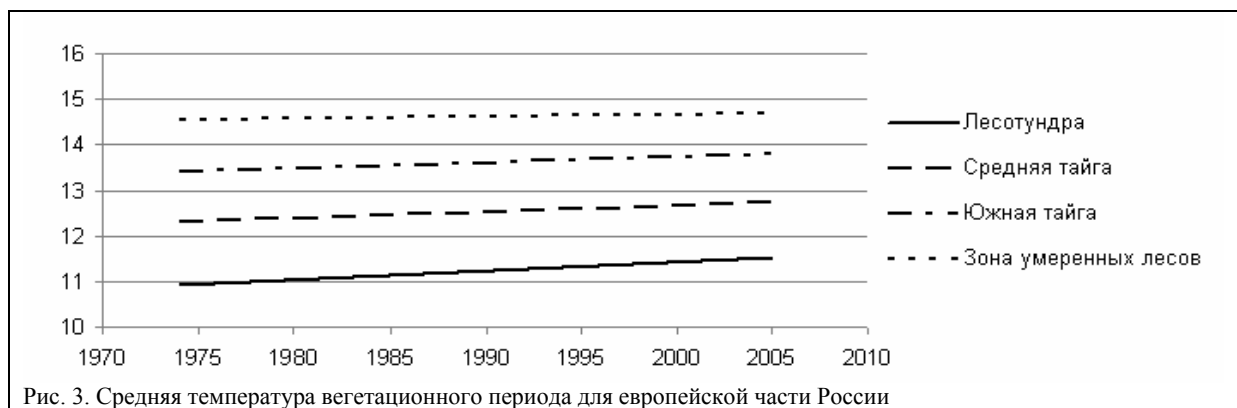
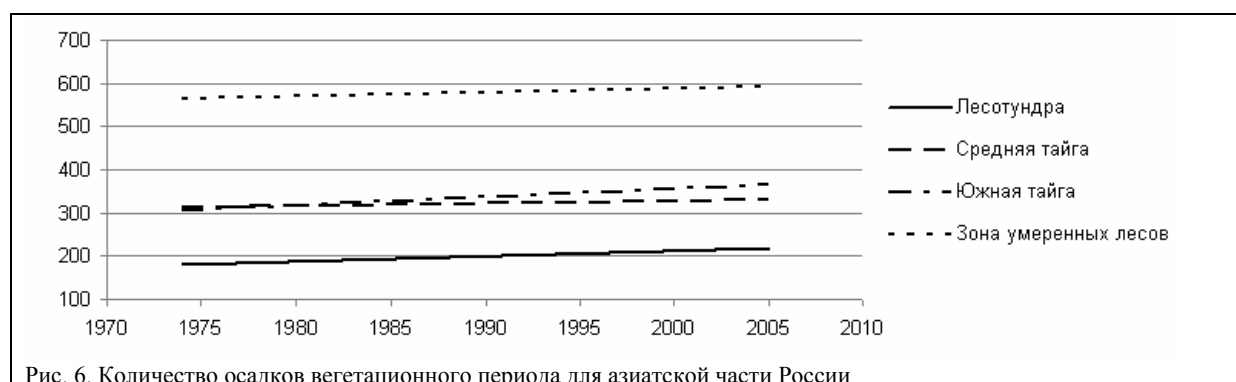
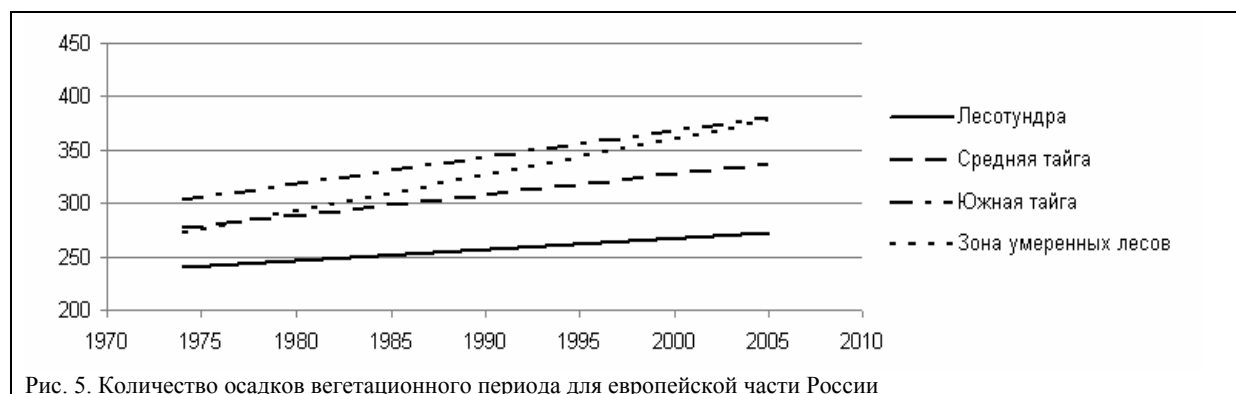
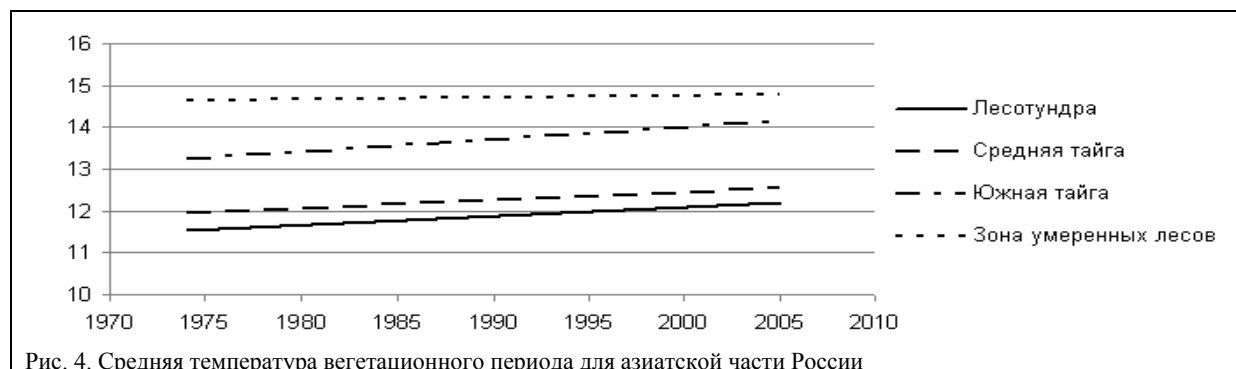


Рис. 3. Средняя температура вегетационного периода для европейской части России



Как следствие роста температуры и количества осадков, гидротермический коэффициент Селянинова, характеризующий влагообеспеченность почвы, существенно растет на юге территории России, а именно в южной тайге.

Доступного в настоящее время пространственного разрешения полей климатических характеристик явно недостаточно для изучения реакции лесных экосистем на текущие и прогнозируемые климатические изменения. Для решения этой задачи нами в широкой кооперации начата работа по созданию учитывающей специфику Сибири современной региональной климатической модели, которая позволит вычислять поля региональных климатических характеристик с разрешением до нескольких километров. Вычислительной основой модели является мезомасштабная метеорологическая модель WRF [4]. В настоящее время ведется расчет полей климатических характеристик для региона западной Сибири за 1958 – 2000 гг. с разрешением 10 км. Модель запущена в режиме работы с реальными историческими данными (данные реанализа NCAR с шагом в 6 часов и данные измерений метеостанций, размещенных внутри расчетной области). Работа с полученными данными позволит нам детально проанализировать локальные отклики на климатические изменения в поведении лесных экосистем региона. В дальнейшем мы планируем добавить получаемые климатические характеристики в доступную в Интернете (<http://climate.risks.scert.ru/reanalysis/>) систему для обработки и визуализации наборов климатических данных [5].

Работа выполнена при частичной поддержке интеграционного проекта СО РАН №50 и программы IASA YSS-2008.

ЛИТЕРАТУРА

1. Володин Е.М., Дианский Н.А. Моделирование изменений климата в XX-XXII столетиях с помощью совместной модели общей циркуляции атмосферы и океана // Изв. РАН, ФАО, 2006. Т. 42, № 3. С. 291-306.
2. Bulygina O.N., Razuvaev V.N., Korshunova N.N. and Groisman P.Ya. Climate variations and changes in extreme climate events in Russia // Environ. Res. Lett. 2 (2007) 045020 (7pp) doi:10.1088/1748-9326/2/4/045020,
3. Celine Boisvenue and Steven W. Running. Impacts of climate change on natural forest productivity – evidence since the middle of the 20th century // Global Change Biology, 2006, 12, pp. 862-882.
4. William C. Skamarock, Joseph B. Klemp, Jimy Dudhia, David O. Gill, Dale M. Barker. A Description of the Advanced Research WRF Version 3 / NCAR technical note, 2008, NCAR/TN-475+STR.
5. Titov A., Gordov E., Okladnikov I., Shulgina T. Web-system for processing and visualization of meteorological data for Siberian environment research // International Journal of Digital earth, 2009, 2, 1: 105-119.

УДК 630*231.1

СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИИ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ (*ABIES SIBIRICA* LEDEB.) НА ЮЖНОМ УРАЛЕ В УСЛОВИЯХ ЗАПОВЕДНОГО РЕЖИМА

Ю.П. ГОРИЧЕВ¹, А.Н. ДАВЫДЫЧЕВ²

¹Южно-Уральский государственный природный заповедник

²Институт биологии Уфимского НЦ РАН, Уфа

АННОТАЦИЯ

Установлено, что в условиях заповедного режима пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.) на Южном Урале характеризуется устойчивыми позициями в коренных и условно-коренных типах леса. В производных типах леса пихта активно восстанавливает позиции эдификатора сообществ. Ценопопуляции пихты отличаются высокой плотностью и нормальным типом возрастного спектра. Заповедный режим способствует сохранению фитоценологических позиций пихты.

Пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.) – один из основных лесообразователей горных темнохвойных лесов Южного Урала (ЮУ). Оптимальные условия для произрастания пихты сложились в низкогорьях и среднегорьях западного макросклона ЮУ в пределах Республики Башкортостан (РБ) и Челябинской области (ЧО). По данным учета гослесфонда (2006 г.), леса с преобладанием пихты на ЮУ занимают площадь 123,9 тыс. га, или 1,6 % лесопокрытой площади (в т.ч. в РБ – 76,3 тыс. га (1,5 %) и в ЧО – 47, 6 тыс. га (1,9 %)). В разрабатываемой концепции лесов высокой природоохранной ценности (ЛВПЦ) горные темнохвойные леса ЮУ с участием пихты отнесены к ЛВПЦ регионального уровня.

В Южно-Уральском государственном природном заповеднике (ЮУГПЗ) темнохвойные леса занимают площадь 73204 тыс. га, в т.ч. насаждения с преобладанием пихты занимают площадь 35108 га (15,6 % лесопокрытой площади). По данным последнего лесоустройства, средний состав этих насаждений – 5П2Е2Б1Ос, ед. Лп, С, Л, Кл, Д, средний класс бонитета – III,2, средний возраст – 104 года, средняя полнота – 0,62.

Пихта в качестве основного лесообразователя участвует в формировании двух лесных формаций – широколиственно-темнохвойных лесов (западная часть ЮУГПЗ) и горно-таежных пихтово-еловых лесов (центральная и восточная части ЮУГПЗ). На территории ЮУГПЗ темнохвойные леса находятся на южном пределе своего сплошного распространения. В западной части ЮУГПЗ проходит граница географического ареала пихты.

В целом климатические условия большей части ЮУГПЗ благоприятны для произрастания пихты: годовая сумма осадков составляет 600-800 мм; мощность снежного покрова более 50-60 см; сумма активных температур 1600-1800°С, продолжительность вегетационного периода 156-164 дней. В пределах лесного пояса пихта произрастает на склонах различной экспозиции и крутизны, за исключением южных крутосклонов, подвергающихся периодическим пожарам. На высоте свыше 1000 м над уровнем моря происходит ослабление фитоценологических позиций пихты в сообществах, снижается участие пихты в составе древостоев и в подросте, ухудшается жизненное состояние деревьев.

С 1993 г. на территории ЮУГПЗ проводятся исследования темнохвойных лесов, заложена сеть постоянных и временных пробных площадей. В результате исследований получены количественные характеристики, характеризующие особенности возрастной и виталитетной структуры популяции пихты и естественного возобновления [2, 3, 5].

Пихта в условиях ЮУГПЗ достигает высоты 30 м и диаметра 60 см. Наибольших показателей пихта достигает на наиболее плодородных, развитых и дренированных почвах в западной части ЮУГПЗ. В неблагоприятных климатических и почвенных условиях (заболоченные, сухие и сильноскелетные почвы, высокогорья и др.) наблюдается резкое снижение роста пихты. Пихта часто повреждается

весенними заморозками.

В исследованных коренных и условно-коренных широколиственно-темнохвойных и южнотаетных типах леса пихта преобладает по численности в составе древостоя и в подросте. Участие пихты в составе верхнего яруса древостоя по запасу составляет от 2 до 8 единиц. Пихта в большинстве исследованных типов леса доминирует в нижнем ярусе древостоя (9-10 единиц) и в составе подроста. В широколиственно-темнохвойных лесах (западная часть ЮУГПЗ) пихта участвует в формировании полидоминантных древостоев. Плотность пихты в смешанных древостоях составляет от 388 до 832 шт./га (от 39,9 до 89,8 % всех деревьев), средняя высота деревьев, входящих в верхний ярус, равна 19-23 м, средний диаметр – 22-24 см, запас древесины – от 56,4 до 315,1 м³. Плотность крупного подроста пихты (высотой свыше 0,5 м) в коренных типах леса варьируется от 0,3 до 2,9 тыс. шт./га. В нарушенных (выборочные рубки, пожары) условно-коренных древостоях плотность крупного подроста достигает 5,7 тыс. шт./га и более. В горно-таежных пихтово-еловых лесах (центральная и восточная части ЮУГПЗ) плотность пихты в древостоях составляет от 468 до 924 шт./га (от 53,7 до 85,2 % всех деревьев), средняя высота деревьев, входящих в верхний ярус, равна 22,1-24,2 м, средний диаметр – 18,8-22,6 см, запас древесины – от 108,4 до 278,8 м³/га (от 35,9 до 75,7 % всего древостоя). Плотность крупного подроста пихты составляет от 0,2 до 2,2 тыс. шт./га.

Относительное жизненное состояние (ОЖС) древостоев пихты, исследованных по методике В.А. Алексеева [1], в большинстве случаев оценивается как ослабленное. Виталитетные спектры пихты соответствуют нормальным древостоям. Доля здоровых деревьев составляет от 27 до 62 %, сухих – от 14 до 57 %. Ослабленные, сильно ослабленные и отмирающие деревья в основном представлены деревьями, находящимися во втором ярусе древостоя. Основной фактор, ухудшающий состояние деревьев, – поражение комлевой гнилью. В целом невысокое ОЖС древостоев пихты объясняется биологическими особенностями вида.

Исследования, проведенные в производных лесах – осинниках и березняках в западной части ЮУГПЗ (район широколиственно-темнохвойных лесов), возникших на месте сплошных рубок, показали, что пихта входит в состав древостоя (до 3 единиц) всех исследованных древостоев, где принимает активное участие в восстановительных процессах. В ряде сообществ пихта доминирует в нижнем пологе древостоя и подроста. Подрост пихты зафиксирован под пологом во всех исследованных сообществах, плотность подроста составляет от 0,2 до 9,6 тыс. шт./га, в т.ч. крупного – до 5,2 тыс. шт./га. Необходимо отметить, что наиболее активное возобновление пихты наблюдается под пологом березняков.

Успешное возобновление пихты (до 26,6 тыс. шт. / га) связано с рядом эколого-биологических свойств данного вида, особенно отчетливо проявляющихся на границе географического ареала в сложной лесорастительной обстановке под пологом смешанных широколиственно-темнохвойных и производных лесов. Изучение семеношения пихты с использованием шкалы О.Г. Каппера показало, что средние и повышенные урожаи семян наблюдаются раз в 5-6 лет. Периодические урожаи приводят к явному дефициту семян для успешного подпологового возобновления. В то же время достаточно крупные семена и проростки пихты способны поселяться под пологом не только на микроповышениях из гниющей древесины и участках с зеленомошным покрытием (наиболее благоприятные микроусловия для поселения темнохвойных видов), но и непосредственно на участках с подстилкой из листьев широколиственных видов. При успешном поселении подрост пихты растет очень медленно и достигает высоты 50 см в среднем в возрасте 30 лет. Установлено, что с увеличением возраста подроста пихты увеличивается интенсивность роста. Так, до возраста 6-10 лет наблюдается период замедленного роста (приросты прошлого года не превышают приростов текущего года, а иногда и оказываются меньше их). С 10 до 20-30 лет протекает период нормального роста (приросты прошлого года незначительно превышают приросты текущего года), и после 20-30 лет следует период прогрессивного роста (приросты прошлого года значительно превышают приросты текущего года). Выявленные периоды интенсивности роста соответствуют перерастанию подростом пихты ярусов травянистой растительности. Важной адаптивной особенностью, позволяющей пихте произрастать под пологом древостоев при минимальном количестве лучистой энергии, является сохранность семян долей как дополнительной ассимилирующей поверхности. Так, большинство ювенильных растений пихты сохраняют семядоли до возраста 5-6 лет, единичные растения – до 8 лет. Второй адаптивной особенностью подроста пихты на начальных этапах онтогенеза является переформирование главной корневой системы в придаточную и образование ксилоризма. Под пологом древостоев в исследованных коренных, условно-коренных и производных типах леса 85-100 % растений пихты формируют ксилоризом. Приведенные адаптивные особенности позволяют подросту пихты длительное время находится в ювенильном и имматурном периоде онтогенеза и, как следствие, накапливаться под пологом древостоев в значительных количествах. Так, максимальный возраст ювенильного растения пихты, зафиксированный нами, составил 22 года, имматурного – 74 года. Необходимо отметить также способность пихты к вегетативному размножению путем укоренения нижних ветвей. Вегетативные пихты после отделения от материнского растения продолжают жить и функционировать и трудноотличимы от семенных. В отдельных местообитаниях в

составе подроста отмечается до 20 % пихт, образованных вегетативным путем. Выявленные адаптивные особенности начальных этапов онтогенеза пихты, наряду с фундаментальным общеизвестным свойством теневыносливости, способствуют успешному подпоголовому возобновлению данного вида.

Результаты исследований в ЮУГПЗ показали: несмотря на то, что пихта находится на границе ареала (горный участок границы), состояние ценопопуляций пихты в большинстве изученных сообществ оценивается как стабильное. Структура ценопопуляций характеризуется полночленным онтогенетическим спектром. Отличительными особенностями популяционной стратегии пихты являются меньшая продолжительность жизни, ускоренный оборот поколений, высокая плотность ценопопуляций, пониженный виталитет. Полученные данные указывают на устойчивое положение пихты в коренных сообществах ЮУГПЗ. В производных лесах, возникших в результате сплошных рубок в 30-50-е годы прошлого столетия, пихта активно восстанавливает позиции эдификатора. В условиях заповедного режима имеются все предпосылки для устойчивого существования ее популяций.

Роль пихты как лесообразователя различна в разных частях ее обширного ареала. Многие исследователи указывают на ее подчиненную роль (по сравнению с елью сибирской (*Picea obovata* Ledeb.)) в формировании древостоев темнохвойных лесов в западной части ареала, включая Средний и Южный Урал. В названии формации присутствует (указывается) только ель, типы леса именуются как «ельники». Если для темнохвойных и широколиственно-темнохвойных лесов Предуралья это справедливо, то для Южного Урала такой подход нам кажется не совсем правомерным. На Среднем и Южном Урале большинством исследователей роль пихты как эдификатора оценивается также гораздо ниже ели. Это касается типологии и классификации лесов Среднего и Южного Урала. Лишь отдельные исследователи, в т.ч. П.Л. Горчаковский [4] и Б.П. Колесников [6], рассматривают пихту как равноценного эдификатора наравне с елью. Исследования, проведенные в ЮУГПЗ, указывают на то, что пихта на ЮУ выступает в качестве эдификатора горно-таежных и особенно широколиственно-темнохвойных лесов в условиях заметного снижения эдификаторной роли ели. При низком участии ели в составе древостоя и ее отсутствии (в производных сообществах) пихта формирует и во многом определяет фитоценоотическую среду сообществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение, 1989, 4. С.51-57.
2. Горичев Ю.П., Давыдычев А.Н., Алибаев Ф.Х. Характеристика широколиственно-темнохвойных лесов Южно-Уральского государственного природного заповедника // Вестник Оренбургского гос. ун-та, 2006, 4. С. 30-33.
3. Горичев Ю.П., Давыдычев А.Н., Кулагин А.Ю., Алибаев Ф.Х., Юсупов И.Р. Горно-таежные темнохвойные леса Южно-Уральского заповедника, состояние и особенности возобновления. Вестник Оренбургского гос. ун-та. Спец. выпуск (75). 2007. С. 84-87.
4. Горчаковский П.Л. Пихтовая тайга Среднего Урала // Записки Уральского отд. географ. общ-ва СССР. Вып.1. Свердловск, 1954. С. 12-77.
5. Колесников Б.П. Некоторые результаты и ближайшие перспективы Средне-Уральского горно-лесного биогеоценотического стационара // Темнохвойные леса Среднего Урала. Тр. Ин-та экологии растений и животных УНЦ АН СССР, вып. 128. Свердловск, 1979. С. 3-11.

УДК 630*23

СУКЦЕССИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ЛИСТВЕННИЧНЫХ (*LARIX SIBIRICA* LDB.) ЛЕСОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ СПЛОШНЫХ РУБОК В МОНГОЛИИ

Ч. ДОРЖСУРЭН

Институт ботаники Академии наук Монголии, Улан-Батор, Монголия

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены последовательные смены растительных сообществ после сплошных рубок в лиственничных лесах Монголии, выявленные на основе многолетних стационарных исследований, которые проводились в лесных стационарах совместной российско-монгольской комплексной биологической экспедиции в Монголии.

С начала 1970-х годов началось интенсивное промышленное освоение лесов Монголии и стали широко применяться бессистемные сплошные рубки. В 1980-х годах объем лесозаготовок достиг 1,8-2,2 млн м³. В настоящее время заготавливается 600-800 тыс. м³ древесины в год.

Рубки леса являются широко распространенным и мощным антропогенным фактором, дестабилизирующим нормальное функционирование лесных экосистем. Произрастая вблизи южных границ ареалов хвойных пород, в условиях резко континентального климата, где широко распространены многолетнемерзлые горные породы и связанные с ними почвы, леса Монголии отличаются большой

ранимостью и неустойчивостью к антропогенным воздействиям.

Стационарные комплексные исследования сукцессии растительных сообществ лиственничных лесов под воздействием сплошных рубок были проведены в Монголии в Центральном Хангае (Тосонцэнгельский лесной стационар, 1975 – 2007 гг.), в Восточном Хангае (Мунгунморьтский лесной стационар, 1981 – 2008 гг.), в лесах Северо-Восточного Хангае (Хялганатский лесной стационар, 1989 – 2009 гг.). Повторные описания подлеска, травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов и учет всходов и подроста древесных пород периодически проводились на 20-25 постоянных площадках размером 2х2 м, заложенных на постоянных пробных площадях.

В Центральном Хангае сплошные рубки в псевдотаежных лиственничниках, непосредственно примыкающих к горной степи, в большинстве случаев приводят к смене леса на степные овсяницево-разнотравно-осочковые и разнотравно-овсяницево (*Festuca ovina*)-осочковые сообщества.

Основными причинами слабого последующего возобновления леса на сплошных рубках являются резкое изменение микроклимата, водно-физических свойств и задерненности почвы, а также опускание уровня вечной мерзлоты (до 3 м) под воздействием рубок. Вечная мерзлота лесной почвы имеет большое значение для водоснабжения растений в засушливый весенний период данного района.

На вырубках ритидиевых лиственничников происходит интенсивный процесс остепнения через ряд последовательных смен травянистых сообществ: злаковое → разнотравно-осочково-злаковое → разнотравно-овсяницево-осочковое (*Carex amgunensis*) степное сообщество (рис. 1).

На сплошных вырубках разнотравно-ритидиевых лиственничников, непосредственно примыкающих к горной степи, процессы остепнения вырубков проходят следующие стадии смен



Рис. 1. Динамика живого напочвенного покрова на сплошной вырубке в ритидиевом лиственничнике

растительных сообществ: злаковое → разнотравно-осочково-злаковое → овсяницево (*Festuca ovina*)-разнотравно-осочковое (*Carex pediformis*) степное сообщество.

Следует отметить, что на сплошных вырубках разнотравно-ритидиевых лиственничников, окруженных лесом, все-таки происходит медленное последующее возобновление леса. По нашим наблюдениям, проведенным на постоянной пробной площади, на 2-летней сплошной вырубке было учтено в пересчете на 1 га 700 шт. подростов лиственницы предварительного происхождения, тогда как через 7 лет (на 9-летней вырубке) количество подростов лиственницы составляло 800

шт./га. Через 20 лет на пробной площади (на 27-летней вырубке) было учтено 1436 шт. подростов лиственницы в пересчете на 1 га, в том числе 944 шт. подростов последующего происхождения с высотой до 3 метров и возрастом 6-25 лет и 492 шт. молодых деревьев со средней высотой 11 м, диаметром 12,4 см, возрастом 30-35 лет, с запасом 36,5 м³/га и полнотой 0,2. На 2-летней сплошной вырубке разнотравно-ритидиевых лиственничников формируются довольно сомкнутые злаковые сообщества, эдификаторами которых являются рыхлокустовые и корневищные злаки – *Bromus pumellianus*, *Poa sibirica*, *Calamagrostis lapponica*. На 9-летней вырубке доминируют *Festuca altaica* (проективное покрытие 16 %), *Bromus pumellianus* (12 %), *Carex amgunensis* (10 %) и *Calamagrostis lapponica* (10 %) и формируется разнотравно-осочково-злаковое сообщество (рис. 2). На 27-летней вырубке формируется разнотравно-злаково (*Calamagrostis lapponica*, *Festuca altaica*)-осочковое (*Carex amgunensis*) сообщество с разреженным молодым древостоем лиственницы.

На старых сплошных вырубках бруснично-ритидиевого лиственничника Центрального Хангае формируется кустарничково (*Lonicera altaica*)-злаково-овсяницево (*Festuca altaica*) сообщество с разреженными молодыми деревьями лиственницы, на вырубке разнотравно-туидиевого лиственничника формируется разнотравно-осочково-лугово-степное сообщество.

Характерной особенностью антропогенной нарушенности экосистем подтаежных лесов Северо-Восточного Хангае является слабая лесовозобновляемость вырубков прошлых лет. Как правило,

сплошные вырубki зарастают лиственными породами (в основном березой). Подроста лиственницы на таких вырубках имелось от нескольких десятков до 2–3 тыс. шт./га.

На свежих сплошных вырубках подтаежных ирисово-разнотравных лиственничников образуется разнотравно-осоково-вейниковое (*Calamagrostis obtusata*) сообщество, которое в дальнейшем становится злаково-осоково-разнотравным с березой в качестве главной древесной породы. Часто повторяющиеся пожары на вырубленных площадях уничтожают подрост древесных пород и приводят к смене подтаежных лиственничников горными лугово-степными сообществами. На сплошных вырубках таежных лиственничников образуются лиственнично-березовые разнотравно-вейниковые и осоково-разнотравно-вейниковые сообщества.

По характеру динамических процессов в лесу, на вырубках и гарях, экологическим особенностям

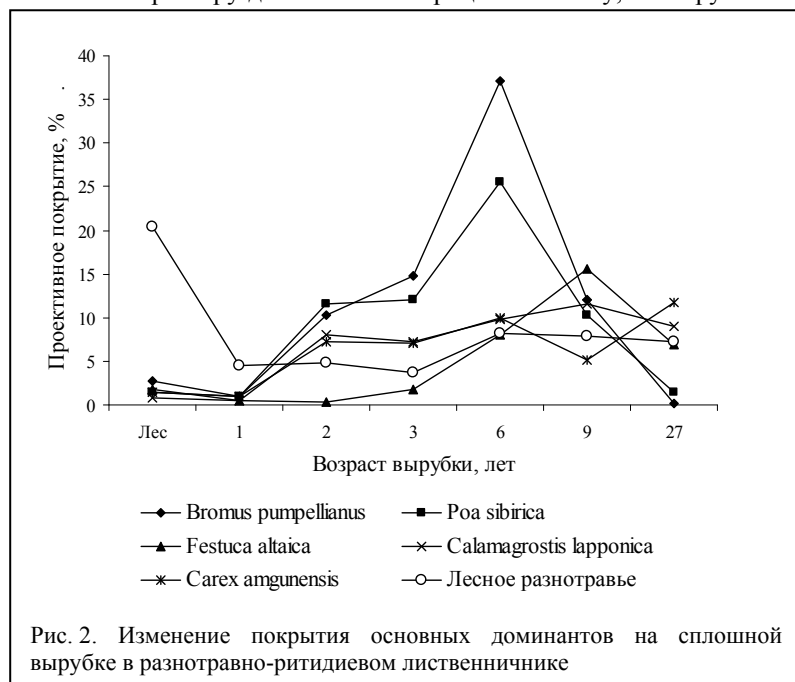


Рис. 2. Изменение покрытия основных доминантов на сплошной вырубке в разнотравно-ригидном лиственничнике

и вероятным направлениям хозяйственного использования все типы леса подтаежных лиственничников Восточного Хэнтэя были объединены в три хозяйственно-типологические группы: лесную мезофитно-разнотравную, остепненную и лесолуговую.

Возобновление сплошных вырубок площадью не более 3–5 га в разнотравных мезофитных лиственничниках происходит успешно. На вырубках со второго-третьего года после рубки появляются всходы лиственницы, на шестом году после рубки накопление самосева лиственницы с двух- до пятилетнего возраста достигает 30 тыс. и более экз. на 1 га. На 22-летней вырубке в пересчете на 1 га учтено 24.9 тыс. экз. самосева

и подроста лиственницы и 200 шт./га подроста березы.

На сплошной вырубке мезофитно-разнотравного лиственничника Восточного Хэнтэя дигрессивно-демутационная сукцессия проходит следующие стадии: разнотравно-овсяницевую с массовым появлением всходов лиственницы → злаково-разнотравно-овсяницевую → разнотравно-овсяницевую (*Carex amgunensis*) → мезофитно-разнотравный лиственничный молодняк (рис. 3).

В лесах, где в составе древостоя участвовала береза, на вырубках появляется самосев березы и в дальнейшем могут образоваться березово-лиственничные или лиственнично-березовые древостои. На

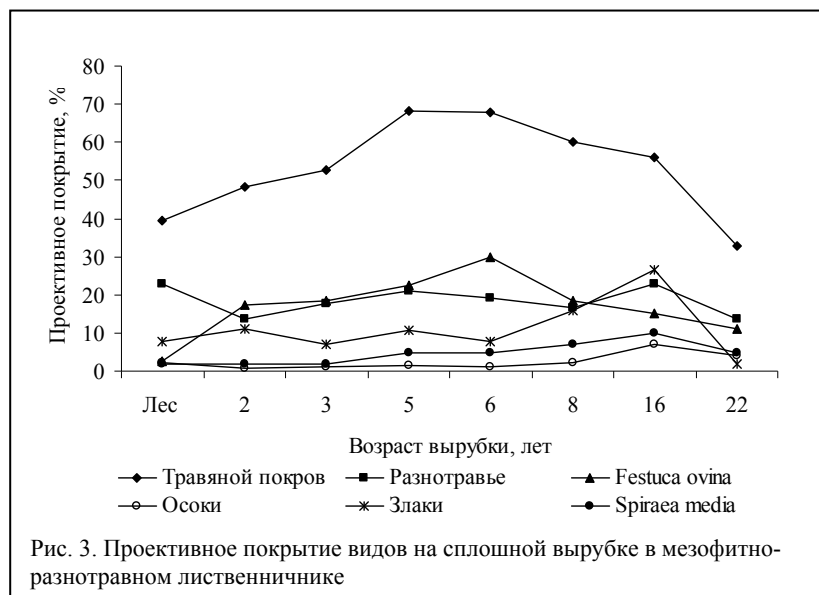


Рис. 3. Проективное покрытие видов на сплошной вырубке в мезофитно-разнотравном лиственничнике

вырубках площадью свыше 3–5 га и на участках, удаленных от стен леса, возобновление идет значительно хуже. На участках, расположенных в центре крупных вырубках, появляется потребность в лесных культурах. Существенное значение в восстановлении вырубок могут иметь мероприятия по сохранению подроста предварительной генерации. Сохранившийся во время рубки подрост на вырубках развивается, как правило, довольно успешно. В лесах, расположенных в верховьях реки Толы, вырубки часто горят. Огнем уничтожается

подрост древесных пород. На старых крупных вырубках мезофитно-разнотравного лиственничника формируются разнотравно-осочково (*Carex amgunensis*)-овсяницево (*Festuca ovina*) сообщества и происходит интенсивный процесс остепнения.

На сплошных вырубках остепненных разнотравных лиственничников формируются осочково-разнотравно-овсяницево горно-степные сообщества. Восстановление леса на сплошных вырубках возможно только во влажные периоды, продолжающиеся не менее пяти лет подряд. Сплошные вырубки в остепненных разнотравных лиственничниках следует облесать с помощью лесных культур.

На свежих сплошных вырубках лесо-луговых разнотравных лиственничников формируется осочково-разнотравно-злаковое сообщество. В дальнейшем усиливается позиция осоки амгунской, и через 8-10 лет после рубки прежнее сообщество сменяется луговым сообществом. Появлению всходов лиственницы препятствует сильно развитый травяной покров. Дигрессивная сукцессия проходит следующим образом: осочково-разнотравно-злаковое → разнотравно-злаково (*Agrostis trinii*)-осочковое луговое сообщество. Восстановление леса возможно только искусственным путем, и обычно оно происходит с большим трудом.

УДК 581.526

ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ КАРТЫ ЦИРКУМБОРЕАЛЬНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Н.Б. ЕРМАКОВ

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск

АННОТАЦИЯ

Изложены принципы составления карты циркумбореальной растительности, принятые в качестве базовых методологических при выполнении одноименного международного проекта. Рассмотрены основные закономерности расположения южной и северной границ циркумбореальной растительности на территории Северной Евразии. Охарактеризовано содержание уровней иерархии легенды карты.

Активное развитие современных информационных технологий на протяжении последних 20 лет, создание обширных баз данных в области биоразнообразия способствуют активизации международного сотрудничества в проведении обобщающих широкомасштабных исследований растительного мира больших территорий. Одним из таких исследований выступает международный проект «Карта циркумбореальной растительности». Своими истоками данный проект обязан активной деятельности рабочей группы по сохранению флоры и фауны Арктики (CAFF) при международном Совете арктических стран. По результатам этой деятельности были созданы список циркумарктической флоры и карта циркумарктической растительности в масштабе 1:7500000. Следующим этапом исследований признана необходимость создания карты циркумбореальной растительности, охватывающей территорию, в основном расположенную в пределах бассейнов рек, впадающих в Северный Ледовитый океан, обоих континентов – Евразии и Северной Америки. В настоящее время проект объединяет специалистов по геоботаническому картографированию, лесоведению, тундроведению и болотоведению из 7 стран: Канада, Германия, США, Финляндия, Швеция, Норвегия, Дания и Россия. По результатам обсуждений проекта (Торшин, Фаройские острова, Дания, 2007, Хельсинки, 2008, Упсала, 2009) определены методологические и методические подходы к созданию карты, а также формы непосредственного взаимодействия участников и координации проекта.

Основные параметры CBVM

1. Карта должна основываться преимущественно на типологических единицах растительного покрова.
2. CBVM должна быть логическим продолжением карты циркумарктической растительности.
3. Масштаб карты – 1:7 500 000,
4. Основное содержание карты – потенциальная растительность, однако планируется создание серии сопровождающих карт (актуальной растительности, геоморфологической, почвенной и др.).
5. Карта должна быть представлена несколькими иерархическими уровнями, отражающими соподчинение единиц бореальной растительности различной размерности.
6. Единицы, представляемые на CBVM, должны быть эколого-фитоценоотическими, но соотнесены с единицами Браун-Бланке.

Учитывая то, что в проекте представлены различные картографические школы, существенно различающиеся по подходам к классификации растительности и методам создания мелкомасштабных карт, первоочередными конкретными задачами выступили:

- Унификация методических подходов к мелкомасштабному картографированию бореальной растительности.
- Создание легенды циркумбореальной растительности на основе проекта бореальной растительности Северной Евразии, подготовленной в соответствии с российскими и европейскими традициями геоботанического картографирования.

В основу методологии CBVM были положены принципы, реализованные в Карте растительности Европы [1].

Важным аспектом создания CBVM выступает определение ее южной и северной границ. CBVM включает территорию, в основном ограниченную непрерывным распространением холодоустойчивых хвойных, хвойно-мелколиственных и мелколиственных лесов бореального типа. Территории с преобладанием холодоустойчивых травяных, кустарничковых и кустарниковых нелесных сообществ бореального типа (главным образом, в приокеанических регионах) также включены в CBVM.

Северная граница CBVM определяется южной границей карты циркумарктической растительности и ограничивается северной границей субарктических редколесий.

Южная граница не столь очевидна как следствие дискуссионности зональной принадлежности переходных подзональных полос (гемибореальной подзоны), а также прохождения в горных системах со сложной структурой растительного покрова. В результате дискуссий южная граница CBVM на равнинах приокеанических районов ограничивается северной границей лесов неморального типа (северной границей хвойно-широколиственных и гемибореальных лесов). Во внутренней части континента южная граница CBVM ограничивается северной границей лесостепной зоны. Континентальные гемибореальные леса (континентальная подтайга) включены в CBVM. В соответствии с широтной зональностью растительности горные системы Южной Сибири (Алтай, Саяны, Прихубсугулье и др.) располагаются за пределами бореальной зоны. Однако бореальная растительность формирует здесь непрерывный, территориально преобладающий высотный пояс, поэтому она включена в CBVM.

Базовые концепции, принятые при построении проекта легенды CBVM.

В основу построения легенды CBVM положены основные принципы, реализованные для Карты растительности Европы.

1. Структурно-физиономические и экологические признаки растительного покрова.
2. Разделение растительности на 2 категории: зональные и незональные типы.
3. Биогеографические принципы (отражение зональных, подзональных, географических секторных и биоклиматических закономерностей).
4. Видовой состав доминирующего (верхнего) яруса.
5. Флористический критерий. Характерные виды и комбинации, флористическая дифференциация, отражающая эколого-географические различия подразделений растительности. Синтаксономические единицы системы Браун-Бланке.
6. Специфические комбинации растительных сообществ.

Иерархическая структура легенды CBVM

На высших уровнях иерархии легенда CBVM отражает наиболее существенные закономерности, общие для бореального биома обоих континентов (Евразии и Северной Америки). В настоящее время проект легенды CBVM содержит 5 уровней иерархии.

На 1-м уровне иерархии легенды представлены наиболее крупные типы растительности, определенные по признакам структуры, физиономии, экологии, а также по признаку зональности и незональности.

Подразделения растительности на высшем 1-м уровне иерархии CBVM

ZONAL AND EXTRAZONAL VEGETATION

A	Arctic polar deserts (High Arctic tundras)
B	Arctic tundras
C	Alpine and subnival vegetation within the boreal zone
D	Subalpine prostrate tree (krummholz), shrub and tall-forb vegetation, including subalpine open woodlands within the boreal zone
E	Subarctic open woodlands, including subarctic shrub and dwarfshrub vegetation
F	Boreal coniferous forests, partly mixed with birch trees
G	Oceanic dwarf shrub heaths, grasslands and tall-forb communities
H	Broad-leaved forests within the boreal zone
I	Forest steppes and steppes within the boreal zone

AZONAL VEGETATION WITHIN BOREAL ZONE

- K Coastal vegetation
- L Mires
- M Swamp and fen forests
- N Floodplain vegetation

На 2-м уровне иерархии отражены главные эколого-физиономические признаки подразделений растительности.

- F Boreal coniferous forests, partly mixed with birch trees
- F.1. Boreal spruce forests (*Picea abies*, *P. obovata*, *P. jezoensis*, *P. glehnii*, *P. mariana*, *P. glauca*, *P. rubens*)
- F.2. Boreal mixed coniferous forests (*Abies-Pinus-Picea*; *Pinus-Larix-Picea*)
- F.3. Boreal pine forests (*Pinus sylvestris*, *P. banksiana*)
- F.4. Boreal larch forests (*Larix sibirica*, *L. gmelinii*, *L. cajanderi*)
- F.5. Boreal birch, aspen (*Betula pendula*, *B. pubescens*, *B. platyphylla*, *B. ermanii*, *B. papyrifera*, *Populus tremula*) and mixed coniferous-birch forests.

На 3-м уровне иерархии отражены крупные географические секторные подразделения, обусловленные фактором орографии и океаничности-континентальности климата.

- F.1. Boreal spruce forests (*Picea abies*, *P. obovata*, *P. jezoensis*, *P. glehnii*, *P. mariana*, *P. glauca*, *P. rubens*)
- F.1.1. European spruce forests (*Picea abies*, *P. obovata*, *Picea abies* x *Picea obovata*), partly with *Pinus sylvestris*, locally with birch (*Betula pubescens* s.l., *B. pendula*), alder (*Alnus incana*) or mixed forests
- F.1.2. East Asian mountain spruce forests (*Picea jezoensis*).
- F.2. Boreal mixed coniferous forests (*Abies-Pinus-Picea*; *Pinus-Larix-Picea*)
- F.2.1. West pre-Urals-West-Middle-Siberian mixed coniferous forests (*Picea obovata*, *Pinus sibirica*, *Abies sibirica*), partly with *Betula pubescens*, *B. pendula*, *Pinus sylvestris* and *Larix sibirica*
- F.2.2. Urals mountain mixed coniferous forests (*Abies sibirica*, *Pinus sibirica*, *Picea obovata*)
- F.2.3. South Siberian mountain mixed coniferous forests (*Abies sibirica*, *Pinus sibirica*), partly with *Picea obovata*, *Larix sibirica*, *Betula pendula* and *Populus tremula*
- F.2.4. East Asian mountain mixed coniferous forests (*Picea jezoensis*, *Abies nephrolepis*)

На 4-м уровне иерархии отражены подзональные особенности лесной растительности, распространенной на равнинах и низких плато.

- A. North boreal types
- B. Middle boreal types
- C. South boreal types

На 5-м уровне иерархии легенды отражены единицы региональной размерности, представляющие доминирующие эколого-географические типы растительности или характерные сочетания нескольких экологически различных типов.

- F.2.1. West pre-Urals-West-Middle-Siberian mixed coniferous forests (*Picea obovata*, *Pinus sibirica*, *Abies sibirica*), partly with *Betula pubescens*, *B. pendula*, *Pinus sylvestris* and *Larix sibirica*
- F.2.1.1. Northern boreal types
- F.2.1.1.1. Pre-Urals open hygrophilous pine-spruce forests (*Picea obovata*, *Pinus sibirica*) with dwarf shrubs and mosses (*Cornus suecica*, *Chamaedaphne calyculata*, *Rubus arcticus*, *Polytrichum commune*, *Sphagnum* spp.)
- F.2.1.1.2. West Siberian open mixed larch-birch-pine-spruce forests (*Picea obovata*, *Pinus sylvestris*, *Larix sibirica*, *Betula pendula*) with dwarf shrubs, mosses and lichens (*Vaccinium myrtillus*, *Ledum palustre*, *Vaccinium uliginosum*, *Linnaea borealis*, *Pleurozium shreberi*, *Cladina stellaris*), alternating with appa mires
- F.2.1.1.3. West Siberian open mixed pine-larch-spruce forests (*Picea obovata*, *Pinus sibirica*, *Larix sibirica*) with *Betula pendula*, with dwarf shrubs, lichens and mosses (*Empetrum nigrum*, *Ledum palustre*, *Vaccinium uliginosum*, *Hylocomium splendens*, *Cladina rangiferina*)

Важным элементом новизны создаваемой карты выступает то, что уделяется большое внимание секторно-географическим подразделениям растительности различной размерности (планетарной и региональной), которые устанавливаются на основе биоклиматических и флористических критериев.

Биоклиматические секторы: океанический, субокеанический, субконтинентальный, умеренно континентальный, континентальный, ультраконтинентальный.

Техническое сопровождение СВММ

- ГИС-платформа и технологии.
- Унифицированная проекция, система координат.
- Использование новых подходов к картографическому моделированию растительности на основе электронных моделей рельефа и климата.
- Использование данных дистанционного зондирования (Landsat – 7, Terra-Modis, Spot, etc) как основы определения и корректировки границ первичной и вторичной растительности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bohn U., Gollub G., Hettwer C., Neuhauslova Z., Raus Th., Schluter H., & Weber H. (eds.) Map of the natural vegetation of Europe. Scale 2,500,000 // Federal Agency of Nature Conservation. Bonn, 2000,

УДК 631.472.51

ФАКТОРЫ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ПОДСТИЛОК БОЛОТНЫХ БЕРЕЗНЯКОВ

Т.Т. ЕФРЕМОВА, С.П. ЕФРЕМОВ

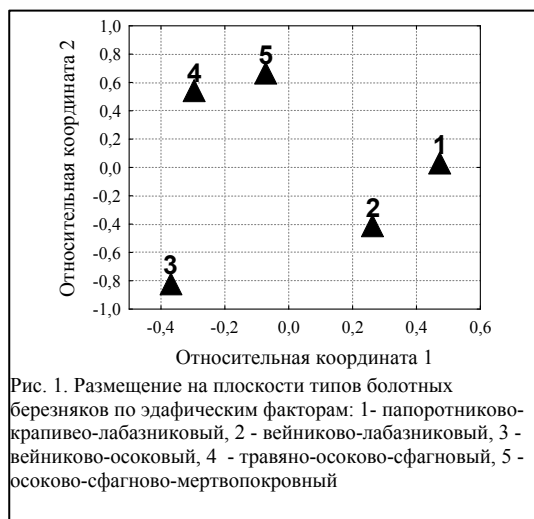
Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

В различных типах мезотрофных березняков ведущим фактором формирования запасов и морфологического строения подстилок, наряду с древостоем, выступает напочвенный растительный покров, состав которого, а также интенсивность и направленность разложения определяются особенностями гидрологического режима – уровнем почвенно-грунтовых вод и степенью проточности. Определённую роль играет также микрорельеф поверхности болота, количество наносных веществ и степень смыва растительного материала в период половодья.

Подстилка является важным элементом лесных экосистем. Однако свойства подстилок – запасы, строение, фракционный, химический состав их минеральных и органических компонентов по-прежнему остаются недостаточно изученными. Самый значительный пробел наблюдается по регионам Сибири и Дальнего Востока, а по породному составу – в березовых лесах [4]. Практически не исследованными остаются подстилки болотных лесов, несмотря на обширные пространства, которое они занимают на территории России. Так, заболоченность равнинной части Западной Сибири составляет более 100 млн га. Около 50 % этой территории занимают лесные болота, в формационной структуре которых березняки составляют 27,4 % [1].

Объектом исследования послужило мезотрофное болото междуречья Оби и Томи, которое благодаря дренирующему влиянию внутриболотной речки занято березняками. В период весеннего половодья внутриболотная речка, её рукава, тальвеги и ручьи переполняются, сливаясь в единый русловой поток над поверхностью торфяника. Наиболее узкие и пониженные участки торфяного массива в этот период практически регулярно оказываются полностью затопленными. По мере удаления от русла возрастает степень олиготрофности субстрата, снижается проточность вод, что обуславливает постепенную смену доминирующих растительных группировок в напочвенном покрове. Чтобы охватить



всё типологическое разнообразие березняков, от береговой линии вглубь торфяного массива был проложен экологический профиль площадью 4,32 га (270×160 м), который на начальном этапе исследований был разбит на 10-метровые секции параллельно руслу. В силу континуальности напочвенного растительного покрова его разграничение было выполнено по комплексу эдафических показателей в соответствии с принципом единства типов леса и условий произрастания, согласно Морозову. Использовали методы многомерного статистического анализа, позволившие объективно уточнить границы местообитаний и соответствующих им типов леса и лесных подстилок.

На рис. 1 отображено расположение на плоскости 5 точек, каждая из которых представляет собой восьмимерный вектор переменных, дискриминирующих условия произрастания болотных березняков: уровни

стояния почвенно-грунтовых вод в летний и осенний срок за 2003 – 2006 годы, расстояние от русла внутриболотной речки, характеризующее степень проточности болотных вод, а также запасы подстилок в этот период. О качестве подгонки модели (отображения) свидетельствует величина стресса 0,000000: чем меньше значения стресса, тем лучше матрица исходных расстояний согласуется с матрицей результирующих расстояний. Ясность полученной конфигурации очевидна, и результирующие координаты легко интерпретируются. Диаграмма рассеяния точек (Т) показывает, что местообитания, расположенные по экологическому профилю на расстоянии 100-140 м (Т 3) от русла внутриболотной речки, значительно отклонены и удалены от других. Так, расстояние квадрата Махаланобиса относительно местообитаний 0-30 м (Т 1) и 30-100 м (Т 2) составляет 8956 и 6271 соответственно, относительно 140-230 (Т 4) и 230-270 м (Т 5) – 10963 и 13086.

Достоверность разбиения типов местообитаний подтверждается и своеобразием физико-химических свойств торфяных почв, не участвующих в дискриминации. Так, срединная часть экологического профиля (100-140 м), которая характеризуется наиболее низким стоянием уровня почвенно-грунтовых вод, выступает в качестве своеобразной медианы. В местообитаниях по направлению к руслу внутриболотной речки (30-100 и 0-30 м) постепенно нарастает зольность торфа, главным образом на глубине 10-30 см, плавно увеличивается объемная масса, смещается в менее кислую сторону реакция среды, судя по значениям pH, и резко снижается общая потенциальная и обменная кислотность. Вглубь торфяного массива в местообитаниях 140-230 и 230-270 м изменения свойств торфяных почв относительно 100-140 м, напротив, характеризуются последовательным снижением зольности, объемной массы, pH до сильнокислого интервала, повышением общей потенциальной и обменной кислотности.

«Отбив» статистически достоверно границы местообитаний, мы выделили в их пределах следующие типы леса: 0-30 м – папоротниково-крапивно-лабазниковый, состав 10Б; 30-100 м – вейниково-лабазниковый, состав 10Б; 100-140 м – вейниково-осоковый, состав 10Б; 140-230 м – травяно-осоково-сфагновый, состав 8Б2С; 230-270 м – осоково-сфагново-мертвопокровный, состав 6Б4С. Таксационные показатели древостоев приведены в табл. 1.

Таблица 1. Таксационная характеристика болотных березняков на экспериментальном топо-экологическом профиле

Тип леса	Полнота	Запасы, м³/га	Средние по берёзе		
			диаметр, см	высота, м	возраст, лет
Папоротниково-крапивно-лабазниковый	1	319	23	24	78
Вейниково-крапивно-лабазниковый	0,83	223	21	23	75
Вейниково-осоковый	0,59	128	18	20	72
Зеленомошно-болотно-разнотравный	1,18	207	16	18	68
Сфагново-мертвопокровный	1,16	194	15	17	63

По особенностям морфолого-генетического строения выделено 6 типов лесной подстилки: сильноразложившаяся, среднеразложившаяся, корневищная (груборазложившаяся), торфянистая, оторфованная и торфяная, приуроченных главным образом к конкретным типам леса. Сильноразложившаяся мощная подстилка 5,7 см ($L_{0,7} - F_{2,1} - H_{2,9}$) древесно-крупнотравного состава формируется в березняке папоротниково-крапивно-лабазниковом. Среднеразложившаяся аналогичного состава мощная 5 см ($L_{1,4} - F_{3,3} - H_{фрагментарно}$) – в вейниково-лабазниковом. Корневищная (груборазложившаяся) древесно-осоково-вейниковая подстилка малой мощности 3,6 см ($L_{1,7} - F_{1,9}$) образуется в вейниково-осоковом березняке. Торфянистая маломощная 4,5 см ($L_{2,4} - F_{2,5}$) мелкотравно-сфагново-древесная – в зеленомошно-болотно-разнотравном типе леса. Оторфованная древесного состава мощная 6,2 см ($L_{3,3} - F'_{2,2} - F''_{0,7}$) и торфяная древесно-моховая мощная подстилка 6,1 (Оч. $L_{3,3} - Оч.F_{2,8}$) – в сфагново-мертвопокровном березняке.

Итак, полнопрофильная подстилка формируется преимущественно в папоротниково-крапивно-лабазниковом березняке, примыкающем к руслу внутриболотной речки. Вглубь торфяного массива строение подстилок упрощается: они слагаются главным образом листовым и ферментативным подгоризонтами. Подстилка того или иного строения приурочена в основном к конкретным типам леса, но не только. Немаловажную роль играет микрорельеф поверхности болота, интенсивность дренажа, определяющего скорость преобразования опада, а также количество наносных веществ и степень смыва растительного материала в период половодья. Поэтому в ряде случаев в одном типе леса образовались разные по строению подстилки. Так, в сфагново-мертвопокровном березняке в сфагновых синузиях формируется торфяная подстилка, в мертвопокровных мочажинах – оторфованная. В вейниково-крапивно-лабазниковом типе леса среднеразложившейся подстилке сопутствует сильноразложившаяся, приуроченная к скоплениям органогенных взвесей, привнесенных половодьем. В то же время маломощная (3,6 см) корневищная подстилка березняка осоково-вейникового – результат частичного смыва древесных остатков потоком талых вод, аккумулируемых весной древним заторфованным

тальвегом, сохранившим слабоогнутую поверхность по ходу стекания. В обоих направлениях от тальвега мощность подстилки постепенно возрастает и достигает максимальной для болотных березняков величины 6,2 см в осоково-сфагново-мертвопокровном типе леса.

Максимальной массой $4,55 \pm 0,174 \text{ кг/м}^2$ характеризуется сильноразложившаяся подстилка папоротниково-крапивно-лабазникового березняка, примыкающего к руслу внутриболотной речки. В вейниково-крапивно-лабазниковом типе леса (30-100 м – здесь и далее указываются расстояния от русла) сильно- и среднеразложившаяся подстилка имеет в среднем массу $3,67 \pm 0,104 \text{ кг/м}^2$. В крупнотравных типах леса (0-30 и 30-100 м) обнаруживается наиболее высокая вариабельность запасов подстилки относительно других. Коэффициент вариации (C_v), изменяясь в пределах 15-30 % за 4 года наблюдений, составлял в основном свыше 25 %. На этом основании березняки крупнотравных типов следует характеризовать как неоднородные по запасам подстилок со значительной степенью варьирования (оценка по: [2, 3]).

Минимальной массой $2,15 \pm 0,057 \text{ кг/м}^2$ отличается корневищная подстилка березняка вейниково-осокового (100-140 м). Изменчивость показателей снижается до среднего уровня – C_v 17 % и свидетельствует об относительной однородности запасов подстилки в данном типе леса. В торфянистой подстилке березняка зеленомошно-болотно-разнотравного (140-230 м) запасы несколько возрастают – $2,55 \pm 0,063 \text{ кг/м}^2$. Средняя оценка варьирования (C_v – 23 %) характеризует данный тип леса как однородный по запасам подстилки. В сфагново-мертвопокровном типе леса (230-370 м), в напочвенном покрове которого заметную роль играют устойчивые к разложению сфагновые мхи, масса подстилки продолжает увеличиваться и составляет $3,05 \pm 0,076 \text{ кг/м}^2$. Средняя вариабельность запасов подстилки (C_v – 16 %) позволяет рассматривать осоково-сфагново-мертвопокровный березняк как однородный по данному показателю.

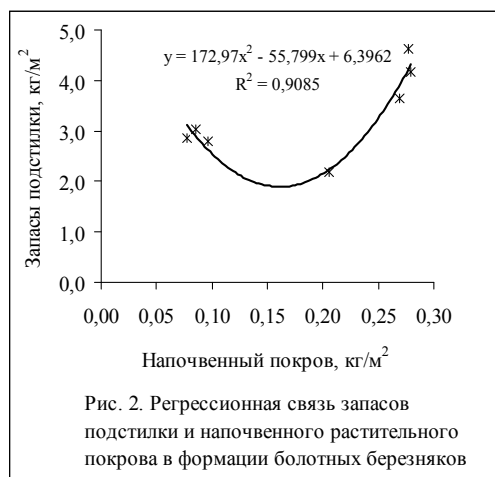


Рис. 2. Регрессионная связь запасов подстилки и напочвенного растительного покрова в формации болотных березняков

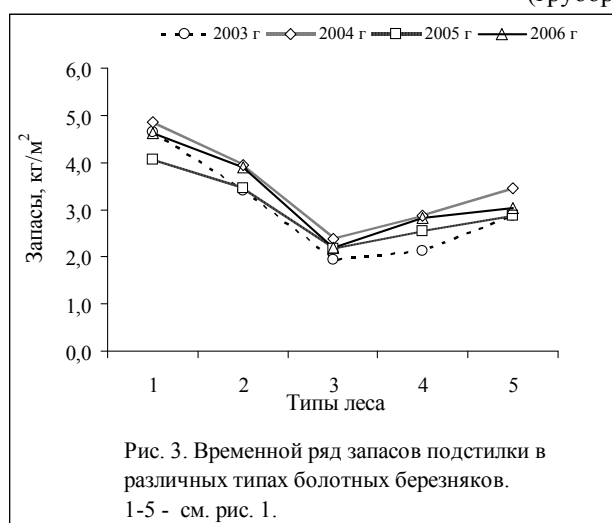


Рис. 3. Временной ряд запасов подстилки в различных типах болотных березняков. 1-5 - см. рис. 1.

Итак, относительно заторфованного древнего тальвега (100-140 м) под березняком вейниково-осоковым запасы подстилки плавно повышаются как в сторону русла внутриболотной речки в крупнотравных типах леса, так и вглубь торфяного массива в болотно-разнотравно-мшистых. При этом в крупнотравных березняках изменчивость массы подстилки нарастает.

Показано, что в болотных березняках при сравнительно равном поступлении древесного опада во всех типах леса запасы подстилки на 91 % детерминируются массой напочвенного растительного покрова (рис. 2).

Установлено направление смен типов лесной подстилки в сукцессионном ряду болотных березняков. Сильно- и среднеразложившаяся подстилка крупнотравных типов леса последовательно сменяется на корневищную (глубоко-разложившуюся) в березняках осоково-вейниковых,

затем на торфянистую в типах лесах с участием моховой растительности в напочвенном покрове и торфяную под сфагновыми синузиями.

Временная изменчивость средних запасов за период 2003 – 2006 годов характеризуется в основном как слабая (C_v – 7-13 %), что наглядно представлено на рис. 3. При этом сравнительная оценка разности средних во времени по t -критерию Стьюдента показала ежегодную недостоверность различий по запасам подстилки ($\alpha = 0,05$) только в березняке папоротниково-крапивно-лабазниковом. Во всех других типах леса оценки достоверности выборочной разности не столь однозначны. В отдельные годы нулевая гипотеза подтверждается, в другие отвергается, и в большинстве случаев это соотношение примерно равное.

Полученные материалы позволяют сделать следующие выводы методического плана. 1. Средняя и значительная пространственная вариабельность запасов подстилки обуславливает необходимость статистической оценки выборочной средней. 2. Для получения на 5 %-ном уровне значимости выборочной средней с ошибкой 5 или 10 %

требуется соответственно 185 и 43 вариант. 3. Объективная оценка запасов подстилок в болотных березниках не может базироваться на результатах одного года.

Работа выполнена при финансовой поддержке Междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 66.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефремов С.П., Ефремова Т.Т., Блойтин В. Биологическая продуктивность и углеродный пул фитомассы лесных болот Западной Сибири // Сибирский экологический журнал, 2005, 1. С. 29-44.
2. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1990. 352 с.
3. Розанов Б.Г. Морфология почв. М.: Изд-во МГУ, 1983. 320 с.
4. Честных О.В., Лыжин В.А., Кокишарова А.В. Запасы углерода в подстилках лесов России // Лесоведение, 2007, 6. С. 114-121.

УДК 630.05: 581.5.524.32

ХАРАКТЕРНЫЕ ЧЕРТЫ НАСАЖДЕНИЙ СЕВЕРНОГО МАКРОСКЛОНА ВЫСОКОГОРНОГО ХАМАР-ДАБАНА В СВЯЗИ С ЛАНДШАФТНЫМ МЕСТОПОЛОЖЕНИЕМ

Р.А. ЗИГАНШИН¹, Ю.М. КАРБАИНОВ²

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

²Государственный природный биосферный заповедник «Таймырский», п. Хатанга

АННОТАЦИЯ

На основе многолетних исследований в высокогорьях Хамар-Дабана (Южное Прибайкалье) произведено обобщение характерных черт таксационной структуры насаждений по ландшафтным местоположениям.

Хребет Хамар-Дабан, несмотря на давнюю обжитость, все еще изучен недостаточно [3]. Надо отметить, что эта обжитость касается только побережья Байкала и межгорных котловин. Внутри же гор населенных пунктов практически нет. Современный характер рельефа горной системы сформирован процессами неотектоники и активными экзодинамическими процессами. Большое влияние оказало и плейстоценовое горно-долинное оледенение. Вследствие обилия на северном макросклоне Хамар-Дабана осадков (до 1400-1500 мм в год в верхнем поясе) здесь типичны ливневые дожди, летние паводки, оползни, селевые потоки и снежные лавины, что неоднократно наблюдалось нами в поле, а также подтверждается работами Б.П. Агафонова [1]. Кроме того, здесь находится зона высокой сейсмоактивности (до 10-11 баллов по Рихтеру).

Все это говорит о высокой экологической ценности местных лесов, стабилизирующих устойчивость всего природного комплекса среднегорного и особенно высокогорного ландшафтов. Поэтому целесообразно остановиться на освещении особенностей таксационной структуры лесов этого уникального по напряженности природных процессов района Южной Сибири.

Урочища верхних частей склонов мезохребтов

Преобладающий высотный уровень залесенной части – 1300-1600 м над уровнем моря. Крутизна частных склонов 30-50°. При крутизне 60-80° присутствуют только скалы и глыбовые россыпи с кедровым стлаником, покрывающим до 40 % площади.

Почвы в этом ярусе склонов суглинистые, мелкие щебенчатые, зачастую фрагментарные. Типы условий местопроизрастания – А₂ и А₃, АВ₂ и АВ₃, В₃, А₂₋₃, В₂₋₃, редко ВС₃ и С₃.

На верхней границе леса местами характерны пихтовые парки и редины с сомкнутостью крон 0,2-0,3, средней высотой деревьев от 4 до 8-10 м, со средним диаметром древостоев в 6-10 см при возрасте в 100-130 лет. Как отдельные деревья, так и подрост несут явные признаки угнетения.

Количество элементов леса в сомкнутых древостоях 2-4, редко больше. Древостои чаще одно-двухъярусные. В первом ярусе преобладает кедр двух поколений – 160-200 и 240-280 (до 320) лет. Во втором – преобладание пихты 120-140 лет с единичными пихтами 160-200 (до 240) лет. Второй ярус из кедрового стланика, в первом ярусе может быть и одна пихта (120-140 лет).

Средние высоты ярусов: I – от 13-15 до 18-21, редко до 24 м. На каменных россыпях высота пихты – 7-8 м. II – от 10-13-15 до 16-17 м. Ярус кедрового стланика имеет высоту 2-3 м. Полноты по ярусам: I – от 0,01-0,05-0,25 до 0,60-0,65 (редко до 1,0-1,2 в случае преобладания пихты в первом ярусе). II – от 0,40-0,60 до 1-1,2 (редко больше). Запасы I яруса – от 5-10 до 50-70 и до 200-300 м³/га, когда преобладает пихта; II яруса – от 3-5 до 70-90, редко до 200 м³/га. Общие полноты и запасы насаждений – от 0,4-0,6 до

0,95-1,30 и от 18-20-50 м³/га до 90-150, на небольших площадях до 270-300 м³/га.

Лесообразующие породы: кедр двух-трех поколений, пихта – двух поколений, кедровый стланик, реже дополнительно береза и ель. В целом по запасам преобладает пихтовая формация.

Характерные растительные ассоциации: злаково-разнотравные с баданом, бадановая со злаками, разнотравные, вейниковые. Типы леса – горно-каменистый бадановый, злаково-разнотравный, мелкотравно-кустарничковый, разнотравный.

В подросте 7-10 единиц пихты, до 3 единиц березы, в примеси кедр, ель. Подрост чаще редкий, неравномерный или групповой от 300 до 1000, иногда 2000 шт./га, высотой до 1-2 м, в возрасте 20-50 лет. В подлеске присутствуют от одного до трех-пяти видов кустарников. Это кедровый и пихтовый стланики, ольховник, рябина сибирская, рододендрон золотистый, бузина красная, береза кустарниковая. Подлесок обычно редкий, неравномерный, реже средней густоты, до 1-2 м высотой.

Покров травянистым ярусом – 30-50 %, иногда до 80-90 %, зелеными мхами – от 5-10-20 % до 60-80 и 90 %. Иногда на одном выделе от 0 до 90 %. Преобладающие классы бонитета IV-Va. Встречаются III и Vb классы. Характерные геоморфологические разности элементов рельефа: субальпийский парк, субальпийский луг, исток ручья в верхах склонов, пригребневая часть мезосклона, боковой (торцевой) склон ледникового цирка, днище ледникового цирка (трога), стенка кара, эрозионная ложбина в цирке, верхняя часть склона отрога хребта, крутая верхняя часть мезосклона, верхняя половина мезосклона, пригребневой неровный склон со скальными останцами, склон купола на плакоре хребта, низ верхней части склона мезохребта, склон распадка ключа в ледниковом цирке.

Урочища средних частей склонов мезохребтов

Высотный уровень преимущественно 1000-1300 м. Преобладает крутизна склонов в 30-40°, вариации – от 20-26° (редко 15) до 46°. Почвы суглинистые, много глыб гранитоидов, иногда метаморфических пород, под напочвенным покровом и на поверхности. Типы условий местопроизрастания – АВ₂₋₃, В₂₋₃, ВС₃, А₂₋₃. Число элементов леса от 2-3 до 4-7 (в случае нередких здесь трехъярусных древостоев).

Средние высоты ярусов: I – от 12-18 до 23 м, II – от 12-14 м (редко 8-9 м) до 16-17 м (редко 18 м). Суммарная полнота ярусов – до 0,70-0,90 (редко выше). Общий запас насаждения от 80-170 (редко 40 м³/га) до 230, редко до 300-320 м³/га (на небольших площадках до 390 м³/га). В верхнем ярусе спелый кедр (140-160, 240-280 лет) с полнотой 0,01-0,06, запасом до 16-24 м³/га. Во втором ярусе, в основном, пихта 130 + 180-240 лет и небольшая примесь ели и березы. Ель в возрасте пихты, береза преимущественно 70 лет (от 50 до 90 лет).

Полнота второго яруса – до 0,70-0,90. Общая полнота может достигать 1,2-1,8 (из-за малой средней высоты). Нередко насаждение одноярусное из пихты и кедра, иногда добавляются ель, береза. В целом по насаждениям характерно преобладание пихтовой фракции. Имеются отдельные выделы из сплошного кедрового стланика по глыбовым россыпям, высотой 2-3 м, сомкнутостью – 0,4-0,7, запасом – 30-40 м³/га.

Запасы мертвого леса (сухостоя и валежа) в насаждениях колеблются от 2-4 до 14-16 м³/га, редко до 30-40 м³/га.

Типы леса: горно-каменистый, бадановый, мелкотравно-кустарничковый (черничники), злаково-разнотравный, разнотравный, изредка – мелкотравно-кустарничковый зеленомошный.

Подрост преимущественно пихтовый, высотой 1-2 м, реже до 3-4 м, в возрасте 20-40 (50) лет, обычно неравномерного распределения. В подросте могут быть кедр, ель и береза. Густота подроста от 500 (на скально-глыбовых участках) до 1,5-2,5, редко до 6 тыс. шт./га.

Подлесок редкий или средней густоты из пихтового и кедрового стлаников, рябины сибирской, жимолости Палласа, бузины красной, кашкары, ольховника, черемухи, реже черной и красной смородины, от 1 до 2-3 м высотой. Покров травянистым – от 5-10 % (редко) до 50-80 %, зелеными мхами – от 5 до 20 %, редко до 80 %.

Класс бонитета насаждений – IV-V, редко III и Va.

Характерные геоморфологические разности элементов рельефа: ровный или ступенчатый склон, выпуклая каменистая часть мезосклона, склон распадка (отрога мезохребта), склон к ручью, реже нагорная терраса (с уклоном в 2-6°), водосборная ложбина на склоне (С₃-С₄), склон ледникового цирка, склон от гребня отрога до ручья (речки).

Урочища нижних частей склонов мезохребтов

Высотный уровень – 700-1000 м (преимущественно). Крутизна склонов 20-45° и до 60°, иногда в отдельных фациях выполаживается (в низах) до 4-12°. Почвы суглинистые, выходы глыб частые, в остальных случаях они близки к поверхности. Почвы чаще всего мелкие, эродированные, нередко фрагментарные. Типы условий местопроизрастания – В₃, В₂₋₃, ВС₃, С₃.

Число элементов леса в древостоях обычно 3-5-7. Количество древесных ярусов 2-3. Средние

высоты ярусов: I – от 16-18 до 21-25 м; II – от 11-13 до 15-17 м; III – от 9 до 12-16 м. Полноты по ярусам: I – от 0,01-0,03 до 0,17-0,19, иногда до 0,50; II – от 0,15-0,35 до 0,60-0,90 (редко до 1,8); III – 0,01-0,02-0,36, реже до 0,6. Запасы соответственно: I – от 2-3 до 12-70 и даже иногда до 100-130-170 м³/га; II – от 25-35 до 130-200, редко до 310 м³/га; III – от 1-8 до 34-55 м³/га.

Лесообразующие породы: пихта, кедр, ель, береза. В верхнем ярусе типична кедровая формация из одного-двух возрастных поколений. Во втором ярусе, как правило, преобладает пихта. Для третьего яруса характерно присутствие березы и молодых поколений кедра, пихты и ели. В целом по насаждениям преобладает пихтовая формация. Общие полнота и запасы насаждений по нижним частям склонов следующие: 0,5-0,9 (до 1,7) и от 90-115 до 200-330, изредка (на небольших площадях) до 400-450 м³/га. Встречаются выделы чистого кедрового стланика по каменным россыпям с единичными деревьями кедра, пихты и ели (до 10 м³/га). Сомкнутость кедрового стланика 0,4-0,7, запасы до 40-50 м³/га. Суммарный запас сухостоя и валежа в древостоях обычно 8-12 м³/га, но может достигать 30 м³/га.

Характерные растительные ассоциации для серий типов леса: бадановая, злаково-разнотравная с баданом, горно-каменистая кедровостланиковая, мелкотравно-кустарничковая, бадановая со злаками, разнокустарничковая горно-каменистая, разнотравная с баданом, мелкотравно-кустарничковая зеленомошная, пихтово-стланиковая бадановая.

В подросте преобладает пихта (до 8-10 единиц), примешиваются кедр, ель, береза. Преобладающая высота подроста – 1-2 м (бывает и 3-4 м). Возраст, в основном, в пределах 20-40 лет (бывает и старше). Чаше размещение подроста неравномерное, в том числе групповое и куртинное. Густота – от 500 экземпляров подроста на каменных россыпях до 3-3,5 тысяч, чаще 1-2,5 тысяч растений.

Подлесок в насаждениях редкий или средней густоты, чаще неравномерного распределения, но бывает и густой, равномерный. Высота подлеска 1-3 м, типичные кустарниковые породы – рябина сибирская, пихтовый и кедровый стланики, бузина красная, кашкара (рододендрон золотистый), ольховник, малина, смородины красная и черная, черемуха, жимолость Палласа, ива козья.

Напочвенный покров: покрытие травяным ярусом от 20-50 до 70-80 %, зелеными мхами 10-30 %, иногда до 40-70 %.

Преобладающие классы бонитета насаждений – III (в первом ярусе), IV-V (второй ярус), изредка Va. Кедровый стланик всегда идет по Va классу бонитета. Характерные геоморфологические разности элементов рельефа: нижняя часть мезосклона (иногда выположенная), нижняя часть склона распадка, склон над ручьем, терраса в нижней части склона, устье распадка. Нередко по выделам проходят эрозионные лотки, наблюдается значительная эродированность безлесных частей насаждений.

Вследствие ограниченности объема публикации остались неосвещенными такие важные местоположения, как урочища плакоров мезохребтов, подножия склонов мезохребтов и днища транзитных рек между мезохребтами. Отметим лишь, что значительная часть плакоров и гребней мезохребтов в высокогорье находится выше границы леса, а там, где лесная растительность достигает плакоров, она подобна насаждениям верхней части склонов. В подножиях склонов ввиду делювиальных отложений почвы мощнее и богаче, но также преимущественно суглинистые, влажные и каменистые. Соответственно выше продуктивность древостоев. На днищах значительно участки аллювиальных отложений, дерновых, глеевых, глееватых, дерново-подзолистых и торфянистых почв, небольшие очаги луговых почв. Насаждения наиболее смешанного состава, с самым разным уровнем продуктивности. Заметное участие антропогенного фактора в виде следов пожаров и отдельных горельников наблюдается именно на днищах речных долин. В разных частях мезосклонов гари и следы пожаров, как правило, не встречаются.

Признаки деятельности вторичных энтомовредителей (прежде всего усачей) наблюдаются от днищ до средних частей склонов включительно. Выше климатические условия для энтомовредителей неблагоприятны.

Что касается фактической эродированности и потенциальной эрозионной опасности по оценкам глазомерной пятибалльной шкалы одного из авторов [2], то она такова: в верхних частях склонов: 1-3 (3-5 – потенциальная). В средних частях склонов соответственно – 1-2, иногда 3 (2-5). В низах мезосклонов – 1-2, редко 3 (3-5). Водоохранная защитность насаждений во всех местоположениях высокогорья варьирует в пределах 3-5 баллов (по этой же шкале).

С учетом значительной водоохранной и почвозащитной роли насаждений высокогорья, а также сложного пересеченного рельефа и больших перепадов абсолютных высот хозяйственная деятельность здесь должна заключаться во всемерном сбережении естественной природной обстановки, без ставки на какое-либо лесопользование для получения древесины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агафонов Б.П. Распространение и прогноз физико-географических процессов в Байкальской впадине // Динамика Байкальской впадины. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1975. С.59-138.
2. Зиганшин Р.А. Глазомерная оценка защитных свойств горных лесов // Экологические основы охраны природы Сибири. Красноярск: Изд-во Красн. ун-та, 1989. С. 37-42.

3. *Моложников В.Н., Моложникова В.В.* Очерк растительности окрестностей г. Байкальска // Растительность хребта Хамар-Дабан. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1988. С. 5-31.

УДК 630*181+630*43

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ, ПРОЙДЕННЫХ НИЗОВЫМИ ПОЖАРАМИ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ*

О.Н. ЗУБАРЕВА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

На основании многолетних наблюдений выполнена оценка состояния сосны обыкновенной после экспериментальных пожаров различной интенсивности. Установлено, что величина отпада деревьев после пожаров различной интенсивности на экспериментальных участках аналогична отпаду деревьев в насаждениях, пройденных естественными пожарами такой же интенсивности. Показано изменение содержания различных форм азота в лубе деревьев с различным огневым повреждением в комлевой части ствола.

Лесные пожары далеко не всегда вызывают сгорание леса. Непосредственное воздействие пожара на древостой чаще проявляется в нанесении огневых повреждений (травм). Огневые повреждения влекут за собой или смерть деревьев, или ослабление их, вследствие чего деревья быстро становятся жертвой вредных насекомых и грибов. Огневые повреждения деревьев проявляются в виде: ожогов ствола; ожогов и перегорания корней; ожогов кроны [7].

Повреждение кроны, живых тканей ствола и корней имеет различное значение для устойчивости древесных растений в целом. Опал кроны смертелен почти для всех хвойных пород. Обгорание корней также смертельно для всех видов хвойных. Наибольший отпад при такого рода повреждениях наблюдается у подроста и деревьев с поверхностной корневой системой. Ожог живых тканей ствола имеет различные последствия для жизнедеятельности деревьев в зависимости от интенсивности повреждения. При устойчивом и длительном горении гибель деревьев может произойти в результате кругового ожога комлевой части ствола. Прогары луба ремнями значительно ослабляют деревья, но могут не приводить к летальному исходу [7, 11].

Значительное количество исследований было проведено по изучению послепожарного состояния насаждений [7, 11, 12], влияния пожаров на отпад в сосняках и ельниках Европейского Севера [9], изменений текущего прироста в сосняках Иркутской области [10]. Исследованиями установлены характер и типы повреждения древостоев вредными насекомыми, снижение в большинстве случаев текущего прироста, формирование специфической возрастной структуры под влиянием периодически повторяющихся пожаров.

В настоящей работе предпринята попытка оценить состояние сосновых насаждений после прохождения в них экспериментальных низовых пожаров различной интенсивности.

Исследования выполнялись в рамках совместного российско-американского проекта «The Russian FIRE BEAR» (Fire Effects in the Boreal Eurasian Region). Эксперименты проводили в сосняках средней и южной тайги Средней Сибири, в условиях, максимально приближенных к естественным пожарам.

В 2001 – 2006 годах было проведено изучение состояния деревьев сосны после прохождения на пробных площадках экспериментальных низовых пожаров различной интенсивности (Ярцево, участок 14 – 14; Говорково, участок 2 – 2Г; Говорково, участок 1 – 1Г; Ярцево, участок 13 – 13; Хребтовский, участок 5 – 5Х; Хребтовский, участок 3 – 3Х).

Оценка состояния деревьев проводилась методом сплошного перечета деревьев на пробной площади. При перечете у каждого дерева отмечали: диаметр на высоте 1,3 м, высоту нагара, состояние кроны (зеленая крона, опал кроны), степень повреждения комля (обгар коры комля без повреждения тканей ствола до 1/3 окружности; повреждение коры и древесины у комля от 1/3 до 1/2 окружности ствола; повреждение коры и древесины у комля более чем на 1/2 окружности ствола). При перечете к сухостою были отнесены деревья с полным опалом кроны.

Для определения влажности луба и содержания различных форм азота на экспериментальных участках были выбраны модельные деревья с зеленой кроной и разной степенью повреждения ствола в комлевой части. С каждого модельного дерева для анализа были собраны образцы луба на высоте 1,3 м.

Обследованные экспериментальные участки, согласно классификации низовых пожаров по интенсивности кромки пожара [13, 6], можно разделить на 3 группы. Пожары на экспериментальных участках Ярцево 14, Говорково 2 следует характеризовать как пожары высокой интенсивности; Говорково 1 и Ярцево 13 – как пожары средней интенсивности; Хребтовский 5 и Хребтовский 3 – как

пожары низкой интенсивности.

Проведенное визуальное обследование сосновых насаждений на экспериментальных участках показало, что после низовых пожаров высокой интенсивности на участках Ярцево 14 и Говорково 2Г деревья с зеленой кроной составляют 27 % от общего числа обследованных деревьев (табл. 1). После пожара средней интенсивности у 71-79 % сосен сохранилась зеленая крона; соответственно, сухостой составляет 21-29 % от общего числа стволов. После пожаров низкой интенсивности (Хребтовский, участки 3 и 5) процент сухостоя от общего числа деревьев составляет 17-22 % (табл. 1). Аналогичные данные по величине послепожарного отпада деревьев получены при оценке состояния насаждений после естественных пожаров [7].

Таблица 1. Отпад деревьев в сосновых насаждениях после пожаров различной интенсивности, в % к общему числу стволов

Объекты исследования	Ступени толщины, см									% отпада от общего числа стволов
	8	12	16	20	24	28	32	36	40	
Ярцево 14	-	-	-	-	100	100	93	33	50	73
Говорково 2Г	100	89	83	61	73	74	50	-	-	73
Говорково 1Г	67	74	32	29	17	30	8	-	-	29
Ярцево 13	100	55	45	11	14	6	-	-	-	21
Хребтовский 5Х	61	20	7	10	-	-	-	-	-	22
Хребтовский 3Х	100	53	12	5	-	-	-	-	-	17

Результаты визуального обследования комлевой части стволов сосен свидетельствуют, что после пожаров высокой и средней интенсивности у 47-57 % деревьев с зеленой кроной на экспериментальных участках отмечен обгар коры без повреждения внутренних тканей, 40-47 % сосен имеют прогар коры до древесины от 1/3 до 1/2 комля. В насаждениях, пройденных низовым пожаром низкой интенсивности, 65-78 % деревьев с зеленой кроной имеют обгар коры, 22-35 % деревьев имеют прогар коры и древесины на 1/3-1/2 окружности комля.

Ряд авторов считает, что величина отпада деревьев зависит от двух показателей: высоты нагара и диаметра ствола. Первый отражает силу пожара, второй – размеры дерева, от которых зависит пожароустойчивость [9, 1, 2]. Измерение высоты нагара на стволах деревьев экспериментальных участков выявило, что наибольшую высоту нагара имеют сосны после пожаров высокой интенсивности от 3,5 до 5,5 м, после пожаров средней интенсивности высота нагара на стволах колеблется в пределах 2,2-2,7 м, после пожара низкой интенсивности высота нагара не превышает 1 м (рис. 1). Четкой зависимости между высотой нагара и диаметром ствола нами не выявлено, можно лишь отметить тенденцию к увеличению высоты нагара с увеличением диаметра дерева.

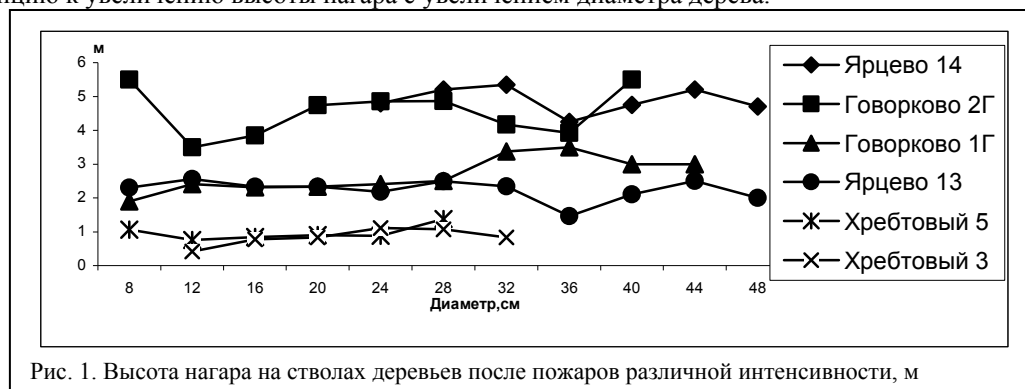


Рис. 1. Высота нагара на стволах деревьев после пожаров различной интенсивности, м

Известно, что ослабление деревьев и потеря ими устойчивости к насекомым-ксилофагам тесно связаны с нарушением водного режима луба. Изменения влажности луба после повреждения деревьев пожаром зависят от степени ожога ствола и кроны. Поэтому нами было изучено изменение влажности луба ствола сосны обыкновенной после огневого воздействия. Определения показали, что влажность луба деревьев на контрольных участках в среднем равна 62,3 % к сырой массе. Через сутки после огневого воздействия влажность луба у деревьев с полностью зеленой кроной была близка к контрольному уровню. У деревьев с полностью опаленной кроной было отмечено увеличение влажности луба на 17 %, у деревьев, имеющих опал кроны на 2/3 высоты, – на 14 % по сравнению с контрольными деревьями. Через год после пожара луб деревьев с полным опалом кроны был поврежден личинками насекомых. У деревьев с опалом кроны на 2/3 высоты через год после пожара влажность луба была выше, чем у контрольных деревьев, на 9 %, что может указывать на ослабление деревьев с частично поврежденной кроной.

При прохождении древостоев низовыми пожарами живые ткани деревьев подвергаются тепловому стрессу. Тепловое повреждение не всегда приводит к гибели дерева сразу, но в результате возникающих отклонений в метаболизме могут развиваться деструктивные процессы. Одним из признаков нарушения метаболизма могут служить отклонения в азотном обмене.

Содержание общего азота в лубе ствола сосен на высоте 1,3 м на контрольном участке колеблется в пределах 2,16-3,78 мг/г сухой массы, в среднем – 2,86 мг/г. Содержание белкового азота варьирует в пределах 1,8-3,3 мг/г и в среднем равно 2,33 мг/г абс. сухой массы, что составляет 81,5 % от количества общего азота. Сходные данные по соотношению белкового и общего азота в лубе сосен были получены Л.Н. Дудиной [5].

Часто для оценки чувствительности дерева к какому-либо негативно действующему фактору (загрязнение, повышение и понижение температуры) используется отношение белкового азота к небелковому. Этот показатель достаточно информативен, т.к. отражает, с одной стороны, ростовые процессы, а с другой – степень воздействия фактора [3, 8]. В наших исследованиях отношение содержания белкового азота к небелковому в тканях луба контрольных деревьев варьирует в пределах 4,0-5,7, что, по мнению ряда авторов, соответствует состоянию здоровых деревьев [5, 3, 8].

Через сутки после пожара высокой и средней интенсивности отмечается уменьшение содержания и соотношения различных форм азота в лубе деревьев с зеленой кроной и различной степенью повреждения комля. Наблюдается снижение доли белкового азота до 62-74 % от общего азота и увеличение доли небелкового азота от 26 % до 37 % от общего азота. По мнению Г.И. Гирс [3], при резком ослаблении пожаром здоровых деревьев с хорошо развитой корневой системой и при наличии частично сохранившейся кроны ксилемный транспорт и поступление минеральных веществ длительное время не нарушаются, и во флоэмных тканях скапливается избыток азотистых веществ. Сильно изменяется показатель соотношения белкового азота к небелковому, от 1,6 до 2,9, что указывает на ослабление деревьев.

Через год после огневого эксперимента у модельных деревьев наблюдалось уменьшение содержания общего азота в лубе деревьев на 20-28 %, белкового азота – на 22-23 %. Г.И. Гирс [3] также отмечает снижение содержания общего азота через год после пожара. Автор считает, что это может быть следствием недостатка пластических веществ, поступающих из частично обгоревших крон. У экспериментальных деревьев повреждение крон соответствует 1/4 высоты кроны и 1/2 высоты кроны. С другой стороны, это может быть связано со снижением запасов азота в почве после пожара. В работе Гуляженко [4] отмечается, что через год после пожара происходит снижение содержания азота в почве.

Исследования азотного обмена в лубе деревьев, проведенные через 5 лет после огневого эксперимента, показали, что за это время не произошло полного восстановления азотного обмена у деревьев с частично поврежденной кроной и обгаром коры без ее прогаров до древесины.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 07-04-00562 и МНТЦ №3695.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амосов Г.А. Некоторые закономерности развития лесных низовых пожаров // Возникновение лесных пожаров. М.: Наука, 1964. С. 153-171.
2. Войнов Г.С., Софронов М.А. Прогнозирование отпада в древостое после низовых пожаров // Современные исследования типологии и пирологии леса. Архангельск, 1976. С. 115-121.
3. Гирс Г.И. Физиология ослабленного дерева. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1982. 254с.
4. Гуляженко И.В. Влияние низовых пожаров на содержание хлорофилла и питательных веществ в хвое сосны обыкновенной // Лесоведение и лесное хоз-во. Минск, 1971. С. 21-24.
5. Дудина Л.Н. Влияние высоких температур на качественный и количественный состав азотистых веществ в лубе сосны обыкновенной // Реакция хвойных на действие повреждающих факторов. Красноярск: Изд-во ИЛИД, 1979. С. 15-29.
6. Иванова Г.А. Зонально-экологические особенности лесных пожаров в сосняках Средней Сибири: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Красноярск, 2005. 40 с.
7. Мелехов И.С. Природа леса и лесные пожары. Архангельск: Наука, 1948. 60 с.
8. Михайлова Т.А. Эколого-физиологическое состояние лесов, загрязняемых промышленными эмиссиями: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Иркутск, 1997. 47 с.
9. Молчанов А.А. Влияние лесных пожаров на древостой // Тр. Ин-та леса. Т. XVI. М.: Изд-во АН СССР, 1954. С. 314-335.
10. Романов В.Е. Определение ущерба от низовых пожаров // Лесное хоз-во, 1968, 2. С. 22-23.
11. Санников С.И. Лесные пожары как эволюционно-экологический фактор возобновления популяций сосны в Зауралье // Горение и пожары в лесу. Красноярск: Ин-т леса, 1973. С. 236-277.
12. Софронов М.А. Последствия пожаров // Крупные лесные пожары. М.: Наука, 1979. С. 114-138.
13. McRae D.J., Conard S.G., Ivanova G.A., Sukhinin A.I., Baker S.P., Samsonov Y.N., Blake T.W., Ivanov V.A., Ivanov A.V., Churkina T.V., Hao W.M., Koutzenogij K.P., Kovaleva N. Variability of fire behavior, fire effects, and emissions in scotch pine forest of central Siberia//Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. Springer, 2006. Pp. 45-74.

ГОРНО-ЧЕРНЕВЫЕ ЛЕСА БАРЬЕРНО-ДОЖДЕВЫХ ЛАНДШАФТОВ САЯН: КЛАССИФИКАЦИЯ, БИОРАЗНООБРАЗИЕ, ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНО- ВОЗРАСТНОЙ ДИНАМИКИ

Д.М. ИСМАИЛОВА, Д.И. НАЗИМОВА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются особенности биоразнообразия и восстановительной динамики горно-черневых лесов барьерно-дождевых ландшафтов Саян, представляющих своеобразный класс экосистем Алтае-Саянского экорегиона, уникальный по истории формирования, составу и структуре. Приведен спектр фоновых серий типов леса, подтверждающий специфику типологического состава коренных черневых пихтово-кедровых лесов и определяющий ход лесовосстановления в производных насаждениях.

Под дождевыми лесами в известной биоклиматической классификации наземных экосистем [22] принято понимать леса наиболее гумидного климата, сформированные в условиях активного циклонического режима, с большими средними многолетними суммами осадков и низким показателем потенциальной эвапотранспирации (ППЭ 0,3-0,2). Они занимают крайнее положение на шкале гумидности (атмосферного увлажнения) климата: dry (сухие) – (moist) влажные – wet (сырые) – rain forest (дождевые леса) и свойственны в большей степени склонам гор, обращенным к несущим влагу ветрам, чаще всего вблизи побережий Тихого и Атлантического океанов. В центральных частях континентов такие горные экосистемы формируются лишь в порядке исключения и до недавнего времени не были известны по публикациям. Впервые барьерно-дождевые ландшафты на территории Сибири были показаны на карте ландшафтов СССР А.Г. Исаченко с соавторами в 1989 г. Ареал их согласуется в целом с наветренными склонами горных систем Алтае-Саянского экорегиона, хотя требует дополнительных уточнений по результатам наших исследований. По показателям влагообеспеченности, составу древесных пород, травяного и мохового покрова, наличию эпифитов, сезонной ритмике и ходу естественного возобновления к категории барьерно-дождевых экосистем с полным правом можно отнести пихтово-кедровые леса и редколесья наветренных склонов Западного и Восточного Саян (50-56° с.ш., абс. высоты 350-1500 м).

Горно-черневые леса образуют нижний пояс в спектре поясности барьерно-дождевых ландшафтов Саян. Этот уникальный для Сибири класс формаций лишь локально сохранился в низкогорном и среднегорном поясах (350-850 м) в избыточно-влажных циклонических провинциях Алтае-Саянской горной области. Их отличительными особенностями являются разновозрастность, высокая потенциальная продуктивность, богатство реликтовыми элементами неморальной флоры, сохранившимися с доледникового периода и продолжающими существовать под пологом кедровых, пихтовых и осиновых лесов благодаря особому климату, имеющему сходство с климатом широколиственно-хвойных лесов Дальнего Востока [15].

Достаточное количество тепла (средняя температура июля – 16-18°C, средняя температура за вегетационный период 12-13,5°C, сумма температур за период выше +10°C порядка 1400-1800°C) и обилие влаги (700-1000 мм в год) создают оптимальные условия для самой требовательной из лесообразующих пород Сибири – пихты, а также кедра, осины. Продолжительность вегетационного периода составляет 160-120 дней, быстро сокращаясь с абсолютной высотой.

Для черневых лесов Западного Саяна, Алтая, Кузнецкого Алатау, Горной Шории, Салаира [20, 2, 21] характерно отсутствие промерзания почвы, что создает условия для сохранения теплолюбивых элементов неморальной флоры. Благодаря адвекции воздушных масс в зимний период снежный покров накапливается, уменьшая тепловое излучение почвы. В результате почва не промерзает, создаются благоприятные условия для протекания биологических процессов даже в зимнее время. Запасы почвенной влаги в весеннее время обуславливают заметное развитие синузидов весенних эфемероидов, что свидетельствует о сходстве черневых лесов с широколиственными лесами европейской части России. Большое количество осадков и длительное таяние весной огромных масс снега делает пожары для черневых лесов явлением нехарактерным [23].

Почвы под черневыми лесами, по данным М.П.Смирнова [17], формируют особый генетический тип, близкий к бурым лесным почвам Карпат и Дальнего Востока. Наряду с этим в подчиненных элементах рельефа (шлейфах склонов) развиваются дерново-подзолистые и серые лесные почвы, имеющие признаки оглеенности в генетическом профиле.

Изучение черневых лесов имеет длительную историю, начало которой положил П.Н. Крылов в конце XIX в., а последние исследования относятся к началу XXI в. [3, 19, 24, 4].

Черневые леса отличаются особой структурой сообществ: высокой производительностью древостоев, слабым естественным возобновлением, разреженностью древесного яруса, наличием богатого по видовому составу подлеска и травяного покрова, отсутствием бореальных кустарничков и мхов. Мощно развитый травяной покров – главное препятствие для возобновления и успешного развития новых поколений пихты и особенно – кедра, подрост которого отмирает под пологом трав. Травяной покров сложен из уникального для условий Сибири сочетания эколого-ценотических групп видов (ЭЦГ). В нем доминируют крупные лесные папоротники (*Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod., *Dryopteris lanceolata-cristata* (Hoffm.) Alst., *Dryopteris carthusiana* (Vill.) H. P. Fuchs. и др.), неморальные реликты (*Anemone baicalensis* Turcz. ex Ledeb., *Brunnera sibirica* Stev., *Festuca gigantea* (L.) Vill., *Cruciata krylovii* (Iljin.) Pobed. и др.), лугово-лесное крупнотравье (*Cirsium heterophyllum* (L.) Hill., *Heracleum dissectum* Ledeb., *Angelica sylvestris* L. и др.), лугово-лесное разнотравье и злаки, в примеси таежное мелкотравье (*Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newm., *Oxalis acetosella* L., *Trientalis europaea* L.) и другие ЭЦГ. Отличительной особенностью черневых лесов является участие в их составе видов неморальных реликтов, происхождение которых связано с термофильными хвойно-широколиственными лесами плиоцена, приспособившимися к произрастанию под пологом мелколиственных (береза, осина) и темнохвойных (кедр, пихта) пород на склонах Алтая, Салаира, Кузнецкого Алатау и Саян.

Травяной покров в черневых лесах Саян выполняет роль субэдикатора [1], влияя на процессы биологического круговорота, затрудняя возобновление кедр и пихты как под пологом, так и на вырубках черневых кедровых лесов [13, 7].

В черневых лесах Салаира [9, 10, 11, 12] в сообществах, где высокотравье образует сомкнутый ярус, успешное возобновление пихты возможно лишь в определенных местообитаниях: там присутствуют локальные нарушения, связанные с валежом и ветровальными комплексами. Те же особенности свойственны многим сообществам Саян.

Большое число эндемичных и реликтовых видов подтверждает самобытность флоры барьерно-дождевых лесов Саян. К неморальным реликтам относятся: *Anemone baicalensis*, *Brunnera sibirica*, *Cruciata krylovii*, *Dryopteris filix-mas*, *Festuca gigantea*, *Daphne mezereum* и ряд других. К южно-сибирским эндемикам относятся: *Crepis lyrata*, *Saussurea latifolia*, *Allium microdictyon*, *Galium krylovii*, *Brunnera sibirica*, *Chrysosplenium sedakowi* и др. В большом количестве местами отмечены западно-саянские эндемики – *Asplenium trichomanes* ssp. *kulumysense*, *Chrysosplenium filipes* и др., алтае-западносаянские эндемики – *Scrophularia altaica*, *Chrysosplenium ovalifolium* и ряд других. Многие неморальные реликты являются редкими и находятся под угрозой исчезновения, как и сама популяция черневых кедровников Саян, обладающая рядом генетических особенностей. Работами Н.В. Степанова, Т.Н. Отнюковой значительно расширен перечень редких и эндемичных видов высших растений и мхов, а также списки видов лишайников, которые еще раз подчеркивают высокое своеобразие флористического состава данных сообществ [18, 19].

Рассматривая особенности сезонной динамики в черневых лесах Саян, Н.И. Молокова [25] отмечает, что богатый видовой состав, особенности фитоценотической структуры способствуют выраженной смене сезонных аспектов. Двувёршинный характер цветения в фитоценозах (с пределетным и летним максимумами – в начале июня и в первой половине июля) связан со специфическим составом эколобиоморф и наибольшей продолжительностью вегетационного периода, характерной для низкогорных черневых лесов. Длительность цветения составляет 100-105 дней.

По результатам лесоустройства 1970 г., проводимого при участии специалистов Института леса, в Танзыбейском лесничестве (около 150 тыс. га) были определены площади формаций и серий типов леса в каждом высотном поясе (ВПК). В табл. 2.1. представлены данные по черневому ВПК, занимающему 22,5 % площади Танзыбейского лесничества на высотах от 350 до 800-900 м.

Типологический фон в черневых лесах образуют пихтарники, пихтово-кедровые и пихтово-осиновые леса крупнотравно-папоротниковой серии. Под пологом кедр и пихты формируется мощно развитый травяной покров из папоротников (*Dryopteris filix-mas*, *D. expansa*, *Matteuccia struthiopteris*, *Athyrium filix-femina*, *Diplazium sibiricum* и др.) и крупнотравья. Нижние подъярусы сложены элементами широкоотравья и разнотравьем, представленными большим количеством видов. Моховой покров развит очень слабо. Встречаются представители рода *Mnium*, а также *Eurhynchium angustirete*, *Cirriphyllum piliferum*. Распространены лишайники: *Sticta limbata*, *S. nylanderiana*, *Lobaria retigera*, *Cetraria oakesiana*, *Tuckneraria laureri*.

Наряду с крупнотравно-папоротниковой содоминирует и папоротниково-вейниковая серия типов леса (рис. 1). Крупнотравно-папоротниковые низкогорные и среднегорные кедровники, пихтарники, сосняки, березняки и осинники занимают 34,6 % площади. Кедр и пихта доминируют на 33,1 и 36,6 % территории соответственно. Береза, осина и сосна – на 15,5, 13,0 и 0,5 %. По берегам ручьев и рек встречается ель (0,1 % общей площади), а также ольха и ива – 0,3 %.

В силу высокой производительности (запасы достигают 500-600 м³/га) и доступности кедровники черневые интенсивно вырубались в 50 – 80-е годы XX в. В результате сплошных рубок в настоящее

время на их месте сформировались малоценные пихтово-лиственные и осиновые насаждения, в которых слабое естественное возобновление кедра не обеспечивает смену исходных кедровников. Особенности восстановительно-возрастной динамики рассмотрены в работах Н.П. Поликарпова, П.М. Ермоленко, Р.И. Лоскутова, Р.М. Бабинцевой, многих других авторов. В задачу специалистов лесного хозяйства входит восстановление кедра как наиболее перспективной породы. Кроме того, что кедр имеет высокую



орехопродуктивность и ценную древесину, установлено, что кедровники даже в спелом и перестойном возрасте по сравнению со всеми другими насаждениями наилучшим образом выполняют средозащитные и стабилизирующие функции в условиях избыточного увлажнения климата и горного рельефа [8].

Исследованиями специалистов Института леса решены многие вопросы сохранения генофонда черневых кедровников, восстановления их на вырубках, создания

искусственных плантаций кедра и разработаны меры по рациональному ведению хозяйства и многоцелевому природопользованию в черневых лесах.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ 08-04-00600-а и 09-04-98040.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вишнякова З.В. Микрофлора хвои, опавов, подстилок и почв кедровников Западного Саяна: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Томск, 1968.
2. Ермоленко Л.Г. Динамика лесорастительных свойств почв темнохвойных лесов Западного Саяна: Дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05. Красноярск, 1987. 181 с. Библиогр.: с.181-204.
3. Ермоленко П.М., Овчинникова Н.Ф. Стационарные лесоводственные исследования в темнохвойных лесах Западного Саяна // Лесные стационарные исследования, методы, результаты, перспективы. Тула: Гриф и К°, 2001. С. 221-224.
4. Исмаилова Д.М., Назимова Д.И. Долговременная динамика фитоценотической структуры черневых пихтово-осиновых лесов // Лесоведение, 2007, 3. С. 3-10.
5. Исмаилова Д. М. Динамика фитоценотической структуры черневых лесов низкогорий Западного Саяна. Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 2007. 22 с.
6. Молокова Н.И. Эколого-ценотический анализ и феноиндикация высотно-поясных комплексов типов леса (на примере гумидных районов Саян). Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 1992. 16 с.
7. Кузнецова Т.С. Фитоценотическая структура кедровников Западного Саяна // Типы лесов Сибири. Вып. 2. М., 1969. С. 25-77.
8. Кедровые леса Сибири // Семечкин И.В., Поликарпов Н.П., Ирошников А.И. и др. Новосибирск, 1985. 256 с.
9. Лащинский Н.Н. Восстановительная и возрастная динамика крупнотравных осинового лесов // Изв. Сиб. отд-я АН СССР. Сер. биол. 1990. Вып. 2. С. 76-80.
10. Лащинский Н.Н., Махатков И.Д., Лащинский Н.Н.-мл. Влияние травостоя на возобновление древесных пород в черневых лесах Салаира // Лесоведение, 1991, 1. С. 66-69.
11. Лащинский Н.Н. Структурно-динамические особенности растительного покрова гумидных низкогорий юга Сибири: Дисс. ... докт. биол. наук: 03.00.05. Новосибирск, 2004. 420 с. Библиогр.: с. 394-420.
12. Махатков И.Д. Возобновительный процесс в пихтовых лесах Салаира в связи с микрорельефом // Лесоведение, 1998, 5. С. 12-17.
13. Поликарпов Н.П., Бабинцева Р.М. Лесовосстановительные процессы в темнохвойных лесах северной части Западного Саяна // Лесоводственные исследования в лесах Сибири. Тр. ИЛИ СО АН СССР. Красноярск: Красн. кн. изд-во, 1963. С. 149-183.
14. Поликарпов Н.П. Комплексные исследования в горных лесах Западного Саяна // Вопросы лесоведения. Т.1.

- Красноярск, 1970. С. 26-79.
15. Поликарпов Н.П., Чебакова Н.М., Назимова Д.И. Климат и горные леса Южной Сибири. Новосибирск: Наука, 1986. 226 с.
 16. Поляков В. И. Черневые кедровники Западного Саяна: контроль и прогнозирование хода роста / Отв. ред. В. А. Соколов. Ин-т леса им. В. Н. Сукачева. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 181 с.
 17. Смирнов М.П. Почвы Западного Саяна. М.: Наука, 1970. 234 с.
 18. Степанов Н.В. Флорогенетический анализ (на примере северо-восточной части Западного Саяна). Красноярск: Изд-во РИО КрасГУ, 1994. 108 с.
 19. Степанов Н.В. Васильев А.Н., Тулицына Н.Н., Антипова Е.М., Сонникова А.Е., Андреева Е.Б., Штаркер В.В., Белик О.В., Матвеева Ю.В. Флора Саян / Красноярск: Изд-во Красн. ун-та, 2003. 326 с.
 20. Трофимов С.С., Таранов С.А. Горно-таежные глубокоподзолённые непромерзающие почвы Горной Шории // Лес и почва. Красноярск: Красн. кн. изд-во, 1968. С. 107-121.
 21. Экология сообществ черневых лесов Салаира / Лашинский Н.Н., Лузанов В.Г., Ревякина М.П. и др. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1991. 73 с.
 22. Holdridge L.R. Life zone ecology. San Jose, 1967. 206 pp.
 23. Поликарпов Н.П., Назимова Д.И. Темнохвойные леса северной части Западного Саяна // Лесоводственные исследования в лесах Сибири. Тр. ИЛИД СО АН СССР. Красноярск: Красн. кн. Изд-во, 1963. Т. 57. С. 103-147.
 24. Поляков В.И., Семечкин И.В. Динамика и устойчивость черневых кедровников Западного Саяна // Лесоведение. 2004. №4. С. 1-14.
 25. Молокова Н.И. Особенности сезонной динамики темнохвойных фитоценозов в разных высотных поясах Западного Саяна // Эколого-фитоценотические особенности лесов Сибири. Красноярск: ИЛИД, 1982. С. 77-92.

УДК630*43:630*182.47

ВОССТАНОВЛЕНИЕ НИЖНИХ ЯРУСОВ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРИ НИЗОВЫХ ПОЖАРАХ В СРЕДНЕТАЕЖНЫХ СОСНЯКАХ

Н.М. КОВАЛЕВА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены некоторые особенности послепожарной трансформации травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов на начальных этапах восстановительных сукцессий после воздействия низовых пожаров разной интенсивности в среднетаежных сосняках.

Пожары в бореальных лесах являются постоянно действующим природным фактором, который формирует их структуру и видовое разнообразие. На сосновые леса приходится до 60 % от общего количества лесных пожаров [1]. Вполне понятно, что естественные лесные пожары, возникающие от неизвестных источников возгорания и стихийно распространяющиеся по территории, не могут быть базой для моделирования сукцессионного процесса. Параметры их неизвестны, об их интенсивности можно судить лишь по косвенным показателям. Экологические последствия таких пожаров трудно сопоставимы с параметрами огневого воздействия и также классифицируются по косвенным показателям. В этом случае необходимые сведения можно получить с помощью экспериментов.

В рамках комплексного российско-американского проекта с целью оценки воздействия пожаров на компоненты экосистемы проведена серия экспериментов по моделированию поведения лесных пожаров разной интенсивности на 9 участках площадью по 4 га каждый, представляющих собой контролируемые выжигания, при которых горение распространялось фронтальной кромкой по ветру. При выжиганиях регистрировались скорость распространения, высота пламени, температура и глубина прогорания. Цель настоящего исследования – оценка изменения видового состава и пространственной структуры травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов на начальных этапах восстановительных сукцессий после пожаров разной интенсивности.

Исследования проведены в сосняках кустарничково-лишайниково-зеленомошных в районе р. Тугулан на Енисейской равнине (60°с.ш., 89° в.д.). Сосновые насаждения сформированы на песчаных подзолах. Древостой пирогенного происхождения, одноярусный, средне- и высокополнотный, IV класса бонитета, разновозрастный. В данной работе рассмотрены 3 участка, пройденные низовыми пожарами разной интенсивности. В 2000 г. на участке 14 был смоделирован высокоинтенсивный пожар, на 13 участке — пожар слабой интенсивности, в 2002 г. участок 21 был пройден пожаром средней интенсивности [2].

На следующий год после пожара высокой интенсивности (14 участок) на участке погибло до 81 % древостоя. Травяно-кустарничковый ярус был с сильными повреждениями, образовалась большая площадь обнаженного минерального горизонта. Наблюдалось восстановление допожарных видов кустарничков (*Vaccinium vitis-idaea*, *V. myrtillus*, *Ledum palustre*). В прежних границах кустарничково-

зеленомошной микроассоциации сформировалась кустарничковая, представленная видами *Vaccinium vitis-idaea* и *V. myrtillus*. Большую часть участка занимала ветвистая микрогруппировка. На третий год произошло укрупнение контуров растительных микрогруппировок, доминирующее положение занимала бруснично-ветвистая микроассоциация. На восьмой послепожарный год происходит активное разрастание в травяном покрове вида *Calamagrostis arundinacea*, проективное покрытие которого составляло 10 %. В моховом покрове доминирует *Polytrichum commune* Hedw. (25 %). На большей части участка доминирует кустарничково-ветвистая-политриховая микрогруппировка.

На участке 21, пройденном пожаром средней интенсивности, первые стадии восстановительных сукцессий протекают несколько иначе. Через год после пожара отпад деревьев не наблюдался. Часть деревьев основного полога древостоя перешла из категории «здоровых» в категорию «ослабленных». Проективное покрытие кустарничкового яруса не изменилось. Восстановление кустарничков особенно интенсивно происходит за счет сохранившейся растительности вокруг приствольных повышений деревьев. Мхи остались в невыгоревшей части участка во влажных микропонижениях, которые не были затронуты огнем. Лишайники были уничтожены огнем полностью. Контуров растительных микрогруппировок укрупнились по сравнению с допожарными. Произошло замещение растительных микрогруппировок с доминированием мхов и лишайников на брусничную и кустарничковую. На месте лишайниковой микроассоциации образовались мертвопокровные участки. На третий – пятый годы после пожара древостой как эдификатор полностью сохранил свои средообразующие функции. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса достигло своего допожарного уровня. В моховом покрове происходит постепенное восстановление зеленых мхов *Dicranum polysetum* Michx. и *Pleurozium schreberi*. Большую часть участка занимает брусничная микроассоциация. Сохраняются мертвопокровные участки небольшого размера.

На участке 13, пройденном пожаром слабой интенсивности, на следующий год после пожара отпад деревьев составил 2,4 %. Видовое разнообразие травяно-кустарничкового яруса сохранилось, изменилось лишь проективное покрытие видов растений, которое снизилось в 2 раза. Мохово-лишайниковый ярус был уничтожен пожаром полностью. Площадь мертвопокровных участков незначительна. В границах допожарной бруснично-лишайниково-зеленомошной микроассоциации сформировалась брусничная, в границах кустарничково-зеленомошной — кустарничковая. На пятый год на участке продолжилась стабилизация видового состава и структуры растительного покрова. Появились отдельные пятна зеленых мхов *Pleurozium schreberi* и *Dicranum polysetum* (проективное покрытие по 2 %). На участке выделялись две доминирующие микрогруппировки – брусничная и бруснично-черничная. На восьмой год проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса еще не достигло допожарного состояния. Из травяного покрова исчез *Chamerion angustifolium*. На сильно прогоревших участках доминирующие позиции в моховом ярусе занимает послепожарный вид *Polytrichum commune* (10 %). Мозаичность напочвенного покрова увеличилась, при этом доминирующая роль принадлежит бруснично-черничной микроассоциации. Однако уже на данном этапе сукцессионного процесса наблюдается восстановление в прежних границах допожарной бруснично-чернично-зеленомошной микрогруппировки.

Таким образом, после низовых пожаров любой интенсивности разрушение мохово-лишайникового покрова наблюдалось уже в первый год после пожара. Высокоинтенсивные пожары, при которых повреждается эдификатор, приводят к значительному нарушению живого напочвенного покрова, изменяя его структуру, образуя мелкоконтурные микроассоциации. Ведущая роль в структуризации напочвенного покрова принадлежит виду-эксплеренту (*Calamagrostis arundinacea*). В моховом покрове доминирующее положение занимает *Polytrichum commune*. При пожарах средней интенсивности восстановление напочвенного покрова происходит за счет вегетативного размножения кустарничков. На данном этапе сукцессионного процесса лишайниковый покров не восстановился. При пожарах слабой интенсивности, когда сгорает верхний слой подстилки и повреждения травяно-кустарничкового яруса незначительны, дальнейшее формирование напочвенного покрова происходит в прежних границах допожарных микроассоциаций с постепенным восстановлением зеленых мхов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ 07-04-00562 и МНТЦ №3695, а также программы президиума РАН «Биологическое разнообразие» (проект СО РАН №23.2).

ЛИТЕРАТУРА

1. Korovin G.N. Analysis of the Distribution of Forest Fires in Russia. Fire in Ecosystems of Boreal Eurasia, Goldammer JG and Furyaev VV (ed). Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, 1996. Pp. 112-128.
2. McRae D.J., Conard S.G., Ivanova G.A., Sukhinin A.I., Baker S.P., Samsonov Y.N., Blake T.W., Ivanov V.A., Ivanov A.V., Churkina T.V., Hao W.M., Koutzenogij K.P., and Nataly Kovaleva Variability of fire behavior, fire effects, and emissions in Scotch Pine forests of central Siberia // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 2006, 11. Pp. 45-74.

К ХАРАКТЕРИСТИКЕ ПАРЦЕЛЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ ШИРОКОЛИСТВЕННО-ЛИПОВОГО С ЛИАНОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ ЧУБУШНИКОВОГО РАЗНОТРАВНОГО ТИПА ЛЕСА В ЮЖНОМ ПРИМОРЬЕ

Г.А. КОМОВА

Горнотаежная станция ДВО РАН, с. Горнотаежное

АННОТАЦИЯ

На примере широколиственно-липового с лиановой растительностью чубушnikового разнотравного типа леса рассматривается возможность использования метода графов для определения ценогической структуры растительного покрова с целью организации постоянного мониторинга.

Вторичные смешанные широколиственные леса широко распространены в Южном Приморье и представляют собой один из этапов восстановительной сукцессии коренных хвойно-широколиственных лесов. Организация постоянных мониторинговых исследований и исследование динамики ценогической структуры этих насаждений позволяет получить более полное представление о ходе восстановления коренной растительности. В этом случае необходимо правильно выбрать методику, которая давала бы возможность быстро и с достаточно высокой точностью собрать необходимые сведения. Для достижения поставленной цели был выбран метод графов, давно используемый для выделения ценоэлементов растительного покрова [1].

Построение графов – это один из наиболее удобных способов создания и анализа моделей различных систем. Граф представляет собой конструкцию в виде конфигурации точек, соединенных ребрами. Точки – вершины графа – это любые объекты, являющиеся компонентами сложной системы, например, клетки размером 10х10 м, на которые предварительно разбивается постоянная пробная площадь (ППП). Ребра графа, соединяющие его вершины, отражают различные связи между компонентами системы (степень сходства напочвенного покрова клеток PPP). Для определения степени сходства клеток PPP необходимо вычислить коэффициент сходства. Для этого в каждой из клеток PPP была произведена оценка напочвенного покрова по шкале Друде. Полученные данные были оформлены в виде таблиц МЕхсесl и обработаны программой GRAF. Матрицы коэффициентов сходства, рассчитанные программой, использовались для построения графовых моделей PPP.

Исследования проводились в окрестностях с. Горнотаежное (Уссурийский р-н) в водосборном бассейне безымянного ручья – притока р. Комаровки. Объект исследований, широколиственно-липовый с лиановой растительностью чубушникoвый разнотравный тип леса, располагается в средней части склона северной экспозиции. В 1997 г. в нем была заложена PPP размером 50х50 м [2]. Уклон поверхности в среднем составляет 15°.

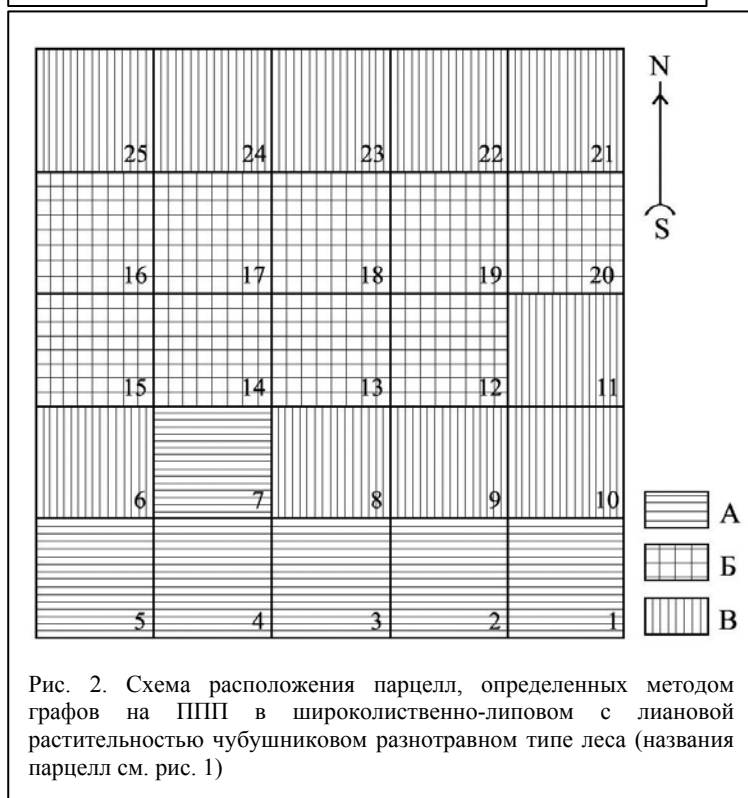
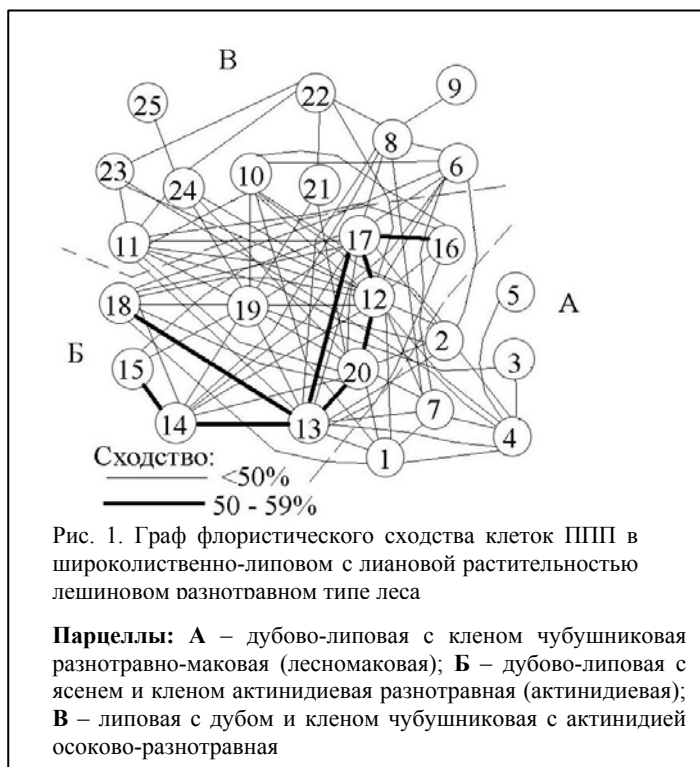
Древостой разновозрастный, состоит из двух ярусов. Распределение деревьев по площади равномерное. Иногда *Tilia* образует небольшие куртины из нескольких деревьев. Первый ярус образован *Acer mono*, *Betula davurica*, *Fraxinus mandshurica*, *Juglans mandshurica*, *Quercus mongolica*, *Tilia amurensis* и *T. mandshurica* со стройными прямыми стволами. Второй ярус – из молодых и отставших в росте деревьев *Acer mono*, *Tilia amurensis* и *T. mandshurica*, а также *Acer pseudo-siboldianum*, *Carpinus cordata*, *Kalopanax septemlobum*, *Micromeles alnifolia*, *Maackia amurensis* и *Ulmus propinqua*.

Подрост довольно многочисленный (7000 экз./га), хорошего жизненного состояния. В нем представлены все виды, образующие древостой; преобладает мелкий и средний подрост *Acer mono* (2979 экз./га) и *Tilia* (1237 экз./га).

Подлесок густой из *Philadelphus tenuifolius* с *Corylus mandshurica* и *Lonicera praeflorens*. Единичны *Acer tegmentosum*, *Berberis amurensis*, *Euonymus pauciflora* и *E. sacrosancta*, *Ribes maximoviczianum*, *Viburnum sargentii*.

Травяной ярус разнообразен по составу – включает более 60 видов. Он разрежен и при этом характеризуется высокой мозаичностью – в его горизонтальной структуре выделено более 50 микрогруппировок. Среди трав доминируют *Hylomecon vernalis*, *Filicinae*, *Carex reventata* и *C. longirostrata*; обычны *Thalictrum filamentosum*, *Stellaria bungeana*, *Galium davuricum*. Единично встречаются *Cimicifuga dahurica*, *Angelica cincta*, *A. dahurica*, *Actea acuminata*, *Caulophyllum robustum*.

Главной особенностью ценоза является наличие в нем лиановой растительности. В основном это *Actinidia kolomikta*, лианы которой поднимаются в кроновый полог первого яруса. *Schisandra chinensis* образует небольшие куртинки на наиболее освещенных участках и реже – у подножия деревьев. Короткие (до 30 см) лианы стелются по земле. *Vitis amurensis* встречается единично.



ussuriensis, *Thalictrum filamentosum* и др. Внеярусная растительность представлена немногочисленными порослевыми побегами *Actinidia kolomikta*.

Дубово-липовая с ясенем и кленом актинидиевая разнотравная («актинидиевая») парцелла занимает 36 % площади ценоза. Она сформировалась на поверхности с небольшим уклоном и располагается поперек склона полосой шириной около 20 м (рис. 2). В составе древостоя те же породы, что и в предыдущей парцелле, только меньше *Tilia amurensis* и *T. mandshurica*. Подрост хорошего жизненного состояния, представлен всеми породами древостоя (6000 экз./га), но больше всего *Acer mono*, *Maackia amurensis*, *Tilia amurensis*. Подлесок разрежен; образован небольшими куртинками *Corylus mandshurica*, одиночными, но довольно крупными (до 2,0 м) кустами *Philadelphus tenuifolius* и *Euonymus*

В результате проведенного исследования в структуре графа флористического сходства клеток было выделено три ценоэлемента, соответствующих рангу парцеллы [3]: дубово-липовый с кленом чубушниковый разнотравно-маковый («лесно-маковый»), дубово-липовый с ясенем и кленом актинидиевый разнотравный («актинидиевый»), липовый с дубом и кленом чубушниковый с актинидией осоково-разнотравный (рис. 1).

Липовая с дубом и кленом чубушниковая с актинидией осоково-разнотравная парцелла занимает 40 % площади исследуемого ценоза. Она располагается тремя участками разной величины, вытянутыми поперек склона – на плоском террасовидном уступе и вогнутой линии перегиба склона в северной и южной частях ценоза соответственно (рис. 2). Древостой из *Quercus mongolica* и *Tilia amurensis*, *T. mandshurica*; единичны деревья *Acer mono*, *Fraxinus mandshurica*, *Juglans mandshurica*, *Maackia amurensis*, *Populus tremula*, *Ulmus propinqua*. Подрост хорошего жизненного состояния и представлен всеми породами древостоя (20700 экз./га), но больше всего в нем *Acer mono*, *Maackia amurensis*, *Tilia amurensis* и *T. mandshurica*. Подлесок разрежен; образован куртинами *Philadelphus tenuifolius*, единичными кустами *Berberis amurensis*, *Corylus mandshurica*, *Euonymus pauciflora*, *E. sacrosancta*, *Ribes maximoviczianum* и *Viburnum sargentii*. Средняя высота подлеска 1,5 м. Травяной ярус сильно разрежен. Весной фон создают небольшие микрогруппировки из *Anemonoides amurensis*, *Adoxa moschatellina*, *Coridalis ambigua*, *C. remota*, *C. repens*, *Gagea nakaiana*, *Hylomecon vernalis*, *Trigonotis radicans*. В летнее время травяной ярус формируют *Carex*, *Filicinae*, небольшое количество *Equisetum hiemale* и низкотравья – *Pseudostellaria sylvatica*, *Scutellaria*

pauciflora, и сильно угнетенными кустами *Viburnum sargentii* и *Ribes maximoviczianum*. Травяной ярус также сильно разрежен и отличается от травяного яруса предыдущего ценоэлемента значительно меньшим обилием *Carex* и *Filicinae*. Поверхность покрыта толстым слоем листового опада. Отличительной чертой парцеллы является сильное развитие внеярусной растительности, представленной *Actinidia kolomikta*. Лианы разного размера как стелются по поверхности, так и плетутся по деревьям; образуют много порослевых побегов. Некоторые особи плодоносят.

Дубово-липовая с кленом чубушниковая разнотравно-маковая («лесно-маковая») парцелла занимает 24 % площади ценоза, формируется на вогнутом участке линии перегиба склона, поперек которого протянулась полосой шириной 10 м, выдаваясь к северу в западной части (рис. 2).

Древостой из *Quercus mongolica*, *Tilia amurensis* и *T. mandshurica* с небольшим количеством *Acer mono* и единичными особями *Carpinus cordata*, *Fraxinus mandshurica*, *Juglans mandshurica*, *Maackia amurensis*, *Ulmus propinqua*. Для парцеллы характерно интенсивное возобновление древостоя. Подрост хорошего жизненного состояния, представлен всеми видами деревьев в количестве 8600 шт./га. Редко встречаются суховершинные особи. Подлесок из *Philadelphus tenuifolius* с лещиной *Corylus mandshurica* и одиночных кустов *Eleutherococcus senticosus*, *Euonymus pauciflora*, *Ribes maximoviczianum* и *Viburnum sargentii*. Травяной ярус разрежен. Только весной, когда разрастаются раннецветущие виды (*Adoxa moschatellina*, *Anemonoides amurensis*, *Coridalis ambigua*, *C. remota*, *C. repens*, *Ranunculus franchetii*), особенно *Hylomecon vernalis*, травяной ярус имеет проективное покрытие 95-100 %. В летнее время его образуют единичные особи крупного широколиственного (Asteraceae) (*Aconitum sczukanii*, *Angelica cincta*, *A. dahurica*, *Cimicifuga dahurica*, *Doellingeria scabra*, *Lilium distichum*), дернинки *Carex*, небольшие куртинки *Adiantum pedatum*, обычны *Plagiorhegma dubia*, *Polemonium chinense*, *Pseudostellaria sylvatica*, *Smilacina hirta* и др. В восточной половине парцеллы, которая занимает наиболее увлажненный участок террасовидного уступа, много *Equisetum hiemale* (сop1). Характерны небольшие куртинки *Schisandra chinensis* и обильная поросль *Actinidia kolomikta*.

В 1997 г. на данной ППП было проведено сплошное картирование всех ярусов растительности. В этот период фитоценоз был отнесен к широколиственно-липовому с лиановой растительностью лещиновому разнотравному типу леса. На основе полученных данных было выделено десять парцелл [3], пять из которых – дубово-липовая лесно-маковая, липово-дубовая василисниковая с разнотравьем, кленово-липовая разнотравно-звездчатковая, дубово-липовая с кленом лещиновая редкопокровная, липово-дубовая с ясенем актинидиевая – относятся к основным (как преобладающие по площади) в соответствии с классификацией Н.В. Дылиса [2]. Остальные парцеллы – липовая с ясенем и кленом лещиновая редкопокровная с хвощом и лесным маком, дубово-липовая с кленом разнотравная с осокой, дубово-липовая с кленом разнотравная с осокой и василисником, липовая с кленом разнотравно-осоковая, маакиево-диморфантовая волжанковая – дополняющие. В 2003 г. насаждение было пройдено низовым пожаром, в результате чего *Corylus mandshurica*, доминировавшую в подлеске, сменил *Philadelphus tenuifolius*. Насаждение трансформировалось в широколиственно-липовый с лиановой растительностью чубушниковый разнотравный тип леса. В горизонтальной структуре ценоза сохранились все основные парцеллы – дубово-липовая с кленом разнотравная с осокой (соответствует липовой с дубом и кленом чубушниковой с актинидией осоково-разнотравной парцелле, выделенной методом графов), липово-дубовая с ясенем актинидиевая (соответствует дубово-липовой с ясенем и кленом актинидиевой разнотравной парцелле, выделенной методом графов), дубово-липовая лесно-маковая (соответствует дубово-липовой с кленом чубушниковой разнотравно-маковой парцелле, выделенной методом графов).

Таким образом, при использовании метода графов для выделения ценоотической структуры растительного покрова в широколиственно-липовом с лиановой растительностью чубушниковом разнотравном типе леса были выявлены достаточно крупные ценоэлементы ранга парцеллы, являющиеся основными и формирующими облик фитоценоза. Основную роль в распределении растительности играет микрорельеф склона, определяющий характер увлажнения и условия освещенности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галанин А.В. Анализ графов флористической структуры растительного покрова двух ландшафтных районов Чукотки // Метод графов в экологии / Биологические проблемы Севера: Сб. науч. тр. Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. С. 6-24.
2. Дылис Н.В. Структурно-функциональная организация биогеоценологических систем и ее изучение // Программа и методика биогеоценологических исследований. М.: Наука, 1974. С. 14-23.
3. Москалюк Т.А. Парцеллярная структура и возобновление в широколиственно-липовом с лиановой растительностью лещиновом разнотравном типе леса // Биологические исследования на Горнотаежной станции. Сб. науч. тр. Вып. 8. Владивосток: ДВО РАН, 2002. С. 203-237.

ОСОБЕННОСТИ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ НА ВЫРУБКАХ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ ИРКУТСКОГО ПРИАНГАРЬЯ (НА ПРИМЕРЕ СОСНЯКОВ АРЕНДНОЙ ТЕРРИТОРИИ ООО «ИЛИМСИБЛЕС»)

К.С. КОНЕВИНА, С.К. ФАРБЕР, Н.С. КУЗЬМИК

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Приводится анализ динамики количества возобновления на вырубках сосновых древостоев арендной территории ООО «ИлимСибЛес». Изучены особенности формирования молодого леса в зависимости от типа леса.

За последние десятилетия накопилось большое количество площадей, вышедших из-под рубок. Процесс возобновления на них протекает в разнообразных направлениях в зависимости от факторов среды. Формирование молодого леса характеризуется наличием возобновления предварительной и последующей генерации.

Исходные данные. Исследования проводились на ключевом участке, расположенном на территории СП «Эдучанский КЛПХ». Общее количество обследованных насаждений, сформировавшихся на вырубках сосново-лиственничных насаждений, составило 36 штук. Для них получено полное таксационное описание сохраненного подроста, последующего естественного возобновления, а также дорубочных насаждений. Сохраненный подрост распознавался отдельно от последующего естественного возобновления по внешним признакам и возрасту модельных деревьев. Количество моделей сохраненного подроста сосны – 30, последующего естественного возобновления – 102; количество моделей последующего естественного возобновления лиственницы – 37, сохраненного подроста – 34.

Результаты натурного обследования. Анализ материалов массовой таксации и данные, полученные при обследовании послерубочных насаждений, показывают преобладание на территории исследования сосняков двух групп типов леса: зеленомошной и разнотравной. Характеристика послерубочных насаждений дает основание полагать, что процесс лесовосстановления на вырубках протекает по-разному в зависимости от лесорастительных условий, а именно, типа условий местопроизрастания, наличия сохраненного подроста и последующего возобновления. Динамика основных показателей возобновления выявлялась с помощью метода регрессии.

1. *Динамика количества сохраненного подроста и последующего возобновления сосны и лиственницы на вырубках сосняков зеленомошной группы типов леса.* Исходными данными для выявления закономерности являются количество сохраненного подроста на 1 га (N) и давность рубки (A). Связь между количеством сохраненного подроста сосны и временем с момента рубки древостоя отсутствует ($R^2 = 0,27$), равно как нет и связи количества последующего возобновления сосны с давностью рубки ($R^2 = 0,18$). Отсутствие корреляции может свидетельствовать о стабилизации количества возобновления за начальный период лесовосстановления, который протекает в течение первых 5 лет после рубки [2]. Количество предварительного возобновления сосны варьирует в пределах от 400 до 2250 шт./га, а последующего – от 1750 до 2700 шт./га за период времени от 5 до 45 лет.

Подобная ситуация складывается при анализе динамики количества возобновления лиственницы на вырубках светлохвойных древостоев зеленомошной группы типов леса. Однако следует отметить отсутствие в составе молодого леса лиственницы предварительной генерации, что может объясняться либо высокой степенью ломкости этой породы, либо ее отсутствием под пологом материнского древостоя из-за повышенной требовательности к свету. Зависимость количества последующего возобновления лиственницы от давности рубки описывается уравнением регрессии степенного вида. Корреляция между показателями практически отсутствует ($R^2 = 0,18$) по тем же самым причинам, что и в случае с возобновлением сосны. Количество лиственницы последующей генерации колеблется в среднем в пределах от 600-650 шт./га в возрасте 3-5 лет и начинает постепенно снижаться до 300 шт./га, достигая возраста 30-35 лет.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что количества лиственницы, появившейся после рубки, вполне достаточно, чтобы войти в состав будущего смешанного сосново-лиственничного древостоя.

2. *Динамика количества сохраненного подроста и последующего возобновления сосны и лиственницы на вырубках сосняков разнотравной группы типов леса.* Следует отметить, что для района исследований наблюдаются некоторые различия сосновых насаждений разнотравной и зеленомошной групп типов леса по бонитету, высоте и диаметру. Для сосняков разнотравных эти таксационные показатели несколько выше. Например, бонитет сосновых древостоев разнотравной группы в среднем

равен III классу, а в зеленомошной – колеблется в пределах от III до IV класса. Анализ уравнения регрессии между количеством возобновления предварительной генерации сосны и временем с момента рубки показал, что связь между этими показателями умеренная ($R^2 = 0,4$) и описывается кривой экспонентального вида $N = 71598e^{-0,37A}$. Не наблюдается зависимости между количеством сосны последующей генерации и давностью рубки ($R^2 = 0,11$).

Количество сохраненного подроста сосны имеет тенденцию к снижению с увеличением давности рубки – об этом свидетельствует направление линии регрессии – и колеблется в среднем в пределах от 3900 шт./га до практически полного исчезновения по прошествии 16 лет. Это может объясняться неспособностью конкурировать с возобновлением лиственных пород – березой и осинкой, а также с травянистой растительностью, которая начинает бурно развиваться сразу после рубки древостоя. Одной из возможных причин может являться и неудовлетворительное состояние сохраненного подроста, возникающего вследствие повреждения агрегатной техникой (наличие искривления стволика у сохраненных экземпляров). Последующее возобновление сосны появляется по прошествии 5 лет после рубки, так же как и на вырубках сосняков зеленомошных, однако может затянуться и до 7 лет из-за препятствия, которое создается прорастанию семян дерниной и травянистой растительностью. Сокращение периода возобновления наблюдается на минерализованных частях вырубок. В среднем количество возобновления сосны последующей генерации варьирует от 1500 до 4000 шт./га, что вполне достаточно для формирования соснового древостоя, аналогичного материнскому.

Корреляционная связь между количеством сохраненного подроста лиственницы отсутствует ($R^2 = 0,04$). Это объясняется тем, что с течением времени на вырубках количество лиственницы предварительной генерации не увеличивается. Зависимость описывается регрессионным уравнением степенного вида: $N = 362,76A^{-0,0759}$. Также наблюдается отсутствие связи между количеством лиственницы последующей генерации и давностью рубки ($R^2 = 0,05$). Причины те же. Уравнение регрессии для этой зависимости имеет следующий вид: $N = 0,42A^2 - 46,84A + 1555,6$. Возобновление лиственницы на вырубках появляется в течение 5 лет после рубки. Количество последующего возобновления колеблется от 500 до 1400 шт./га. Можно предположить, что с течением времени его величина незначительно возрастает. Однако отсутствие корреляции может свидетельствовать о его стабилизации на 6-й год после рубки. Количество сохраненного подроста лиственницы варьирует в пределах до 300 шт./га. Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что в состав будущего древостоя войдет лиственница только последующей генерации.

Выводы: Результаты проведенного анализа свидетельствуют о том, что молодой лес на вырубках сосново-лиственничных лесов Иркутского Приангарья формируется в основном за счет последующего возобновления сосны, лиственницы и лиственных пород. Сохраненный подрост, количество которого и так невелико, выпадает из состава молодого леса в течение первых 10-15 лет после рубки материнского древостоя вследствие различных причин. Одной из них может быть неудовлетворительное состояние подроста сосны под пологом леса до рубки, так называемая «преждевременная старость», вызванная суровыми условиями произрастания, дефицитом света и влаги. По мнению Е.В. Авдеевой, у деревьев в составе зеленых насаждений города ускоряются процессы старения и уменьшается продолжительность периодов возрастных состояний в 1,2-8 раз с увеличением техногенных нагрузок [1]. Мы полагаем, что данное утверждение может быть справедливым и в случае с подростом под пологом материнского древостоя. Однако величину уменьшения возрастных этапов следует сократить до 3-4 раз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдеева Е.В. Зеленые насаждения в мониторинге окружающей среды крупного промышленного города (на примере г. Красноярск): Автореф. дис.... докт. с.-х. наук: 03.00.16. Красноярск: СибГТУ, 2008. 30 с.
2. Фарбер С.К. Определение периода лесовосстановления на примере вырубок Усть-Илимского лесопромышленного комплекса (УИЛПК) // Лесная таксация и лесоустройство. Красноярск: СТИ, 1991. С. 102-105.

РАЗНООБРАЗИЕ РЯДОВ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ СУКЦЕССИИ НА КОНТАКТЕ ПОДТАЙГИ И НИЗКОГОРНОЙ ТАЙГИ В ГУМИДНОМ КЛИМАТЕ САЯНМ.Е. КОНОВАЛОВА¹, О.В. ДРОБУШЕВСКАЯ²¹Институт повышения квалификации работников лесного хозяйства Сибири и Дальнего Востока, Дивногорск²Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск**АННОТАЦИЯ**

Дан анализ вариантов долговременной (250-350 лет) послепожарной восстановительно-возрастной динамики в характерных типах лесорастительных условий подтаежного и таежно-чернового ВПК в низкогорьях юга Приенисейской Сибири. Обсуждается влияние различных факторов на формирование фитоценотической структуры условно-коренных насаждений на контакте подтайги и низкогорной тайги.

Как известно, направленность лесообразовательного процесса напрямую связана с комплексом факторов условий местопроизрастания (влаго- и теплообеспеченность, эдафические и гидрологические условия, другие систематические факторы) и историей формирования лесных экосистем. Основываясь на выявленных связях состава лесного покрова с эколого-географическими факторами, в горных условиях можно выделить высотно-поясные комплексы типов леса (ВПК) как категории, аналогичные зонам и подзонам на равнине. Системообразующими началами для ВПК являются соотношение тепла и влаги (режимы тепла, радиации и увлажнения) и отвечающие им состав и структура зональных сообществ [2, 3]. В пределах ВПК особенности рельефа в значительной мере накладывают отпечаток на структуру и развитие лесных экосистем, определяя причинно-следственную связь протекающих в них процессов. Как результат, возникает разнообразие рядов восстановительно-возрастной динамики, приуроченных к различным геоморфологическим комплексам (ГК) или экотопам.

Восстановительно-возрастная динамика основных типов леса, характерных для низкогорий юга Сибири, изучалась на примере северо-западной окраины Восточного Саяна. Несмотря на относительно небольшой перепад высот (от 150 до 700 м), территория четко делится на два ВПК: таежно-черновой и подтаежный с переходом между ними на высоте 350-450 м над уровнем моря. Суммы активных температур в подтаежном ВПК составляют 1500-1800°C, в таежно-черновом около 1400°C, коэффициент увлажнения Мезенцева – 1.1 и 1.7, индекс континентальности по Конраду – 55 и понижается с высотой. Климатические условия близки к оптимальным для роста большинства хвойных пород Сибири.

Ряды восстановительно-возрастной динамики продолжительностью до 300-350 лет в подтаежном ВПК и до 200-250 лет в таежно-черновом ВПК описаны на подробной ландшафтно-экологической основе [1]. Так как к анализу привлекались данные о насаждениях, возникших после крупных лесных пожаров, но не подвергавшихся рубкам, варьирование данных, связанное с различием иницирующих динамику факторов, практически исключено. Таким образом, основные отличительные признаки выявленных рядов восстановительно-возрастной динамики связаны с их ландшафтно-экологической приуроченностью и пирологическим режимом.

В светлехвойном подтаежном поясе на конечной стадии восстановительно-возрастной динамики доминирующее положение в основном занимает сосна. Участие лиственницы наиболее заметно на крутых выпуклых склонах световой экспозиции либо на выпуклых водоразделах и в приводораздельной части склонов теневой экспозиции.

В темнохвойном таежно-черновом поясе коренные и условно-коренные типы леса представлены разновозрастными пихтарниками. Значительное участие кедра в составе древостоев на стадии условного климаткса наблюдается только на покатых склонах световой экспозиции.

На начальной стадии сукцессии, развивающейся со сменой пород, в мезоморфных условиях увлажнения чаще других доминирует осина, а в ксеро-мезоморфных значительное участие в составе древостоев принимает береза. Сохранение и доленое участие мелколиственных пород в составе древостоев на последующих стадиях сукцессии различаются в разных типах лесорастительных условий.

В целом в подтаежном ВПК нами выявлено 13 рядов восстановительно-возрастной динамики, а в темнохвойно-черновом ВПК – 6 рядов. Отдельные ряды восстановительно-возрастной динамики отличаются по ряду признаков: составу растительности на каждом этапе динамики, производительности, продолжительности фаз динамики, типу лесорастительных условий и пирологическому режиму.

В пределах каждого ВПК в разных ГК различные сочетания экологических факторов могут вызвать сходный лесорастительный эффект. В близких типах лесорастительных условий схемы изменения породного состава древостоя имеют ряд сходных черт.

В подтаежном ВПК по соотношению видов лесообразователей на первой стадии после пожарной динамики ряды восстановительно-возрастной динамики можно объединить в три группы. Таким образом, выделяются три группы местоположений или ГК, имеющих на первой стадии сходный

лесорастительный эффект: с длительным господством производных типов леса, с кратковременной сменой пород и без смены коренных пород. На следующих стадиях восстановительно-возрастной динамики эти группы распадаются на отдельные ряды динамики в соответствии с их лесорастительными условиями. Дальнейшее изменение породного состава древостоя связано в них с различными факторами.

Длительное господство лиственных пород (свыше 180 лет) наблюдается на вогнутых приводораздельных группах фаций склонов световой экспозиции с богатыми влажными почвами, где развиваются ряды восстановительно-возрастной динамики условно-коренного типа сосняка вейниково-разнотравного и устойчиво-производного типа осинников орляково-крупнотравных. На первой стадии послепожарной сукцессии в этих условиях развивается густой разнотравный покров со значительным участием орляка и примесью крупнотравных видов. В дальнейшем для восстановления сосны большое значение имеет снижение мощности травянистого покрова под пологом древостоя, которое наблюдается в период максимальной сомкнутости полога осины первого и второго поколения (рис. 1 и 2).

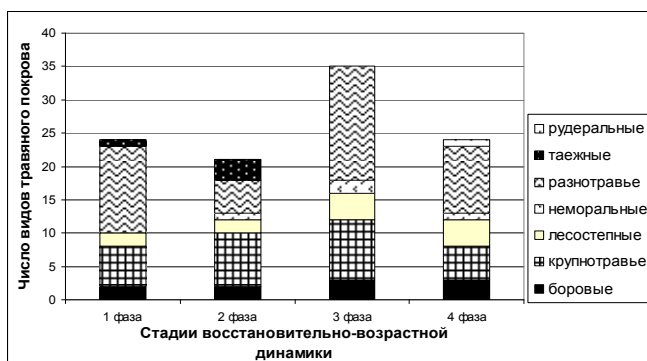


Рис. 1. Изменения видового состава (по ЭЦГ) травяного покрова при восстановлении условно-коренного типа сосняков вейниково-разнотравного подтаежного ВПК

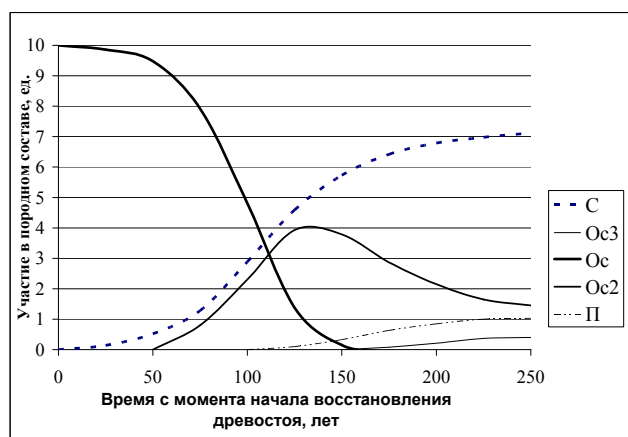


Рис. 2. Схема динамики усредненного породного состава древостоя на первом этапе восстановительно-возрастной динамики условно-коренного типа сосняков вейниково-разнотравного подтаежного ВПК: С – первое поколение сосны; Б, Б2 – первое и второе поколение березы; Ос, Ос2, Ос3 – первое, второе и третье поколение осины; Л – лиственница

выпуклых склонах световой экспозиции формирование второго поколения светлохвойных пород связано с периодом максимальной сомкнутости крон старшего поколения светлохвойных и сопутствующих лиственных пород, с уменьшением природной пожарной опасности, уменьшением инсоляции и выдувания снега. В темнохвойном таежно-черневом ВПК на контакте с подтайгой по характеру породного состава древостоя на первом этапе послепожарной сукцессии все варианты восстановительно-возрастной динамики можно также объединить в группы.

Восстановление темнохвойных пород без смены пород на первой стадии проходит только в припойменных фациях, где развивается условно-коренной тип пихтарников лабазниковых.

Поэтому наиболее значимым фактором эндогенной динамики древесного полога в лесорастительных условиях с богатыми влажными почвами подтаежного ВПК является сомкнутость полога древостоя производных типов леса.

Зональной нормой в подтаежном ВПК являются варианты восстановительно-возрастной динамики с кратковременным господством лиственных пород на начальной стадии (80-100 лет) в ГК со слабо выраженным процессом делювиального сноса (плоские, вогнутые водоразделы и нижняя часть склонов). Формирование в данных условиях условно-коренных сосняков (с участием лиственницы) разнотравной и вейниковой групп типов леса связано с повышением природной пожарной опасности (рис. 3). Более или менее регулярные низовые пожары выступают строго детерминированным по времени и в пространстве фактором развития и усложнения растительного сообщества. Без смены коренных пород с незначительным участием лиственных пород лесные биогеоценозы восстанавливаются в наиболее ксерофитных условиях на бедных маломощных почвах. Индикаторными видами растительности этих рядов являются ирис русский, карагана древовидная и т.д.

В наиболее ксерофитных условиях ведущую роль играет световой режим, связанный с рельефом и изменением сомкнутости древесного полога. Например, в редкопокровных типах леса, на крутых,

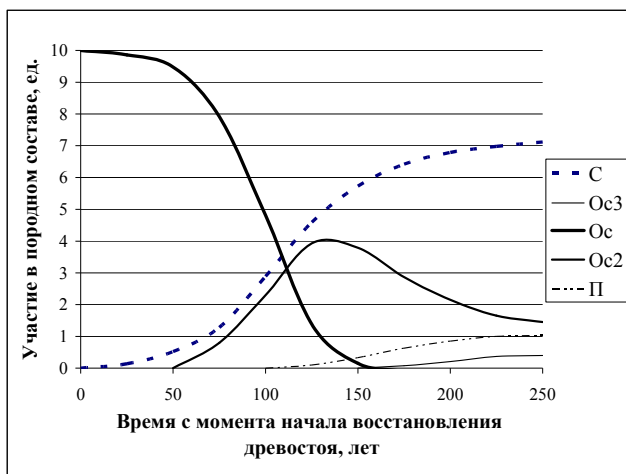


Рис. 3. Схема динамики усредненного породного состава древостоя на первом этапе восстановительно-возрастной динамики условно-коренного типа сосняков разнотравных подтаежного ВПК: С – первое поколение сосны; Ос, Ос2, Ос3 – первое, второе и третье поколение осины

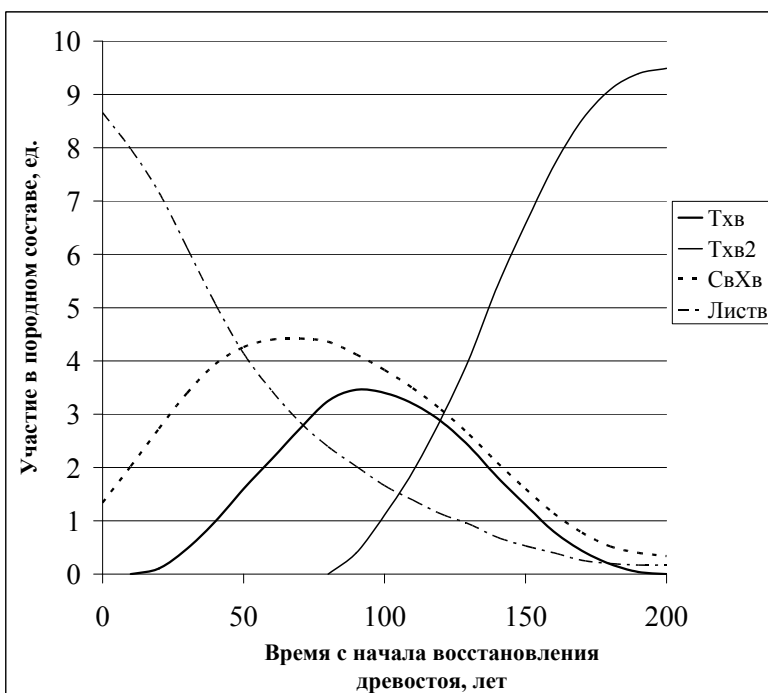


Рис. 4. Схема динамики усредненного породного состава древостоя на первом этапе восстановительно-возрастной динамики условно-коренного типа пихтарников вейниково-разнотравных таежно-чернового ВПК: СвХв – первое поколение сосны и лиственницы; Листв – первое поколение осины и березы; Тхв, Тхв2 – первое и второе поколение пихты, ель, кедр

долин и кедра, тяготеющего к водоразделам. Фоновые серии типов леса – травяно-зеленомошные, с обилием вейников, крупнотравья, таежного мелкотравья.

Формирование последующих поколений темнохвойных пород в темнохвойном таежно-черновом ВПК, как правило, приурочено к периоду разреживания основного полога древостоя. Пожары не оказывают в таежно-черновом ВПК такого заметного влияния на лесообразовательный процесс в ходе восстановительной динамики, как в подтаежном ВПК.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №08-04-00-600-а.

Кратковременная (до 20 лет) смена пород на осину с редким участием березы на первой стадии послепожарной динамики происходит на склонах теневой экспозиции при восстановлении условно-коренных пихтарников вейниково-зеленомошных.

Наиболее распространены варианты восстановительно-возрастной динамики с господством на первой стадии мелколиственных и светлохвойных пород. Начальная стадия послепожарной динамики такого характера может продолжаться от 50 до 140 лет и наблюдается как на плоских водоразделах и теневых приводораздельных группах фаций, где развивается ряд условно-коренных пихтарников вейниково-крупнотравных, так и на различных элементах склонов световой экспозиции при восстановлении условно-коренных пихтарников вейниково-разнотравных (рис. 4), осочково-мелкотравных и чернично-зеленомошных.

Самые сложные по составу древостои на стадии условно коренных насаждений, имеющие двухъярусное строение, характерны именно для полосы перехода от подтайги к черновой тайге, где доля сосны и лиственницы в составе древостоев составляет от 1-2 до 3-4 единиц по запасу. Это – зона распространения осочково-крупнотравных и крупнотравно-вейниковых типов леса. Уменьшается вероятность участия светлохвойных пород на первых стадиях сукцессии при удалении от границ ВПК. Начиная с высоты 650-700 м над уровнем моря светлохвойные породы в производных типах леса почти полностью заменяются лиственными, изменяется и продолжительность стадий динамики. В производных типах леса полностью господствуют пихта, осина и береза, с участием ели вблизи

ЛИТЕРАТУРА

1. Коновалова М.Е. Восстановительно-возрастная динамика низкогорных лесов приенисейской части Восточного Саяна: Автореф. дис... канд. биол. наук. Красноярск: Ин-т леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2004. 17 с.
2. Назимова Д.И. Основные высотно-поясные подразделения в горах Южной Сибири и их диагностические признаки // Чтения памяти академика В.Н. Сукачева. V. Структура и функционирование лесных биогеоценозов Сибири / Д.И. Назимова, И.А. Коротков, Ю.С. Чередникова. М.: Наука, 1987. С. 30-64
3. Поликарпов Н.П. Климат и горные леса Южной Сибири / Н. П. Поликарпов, Н. М. Чебакова, Д. И. Назимова. Новосибирск: Наука, 1986. 224 с.

УДК 630*221.04.

РАЗМЕРНАЯ СТРУКТУРА ДРЕВОСТОЕВ: УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ И ЕДИНСТВО

Г.Б. КОФМАН, В.В. КУЗЬМИЧЕВ

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Проведен анализ попыток унификации размерной структуры древостоев. Универсальную кривую в плоскости «асимметрия – эксцесс», не зависящую от абсолютных значений параметров распределений, предлагается рассматривать в качестве графического образа «закона единства строения древостоев».

Анализ строения древостоев состоит в изучении распределений деревьев по размерам (диаметру, высоте, объему и др.) и взаимосвязей между характеристиками этих распределений. Поскольку наиболее доступным для измерения показателем размера деревьев является диаметр на высоте груди, то именно распределения деревьев по толщине стали главным инструментом в изучении размерной структуры древостоев. По мере накопления экспериментальных данных о структуре древостоев возникла необходимость в систематизации, классификации и адекватном сопоставлении полученных распределений в зависимости от возраста, условий произрастания, способов ухода и множества комбинаций различных факторов, влияющих на рост деревьев и древостоев.

Первый этап обобщений, сформулированных к концу XIX – началу XX века, связан с хрестоматийными работами Вейзе, Шиффеля, Третьякова, Тюриня. Характерной особенностью этого этапа был поиск универсальных закономерностей, основанных на обработке эмпирических гистограмм с помощью перехода к более «удачным» переменным, использовании различного рода относительных показателей и функции накопленных частот в новых переменных. На этом пути появились ранги деревьев и редуцированные числа, естественные ступени толщины и огива, представление о месте среднего дерева в древостое и общности строения древостоев независимо от абсолютных значений основных таксационных показателей. По-видимому, наиболее широкие обобщения были сделаны Н. В. Третьяковым (1927). Он говорил о единстве строения как о законе, имеющем всеобщий характер для чистых, одновозрастных древостоев с одинаковой историей роста и развития слагающих его деревьев, или однородной части сложного сообщества.

И хотя из его книги невозможно понять, о каком единстве идет речь (на разных страницах в качестве основополагающих курсивом выделены несколько различных утверждений), по-видимому, главным все-таки является утверждение о зависимости всех таксационных показателей от ранга дерева. Явного утверждения об одинаковости распределений в этой и последующих работах, уточняющих «закон единства», у Н.В. Третьякова нет, в отличие от А.В. Тюриня, получившего универсальные ряды распределения числа стволов по «естественным ступеням толщины».

Возможно, из-за критики «закона единства», а заодно и «естественных ступеней толщины» и многих других представлений романтического периода «поиска универсальных закономерностей», в последующих работах это направление в исследовании структуры древостоев утратило свою привлекательность и актуальность.

Второй, качественно новый этап анализа размерной структуры древостоев начался в 60-е – 70-е годы прошлого века, и он связан с подбором различных типов распределений, их аналитическим выравниванием, анализом зависимостей параметров распределений от различных факторов, формирующих эти распределения. Появившаяся возможность подбора параметров для практически любых функций распределения привела к широкому использованию аналитических методов в описании размерной структуры древостоев. Параметры распределений стали использоваться для классификации типов строения, анализа динамики структуры, их взаимосвязи с таксационными показателями древостоев.

Одним из наиболее простых способов оценки параметров распределений является метод

моментов, и их вычисление стало одним из необходимых этапов подбора типа распределения. Поскольку наиболее популярным на начальном этапе было использование семейства кривых Пирсона, содержащего четыре параметра, то вычисления соответственно ограничивались выборочными оценками первых четырех моментов: среднего значения – $\bar{x}_{\text{ср}}$, дисперсии – σ^2 , а третий и четвертый моменты μ_3 и μ_4 использовались для построения характеристик асимметрии (косости) – β_1 и эксцесса (сплюсченности) – β_2 анализируемых распределений.

Параметры β_1 и β_2 сконструированы так, что они являются безразмерными величинами и не могут зависеть от параметров положения и масштаба для любых распределений. По существу они являются критериями подобия для сопоставления распределений, соответствующих различным вариантам размерной структуры древостоев. Если выразить β_1 и β_2 через параметры исходного распределения, то каждый из них может зависеть только от параметров формы распределения. В простейших случаях распределений с фиксированной формой (равномерное, нормальное, экспоненциальное) β_1 и β_2 являются константами. Для трехпараметрических распределений с одним параметром формы g , например, распределения Вейбулла, асимметрия и эксцесс являются функциями этого параметра – $\beta_1 = f_1(g)$ и $\beta_2 = f_2(g)$, если распределение содержит два параметра формы g_1 и g_2 – распределение Джонсона, то $\beta_1 = f_1(g_1, g_2)$ и $\beta_2 = f_2(g_1, g_2)$. Исключая из этих соотношений параметр формы g , получим уравнение $\beta_2 = F(\beta_1)$, а в случае двух параметров формы – соответственно два уравнения $\beta_2 = F_1(\beta_1, g_2)$ либо $\beta_2 = F_2(\beta_1, g_1)$. Явный вид функций F , F_1 и F_2 определяется только исходным распределением, и их конкретизации для большинства распространенных распределений существуют. В некоторых случаях эти выражения очень громоздки и аналитическое решение системы $\beta_1 = f_1(g)$ и $\beta_2 = f_2(g)$ невозможно, например, для распределения Вейбулла, но всегда можно построить зависимость $\beta_2 = F(\beta_1)$ численно.

В технических приложениях (и очень редко – в лесной экологии) соотношение между асимметрией и эксцессом используется для идентификации типа распределения. Большой арсенал потенциально пригодных в конкретной ситуации распределений и невозможность визуальной оценки их преимуществ приводят к необходимости предварительной процедуры отбора нескольких (лучше – одного) наиболее адекватных распределений с последующим статистическим анализом уже не всех возможных, а только небольшого числа отобранных вариантов.

Одна из методик выбора аппроксимирующей функции основана на использовании диаграмм Пирсона. В плоскости асимметрия-эксцесс – (β_1, β_2) каждому из унимодальных распределений с одним параметром формы соответствует некоторая специфическая для данного распределения адресная кривая $\beta_2 = f(\beta_1)$, которую можно получить аналитически либо численно. Соответственно, вся плоскость (β_1, β_2) разбивается на области, включая так называемую критическую (недоступную) область. Совокупность этих областей и их границ называется диаграммой Пирсона и может служить для идентификации типа распределения. Действительно, оценив для конкретной выборки значения β_1 и β_2 и сопоставив полученную точку с ближайшей границей данной области, находим потенциальное распределение, наиболее соответствующее эмпирическим оценкам β_1 и β_2 . Распределениям с двумя параметрами формы на диаграмме Пирсона соответствует область, ограниченная кривыми $\beta_2 = F_1(\beta_1, g_{21})$ и $\beta_2 = F_2(\beta_1, g_{22})$, где g_{21} и g_{22} – предельные значения второго параметра формы для данного распределения.

Анализу взаимосвязей между различными комбинациями первых четырех моментов рядов распределений по диаметрам посвящено очень много работ. Безотносительно к проблеме подбора параметров распределений методом моментов «побочный» продукт приобрел самостоятельную ценность. Например, исследовались взаимосвязи между среднеквадратическим отклонением, асимметрией, эксцессом и средними диаметрами древостоев, третьего основного момента и стандартного отклонения со средним арифметическим ряда, а также четвертого основного момента – с третьим. Поскольку существует универсальное рекуррентное соотношение между центральными моментами r -го и $(r+1)$ -го порядков, то не все из рассмотренных (и многих других) соотношений между моментами теоретически обоснованы. В лучшем случае они являются эмпирическими аппроксимациями, не связанными с исходными распределениями.

Наибольший интерес представляют соотношения между асимметрией и эксцессом рядов распределений деревьев по диаметру, которые аппроксимировали параболой второго и третьего порядков. Благодаря адекватному выбору переменных эти параболы могут быть сопоставлены с соответствующими эталонными кривыми на диаграмме Пирсона. В некоторых случаях это соответствие может быть точным, например, для гамма-распределения теоретическая зависимость $\beta_2 = F(\beta_1)$ описывается линейным уравнением. Для нелинейных уравнений границ, особенно в тех случаях, когда граничная кривая может быть получена только численно (распределение Вейбулла), эмпирические параболы могут рассматриваться как аппроксимации теоретических взаимосвязей.

Каждому отдельному состоянию древостоя в плоскости (β_1, β_2) соответствует изображающая точка, по относительному положению которой можно идентифицировать тип распределения для данного состояния. Совокупности временных срезов динамики одного древостоя либо набору статических описаний разных древостоев соответствует облако точек, которое может быть аппроксимировано

эмпирической кривой $\beta_2 = \Phi(\beta_1)$. Использование диаграммы Пирсона для анализа соотношений между эмпирическими оценками асимметрии и эксцесса позволяет различить две принципиально разные ситуации. Если эмпирическая кривая $\beta_2 = \Phi(\beta_1)$ для рассматриваемого диапазона состояний близка к одной из эталонных кривых $\beta_2 = F(\beta_1)$, то тип распределения сохранится, и соответствующее распределение (разумеется, с разными значениями параметров) может быть использовано для описания размерной структуры рассматриваемой совокупности состояний. Если эмпирическая кривая пересекает эталонные кривые и расположена в нескольких областях на диаграмме Пирсона, то динамика размерной структуры одного древостоя либо набор структур, соответствующих разным древостоям, не могут быть описаны распределением одного типа.

Анализ проблемы сохранения типа распределения и его возможная идентификация в плоскости асимметрия – эксцесс эффективны только в простейшем случае унимодальных распределений с одним параметром формы и существованием нескольких областей в этой плоскости. Для обобщенных семейств распределений с двумя и большим числом параметров формы разбиение плоскости (β_1, β_2) может сводиться всего к двум областям – возможных и запрещенных значений β_1 и β_2 . В этом случае идентификация в плоскости «асимметрия – эксцесс» неконструктивна, поскольку сводится к тривиальному утверждению, что семейство в целом может быть использовано для любого частного случая, и необходимо переходить к многомерному обобщению диаграммы Пирсона.

Весь накопленный опыт анализа размерной структуры свидетельствует, что чистые одновозрастные древостои удастся адекватно описывать одновершинными трехпараметрическими распределениями со стандартным набором параметров, характеризующих положение, масштаб и форму распределения. Разумеется, в более сложных случаях – смешанных, многоярусных, разновозрастных и нарушенных древостоях – для описания структуры этих объектов требуется использовать более изощренные, мультимодальные распределения с несколькими параметрами формы. Например, одно из современных направлений в этой области связано с использованием смеси унимодальных распределений.

Попытка унификации типов строения в исходных работах относилась, конечно же, не ко всем, а только к чистым одновозрастным древостоям. Если под единством строения понимать постоянство типа функции распределения по размерам в течение жизни одного древостоя (элемента леса) либо для разных совокупностей древостоев, то один из простых и удобных способов анализа этого постоянства связан с построением эмпирических зависимостей $\beta_2 = \Phi(\beta_1)$ на диаграмме Пирсона. Простота и удобство связаны с тем, что для построения этой кривой не требуется подбирать параметры функции распределения, а достаточно ограничиться выборочными оценками моментов.

С возрастом могут меняться все параметры распределения, включая форму от L-образной в молодняках до J- в древостоях старших возрастов, со всеми последовательными переходами между этими предельными случаями, но при сохранении типа распределения мы будем иметь одну универсальную для данного типа кривую в плоскости «асимметрия – эксцесс». Распределения, обладающие нужной гибкостью, известны и широко используются – распределение Вейбулла, но здесь существует другая трудность, связанная с невозможностью построения аналитической зависимости $\beta_1 = F(\beta_2)$ в общем случае.

Размерная структура древостоя в данный момент времени является интегральным отражением начального распределения деревьев по скоростям роста, неоднородности микроусловий, конкурентных взаимоотношений, структуры отпада, истории роста древостоя в целом и многих других процессов, происходящих в лесу. Поиски «закона единства» были связаны с попытками найти общие черты, отражающие общность механизмов формирования древостоев, в частности, их строения. Возможно, существование универсальной кривой в плоскости «асимметрия – эксцесс» независимо от абсолютных значений параметров распределений, свидетельствующей не о буквальной одинаковости, а только о постоянстве типа распределений в каких-то пределах, и является графическим образом «закона единства строения древостоев».

ОСОБЕННОСТИ ЛЕСООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ЕНИСЕЙСКОГО МЕРИДИАНА В ГОЛОЦЕНЕ

В.Л. КОШКАРОВА¹, А.Д. КОШКАРОВ²

¹Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН, Красноярск

²Красноярский государственный педагогический университет им. В.П.Астафьева, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Проведена реконструкция процессов лесообразования на территории Енисейского меридиана на основе анализа динамики видового состава голоценовых семенных комплексов с учетом комплекса данных палеонтологии. Выявлены особенности трансформации лесных сообществ при изменении эколого-климатического режима, определена морфоструктура лесов на разных элементах рельефа. Получена последовательная хронология лесообразовательных процессов с временным шагом от 200 до 1500 лет.

Проблема глобальных изменений природной среды и климата в последнее десятилетие во всем мире определяет острую необходимость оценки роли лесов в регулировании биосферных процессов в предшествующем геологическом периоде – голоцене [3]. Для того времени установлены неоднократные как глобальные потепления, так и глобальные похолодания в жизни Земли. Эти изменения способствовали трансформации лесных сообществ в соответствии с существовавшими тогда определенными климатическими режимами. Лесообразовательный процесс является процессом, охватывающим многогранный комплекс биогеоценозов, сменяющихся во времени палеоэпох. Идеи трансформации лесного покрова были сформулированы еще Г.Ф. Морозовым [8, 9] и получили развитие в исследованиях В.Н. Сукачева [11, 12], Б.П. Колесникова [4,5], Е.П. Смолоногова [10], А.И. Уткина [17, 18] и др., считавших изучение изменений лесных сообществ в историческом времени одним из важнейших аспектов лесоведения, знание которых определяет тактику хозяйственного воздействия на лес. Но и до настоящего времени историко-геологические моменты лесообразовательного процесса так и остаются малоизученными [5]. Эта проблема решается в первую очередь палеоботаническими исследованиями, дающими прямые данные по динамике лесообразования на разных отрезках времени, т.е. в совокупности с современными методами лесоведения они расширяют знания о нем, увеличивают его хронологическую шкалу и тем самым выявляют причинно-следственные закономерности пространственно-временного хода его развития. Палеоботаническая информация, в частности, палеокарпологическая, может дать детальную характеристику каждого элемента лесной экосистемы на формационном, ценотическом и индивидуальном уровнях. Это достигается с использованием эколого-фитоценотического подхода [7, 13, 14 и др.], применяемого в современной геоботанике, в интерпретации комплексов ископаемых макроостатков, которые позволяют определить биоэкологические группы по формам рельефа для каждой палеоэпохи лесообразования.

Следуя за А.И. Уткиным [18], считаем, что наиболее качественная и наглядная информация по выявлению исторических закономерностей лесообразования может быть получена при исследованиях, проводимых в переходных лесорастительных зонах (экотонах). Здесь возможности существования вида в стрессовой ситуации (изменения климата) обостряются, их экологический диапазон суживается [15], поэтому более ощутимы перестройки природной среды, более ярко проявляется стратегия лесообразовательных процессов и особенно лесовозобновительный потенциал древесных пород. Направление и темпы трансформации лесообразования определяет динамика видового состава травяно-кустарничкового покрова, который, как указывал еще Г.Ф. Морозов [9], является наиболее чувствительным индикатором качественного состава леса и его взаимосвязи с внешней средой. А для каждого лесообразователя имеется свой сопутствующий спектр эколого-ценотической группы травянистых растений. В основу анализа особенностей лесообразовательного процесса в голоцене положен оригинальный палеокарпологический материал по более 90 разрезам послеледниковых отложений Енисейского меридиана, подкрепленный данными геохронологии (более 200 радиоуглеродных датировок). Следует подчеркнуть, что территория исследования является уникальным меридиональным биогеографическим рубежом Евразии, проходящим через все природные зоны, а большая часть изученных разрезов находится в зональных экотонах, что повышает индикационную значимость полученных данных. В результате проведена реконструкция динамики лесообразования Енисейского меридиана начиная с 13,5 тысячи лет с учетом современного лесорастительного районирования [16]. Выявлены особенности трансформации лесных сообществ во время изменений эколого-климатического режима, определены состав и структура типов леса на разных элементах рельефа. В каждом из них наряду с собственно эдификаторами и доминантами установлены и характерные ценоэлементы – маркеры, которые стали индикаторами не только лесорастительных, но и общих климатических условий.

В данном сообщении зональные лесообразовательные трансформации приведены для трех крупных временных периодов послеледниковья, контрастно отличающихся климатическими режимами, установленными для всей Евразии [1, 2]. 13000 – 9000 лет назад (л.н.) – время повышения температуры, крайне неустойчивый климат, чередование резко теплых и резко холодных коротких фаз. В результате потепления и смягчения континентальности климата, наступивших после последнего позднеплейстоценового похолодания, произошел довольно быстрый распад перигляциального растительного комплекса. На севере, в пределах 72-68° с.ш., довольно быстро стали распространяться леса из лиственницы, ели, березы; южнее (до 56° с.ш.) – и сосны, т.е. начинается развитие бореальной лесной зоны в северных и центральных районах Енисейского меридиана. Возобновительная стратегия лесообразователей в это время относится, в основном, к экотопическому типу [18], только лиственница имеет устойчивый фитоценотический тип.

9000 – 5000 л.н. – время стабильного теплого климата с максимумом в середине, нарастание увлажненности. На севере, в пределах 72-68° с.ш., широкое развитие получает еловая формация мохово-травяных групп, где ель выступает как фитоценотический пациент. Южнее (современная северная и средняя подзоны тайги) господствуют темнохвойная и сосновая формации разнотравных групп, занимавшие свой экотоп в зависимости от рельефа. Основную фитоценотическую возобновительную роль в них выполняли пихта и сосна. Кедр и лиственница главным образом занимали позиции экотопических пациентов. На месте теперешней южной тайги и подтайги широко развита была березово-лиственничная лесостепь, заходя в низкоргорья, а южнее простиралась степь.

Начиная с 5000 л.н. и до современности – уменьшение тепла, повышение увлажненности (в середине короткий теплый и сухой период, 4000 – 3000 л.н.). Такие изменения в первой половине временного отрезка привели к интенсивному лесообразованию на большей части Енисейского меридиана и дифференциации возобновительных стратегий у каждой лесообразующей породы, укреплению их фитоценотической значимости и, в конечном итоге, к большему разнообразию типов лесных формаций. Последовавшее в середине рассматриваемого времени явное потепление климата способствовало ослаблению лесообразовательного процесса и сокращению лесных площадей. Естественно произошла и смена в структуре лесных сообществ. Важно отметить, что уменьшение лесистости территории для этого периода связано не только с климатическими изменениями, но и с резким возрастанием антропогенного воздействия и является показателем быстрых смен лесовозобновления как реакция на какие-либо внешние воздействия. Дальнейшее похолодание и увеличение увлажненности способствовало усилению возобновительной стратегии темнохвойных древесных пород (особенно кедра и пихты), что привело к новым типам лесообразования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зубаков В.А., Борзенкова И.И.* Палеоклиматы позднего кайнозоя. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 210 с.
2. *Изменение климата и ландшафтов за последние 65 миллионов лет (кайнозой: от палеоцена до голоцена)* / Под ред. Величко А.А. М.: ГЕОС, 1999. 260 с.
3. *Исаев А.С., Котляков В.М., Столбовой В., Нильссон С., Маккалум И.* Климатические изменения и земельные ресурсы России // Всемирная конференция по изменению климата, 29 сент.-3 окт. 2003 г., Москва. Труды. М.: Паблик принт, 2004. С. 259-264.
4. *Колесников Б.П.* Кедровые леса Дальнего Востока // Тр. Дальневосточ. фил. АН СССР. Сер. ботан. Т. 2 (4). М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1956. С. 1-281.
5. *Колесников Б.П.* Генетический этап в лесной типологии и его задачи // Лесоведение, 1974, 2. С. 3-20.
6. *Мелехов И.С.* Значение идей Г.Ф. Морозова // Лесной журнал, 1992, 1. С. 3-8.
7. *Молокова Н.И.* Эколого-ценотический анализ и феноиндикация высотно-поясных комплексов типов леса (на примере гумидных районов Саян): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 1992. 23 с.
8. *Морозов Г.Ф.* Учение о лесе // Избранные труды. Т. 1. М.: Лесн. пром-ть, 1970. 559 с.
9. *Морозов Г.Ф.* Учение о типах насаждения // Там же. Т. 2. 1971. 536 с.
10. *Смолоногов Е.П.* Эколого-географическая дифференциация и динамика кедровых лесов Урала и Западно-Сибирской равнины. Свердловск: УрОАН СССР, 1990. 288 с.
11. *Сукачев В.Н.* История растительности СССР во время плейстоцена // Растительность СССР. Т. 1. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1938. С. 183-234.
12. *Сукачев В.Н.* Динамика лесных биогеоценозов // Основы лесной биогеоценологии. М.: Наука, 1964. С. 458-486.
13. *Типы лесов Сибири.* М.: Изд-во АН СССР, 1963. 223 с.
14. *Типы лесов гор Южной Сибири.* Новосибирск: Наука, 1980. 336 с.
15. *Толмачев А.И.* Введение в географию растений. Л.: ЛГУ, 1974. 244 с.
16. *Углерод в экосистемах лесов и болот России* / под. ред. В.А. Алексеева, Р.А. Бердси. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 1994. 234 с.
17. *Уткин А.И.* «Лесообразовательный процесс» – концепция российского лесоведения // Лесоведение, 1999, 3. С. 13-23.
18. *Уткин А.И.* Возобновительные стратегии основных древесных пород России и лесообразовательный процесс // Леса и лесообразовательный процесс на Дальнем Востоке: Мат-лы межд. конф., посвящ. 90-летию со дня рожд. чл.-корр. РАН Б.П. Колесникова. Владивосток: Биолог.-почв. ин-т ДВО РАН, 1999. С. 69-72.

ИЗМЕНЕНИЯ В ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ОЗЕРА БАЙКАЛ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ РЕКРЕАЦИИ

Л.В. КРИВОБОКОВ¹, Н.А. МИХЕЕВА², А.А. ЗВЕРЕВ³

¹Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ

²Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

³Томский государственный университет, Томск

АННОТАЦИЯ

Проведены исследования трансформации лесной растительности побережий озер Байкал и Котокель. Показаны различия в направлении антропогенной сукцессии, что связано с различиями в экологических условиях развития растительного покрова прибрежных лесов.

В настоящее время в Байкальском регионе, особенно на восточном побережье озера Байкал, в его центральной части, быстрыми темпами развиваются планы по созданию индустрии и соответственно инфраструктуры туризма и рекреации. Тем временем так называемый «дикий», то есть нерегламентируемый туризм процветает, особенно в последнее десятилетие, вследствие чего экосистемы, особенно береговой полосы, испытывают значительные нагрузки. Рекреационное воздействие влияет на все структурные и функциональные части экосистем, но в первую очередь и особенно сильно страдает «растительный блок», к тому же его индикаторное значение наиболее велико [5].

Темой нашего исследования в 2006 – 2008 годах было проследить рекреационную трансформацию экосистем, особенно флоры и растительности прибрежной полосы района исследований, а также выявить особенности этой трансформации в связи с особыми экологическими условиями на побережье Байкала. Для сравнения проведено изучение рекреационной трансформации флоры и растительности на побережье озера Котокель, отделенного от Байкала перешейком минимальной шириной около 1 км. Следует отметить, что географическое положение играет ключевую роль в различиях направлений рекреационной сукцессии сообществ побережья открытого Байкала и Котокеля, т.к. климатические и эдафические условия побережий этих озер значительно отличаются, вследствие чего существенные различия имеют флора и растительность. Вегетационный период на побережье Байкала значительно короче, средняя температура заметно ниже, а влажность выше, чем на Котокеле, постоянны сильные ветры [1]. Кроме этого, леса на побережье Байкала развиваются на боровых песках, а на побережье Котокеля под лесными сообществами в основном распространены дерново-таежные супесчаные почвы [2].

Изучение трансформации растительности проводилось на постоянных пробных площадях, закладывавшихся по профилю от относительно ненарушенных участков леса (контроль) через промежуточные стадии (одна или две, выделяемые визуально) до наиболее сильно трансформированных (в основном места постоянных бивуачных стоянок). Для анализа собирались комплексные показатели состояния и структуры древостоя, подлеска, напочвенных ярусов растительности, почв и подстилок, также учитывались площади нарушенных участков и интенсивность рекреационной нагрузки (частота посещения и относительная плотность отдыхающих) [2]. Основными показателями состояния растительности выбраны флористический состав и проективное покрытие напочвенных ярусов.

Экосистемы побережья озера Байкал представляют собой сосновые рододендрово-кустарничково-зеленомошные таежные леса, в напочвенном покрове доминируют *Empetrum nigrum* L., *Ledum palustre* L., *Vaccinium vitis-idaea* L. и типичные таежные мхи, такие как *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Dicranum polysetum* Sw., *Hylacomium splendens* (Hedw.) Schimp. Сложение прибрежных сообществ почти исключительно таежными и подгольцовыми видами растений дало основание Л.Н. Тюлиной [6] для выделения ложно-подгольцового высотно-поясного комплекса растительности, ограниченного в своем распространении узкой прибрежной полосой Байкала. Наши исследования проводились на 3 ключевых участках: 1 – побережье Баргузинского залива у с. Максимиха; 2 – побережье Баргузинского залива с. Усть-Баргузин; 3 – побережье Чивыркуйского залива, бухта Крестовая. Нужно отметить, что из-за труднодоступности лесные экосистемы бухты Крестовой в Чивыркуйском заливе значительно меньше подвергаются рекреационному прессу по сравнению с Максимихой и особенно с Усть-Баргузином. На побережье озера Котокель исследования проводились в сосняке рододендрово-чернично-грушанковом, относящемся к типичным сообществам подзоны южной тайги.

Наиболее значимыми и информативными показателями рекреационного воздействия на растительность при начальных стадиях рекреационной нагрузки на экосистемы (сравнительно непродолжительное время, не исчисляемое десятилетиями) являются флористический состав и проективное покрытие [5], а также общее направление сукцессии (дигрессии), которое можно очень

наглядно показать методами ординации, т.к. изменения растительности идут хотя и по сложному комплексному, но одному явно выраженному градиенту.

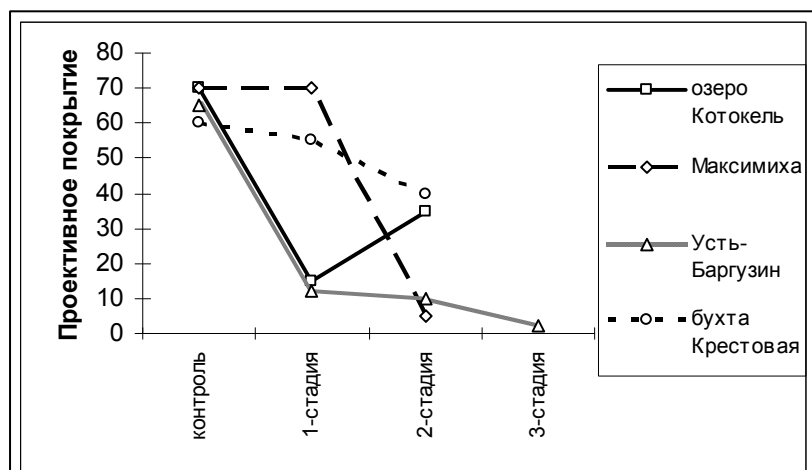


Рис. 1. Изменение проективного покрытия травяно-кустарничкового яруса при рекреации.

сыпучих песках (после уничтожения подстилки) в холодных и влажных условиях. На побережье Котокеля, напротив, усиление нагрузки провоцирует уничтожение *Vaccinium myrtillus* L. и *Pyrola rotundifolia* L. и массовое разрастание *Trifolium repens* L. и *Poa supina* Schrader, обычных доминантов нарушенных местообитаний. Такой сценарий рекреационной

трансформации растительности неоднократно описан в научной литературе [5].

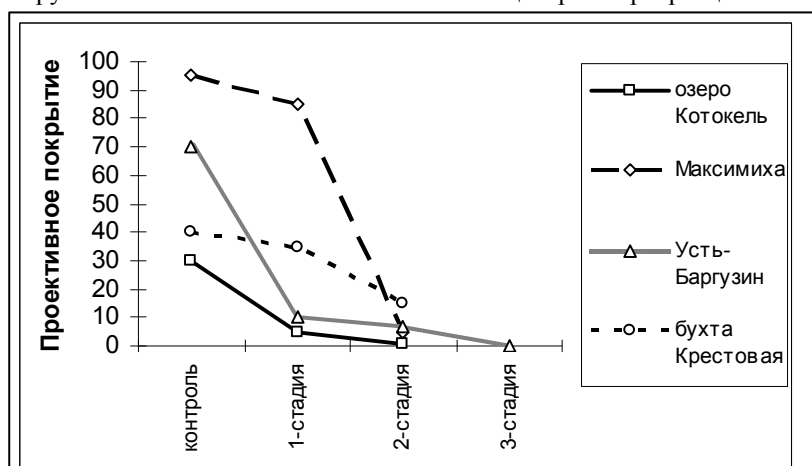


Рис. 2. Изменение проективного покрытия мохово-лишайникового покрова при рекреации.

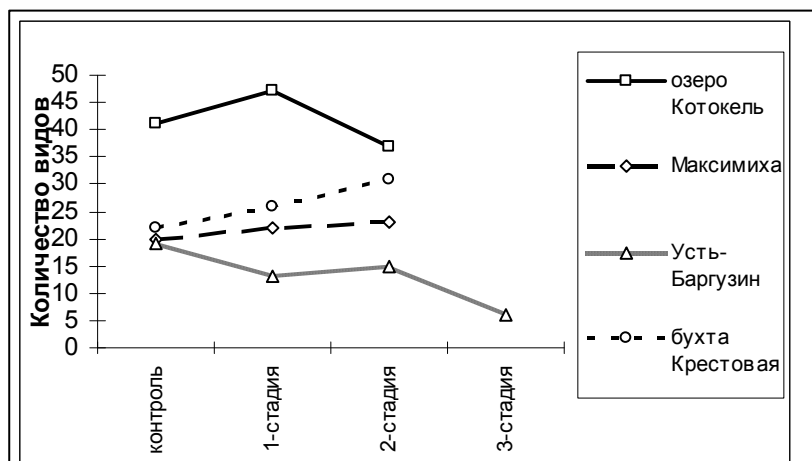


Рис. 3. Изменение общего видового разнообразия (альфа-разнообразия) под воздействием рекреации.

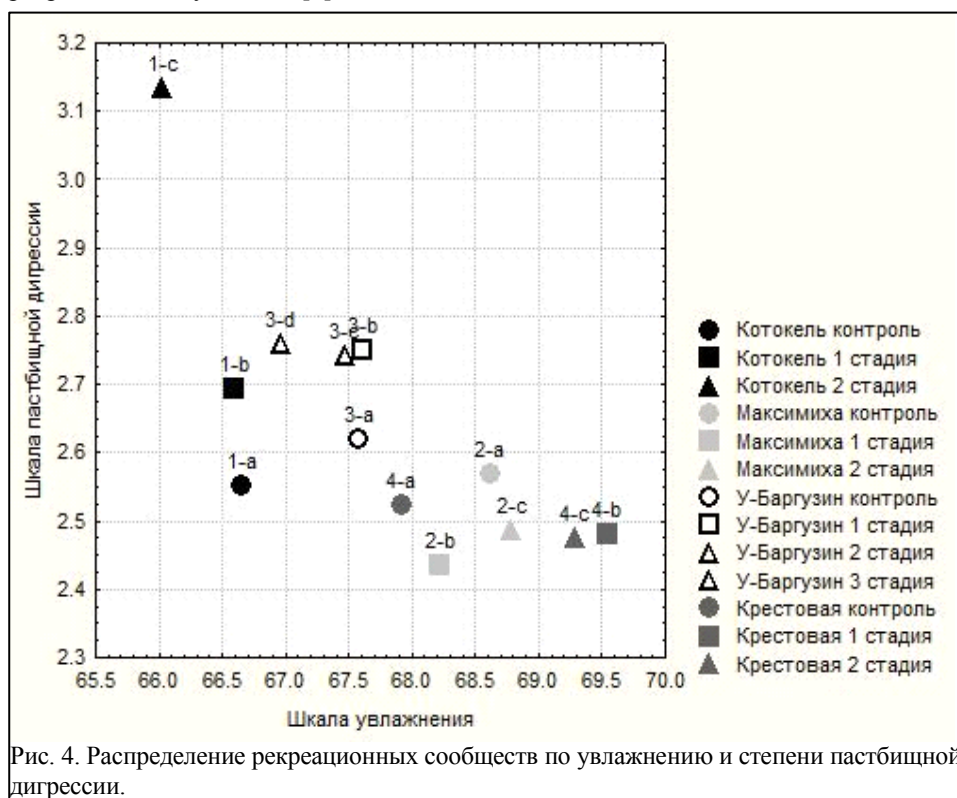
Проективное покрытие мхов и лишайников также снижается при увеличении рекреационной нагрузки, в любых условиях (рис. 2), т.к. мхи и кустистые лишайники (характерные для лесных сообществ) обладают слабой устойчивостью к механическим воздействиям.

Видовое разнообразие лесных фитоценозов Котокеля в целом выше почти в 2 раза, чем на побережье Байкала (рис. 3). При начальной стадии нарушений число видов возрастает в связи с внедрением на освободившееся пространство троп и коврищ сорных видов. При увеличении нагрузки происходит выпадение наиболее уязвимых видов, в основном травянистых лесных многолетников.

В лесах побережья Байкала при умеренных и непродолжительных рекреационных нагрузках происходит небольшое увеличение видового разнообразия за счет внедрения небольшого количества заносных видов с граничащих с лесными участками

растительных сообществ, как это происходит в Максимихе и бухте Крестовая. При длительной и интенсивной рекреации на больших площадях, как у поселка Усть-Баргузин, видовое разнообразие сообществ падает до предела. В таких местах можно наблюдать разреженные фитоценозы, сложенные лишь *Pinus sylvestris* L., *Rhododendron dauricum* L., *Vaccinium vitis-idaea* L. и *Festuca ovina* L.

Основным фактором рекреационной сукцессии, как уже упоминалось, является вытаптывание, и потому ее характер во многом схож с дигрессией пастбищной [4]. Кроме этого, уплотнение верхних почвенных горизонтов приводит к уменьшению их влажности и соответственно к уменьшению доступной влаги для корневых систем, особенно травяных и кустарничковых растений [2]. При помощи специализированного программного пакета IBIS с использованием градиентных шкал увлажнения и пастбищной дигрессии И.А. Цаценкина (1978) проведена ординация всех описаний ключевых рекреационных участков [3].



Анализ распределения сообществ по осям переменных (рис. 4) показывает, что при увеличении рекреационной нагрузки условия увлажнения сообществ изменяются мало, что связано с легким гранулометрическим составом почв и достаточным атмосферным увлажнением всех районов исследования. В бухте Крестовой повышение увлажнения рекреационных сообществ связано с уровнем

грунтовых вод песчаной косы (параллельно увеличению нагрузки идет понижение косы относительно уровня Байкала). По шкале пастбищной дигрессии сообщества побережья Байкала также располагаются компактными группами, т.к., как говорилось выше, при увеличении нагрузки элиминация лесных видов идет без одновременного внедрения сорных, луговых и степных, толерантных к вытаптыванию. Напротив, на побережье Котокеля увеличение рекреационной нагрузки приводит к смене доминантов, дигрессия растительного покрова нарастает, происходит смена сообществ, что хорошо отражено на графике.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что при увеличении рекреационной нагрузки на лесные сообщества побережья Байкала происходит не трансформация их в переходные антропогенные сообщества, а постепенное уничтожение (как это происходит в Усть-Баргузине), т.е. расширение пляжей. При резком значительном увеличении масштабов рекреации на побережье процесс этот может охватить значительную часть береговой полосы планируемой особой рекреационной зоны. Необходимы специальные экспериментальные исследования для выяснения возможности демутационной сукцессии, т.е. восстановления исходной лесной растительности при ограничении или полном исключении рекреационных нагрузок.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Агроклиматический справочник по Бурятской АССР*. Л.: Гидрометеиздат, 1960. 191 с.
2. Буренина Т.А., Спицына Н.Т., Болонева М.В., Балсанова Л.Д., Михеева Н.А., Скосырская О.А. Рекреационные последствия в лесных экосистемах восточного побережья Байкала / Леса бассейна Байкала (состояние, использование и охрана). Под ред. А.А. Онучина. Красноярск: Ин-т леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2008. С. 77-112.
3. Зверев А.А. Информационные технологии в исследованиях растительного покрова: Учебное пособие. Томск:

- ТМЛ-Пресс, 2007. 304 с.
4. Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. М.: Наука, 1989. 223 с.
 5. Рысин Л.П., Полякова Г.А. Влияние рекреационного использования на растительность / Природные аспекты рекреационного использования леса. М.: Наука, 1987. С. 4-26.
 6. Тюлина Л.Н. Влажный прибайкальский тип поясности растительности. Новосибирск: Наука, 1976. 320 с.

УДК 630*561

ДИНАМИКА ГОДИЧНОГО ПРИРОСТА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ КОНТРАСТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ

С.Р. КУЗЬМИН

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Показаны различия в формировании годовых приростов по высоте и диаметру у разных климатипов сосны обыкновенной. Выявлено, что максимальные приросты у климатипов с юга ареала наступают на несколько лет раньше, чем у северных. Северные климатипы сосны могут сохранять максимальные приросты в течение нескольких лет. Южные климатипы сосны более чувствительны к погодным условиям в пункте испытания.

Исследование динамики роста сосны разного происхождения на однородном экологическом фоне представляет научный интерес, так как позволяет расширить информацию о механизмах адаптации и оценить реакцию климатипов на изменение климатических факторов. Объектами исследований являются географические культуры сосны обыкновенной, созданные в Богучанском лесхозе Красноярского края в 1977 году по программе и методике ВНИИЛМ (1972). В данной работе приводятся результаты исследования динамики роста контрастных по месту происхождения климатипов сосны, тестируемых на суглинистой темно-серой лесной почве. Анализ динамики прироста в высоту и по диаметру проводился у климатипов, представляющих разные климатические и лесорастительные зоны. Северную тайгу представляли пинежский, кандалакшский, туруханский, среднюю тайгу – плесецкий, южную тайгу – богучанский, вихоревский, усть-кутский, лесостепь – кяхтинский, чемальский, балгазынский и минусинский климатипы. Динамику годичного прироста в высоту и по диаметру изучали на примере модельных деревьев, высота и диаметр которых соответствовали средним значениям исследуемых климатипов. Ширина годичных колец измерялась на полуавтоматической установке LINTAB V – 3.0. Годичные приросты в высоту у 30-летних деревьев замерялись за 23-летний, а по диаметру – за 20-летний периоды.

Коэффициент изменчивости (C_v) годичного прироста в высоту у деревьев исследуемых климатипов сосны варьирует от 19 до 35 %, средние значения – от 42,3 до 53,0 см. Наименьшие значения годичного прироста отмечаются у деревьев туруханского, плесецкого, пинежского (44,8; 47,9; 42,3 см соответственно), относительно большие – у минусинского, балгазынского, кяхтинского климатипов (53,0; 52,3; 50,6). Анализ динамики годичного прироста в высоту с 8 до 30 лет включительно показывает, что максимальные приросты сравниваемых климатипов сосны отмечаются в разном возрасте. Например, первый максимум прироста у минусинского климатипа наступает в 13 лет и продолжается до 15 лет, у кяхтинского максимум также наступает в 13 лет, но затем отмечается постепенное снижение, у балгазынского первый максимум наступает в 14 лет, после чего прирост существенно снижается. Максимум прироста у усть-кутского климатипа наступает в 13 лет и сохраняется до 17 лет, чередуясь с небольшими спадами. Максимальный прирост у туруханского, пинежского, плесецкого, богучанского и вихоревского климатипов отмечается в 17-20 лет. Таким образом, климатипы сосны из южных регионов формируют максимальный прирост на 5-6 лет раньше по сравнению с контролем и климатипами сосны из северных регионов европейской части страны.

Сравнение динамики прироста контрастных по месту происхождения климатипов сосны со сходной густотой древостоев (деревьев шт./га) (кахтинский – 3167 шт./га, туруханский – 3444 шт./га, усть-кутский – 3011 шт./га) подтверждает значительные возрастные различия (до 6 лет) в наступлении максимального прироста и тем самым демонстрирует влияние происхождения сосны на этот показатель. Так, туруханский климатип имеет относительно большую густоту древостоя, но максимальный годичный прирост у него отмечается значительно позже, чем у кяхтинского, имеющего меньшую густоту древостоя (рис. 1).

В последующие годы после наступления максимального прироста в высоту и смыкания крон у деревьев исследуемых климатипов отмечается закономерное снижение величины прироста, прерываемое иногда подъемами различной интенсивности. Эти периодические подъемы в росте в некоторой степени

связаны с изменением погодных условий вегетационных периодов. К климатипам, у которых отмечается достоверная корреляционная связь с осадками, относятся минусинский, балгазынский, усть-кутский и вихоревский ($r = 0,42-0,47$; $p \leq 0,05$). Чемальский климатип является самым чувствительным к дефициту осадков в пункте испытания. Выявлена достоверная положительная связь между индексами линейного прироста и осадков ($r = 0,47$, $p < 0,05$). Это связано с тем, что в пункте происхождения чемальского климатипа количество осадков за вегетационный период значительно больше (450 мм), чем в пункте испытания (275 мм). В сравнении с ним контрольный богучанский климатип не испытывает дефицита влаги согласно корреляции индексов прироста и осадков ($r = -0,46$; $p < 0,05$).

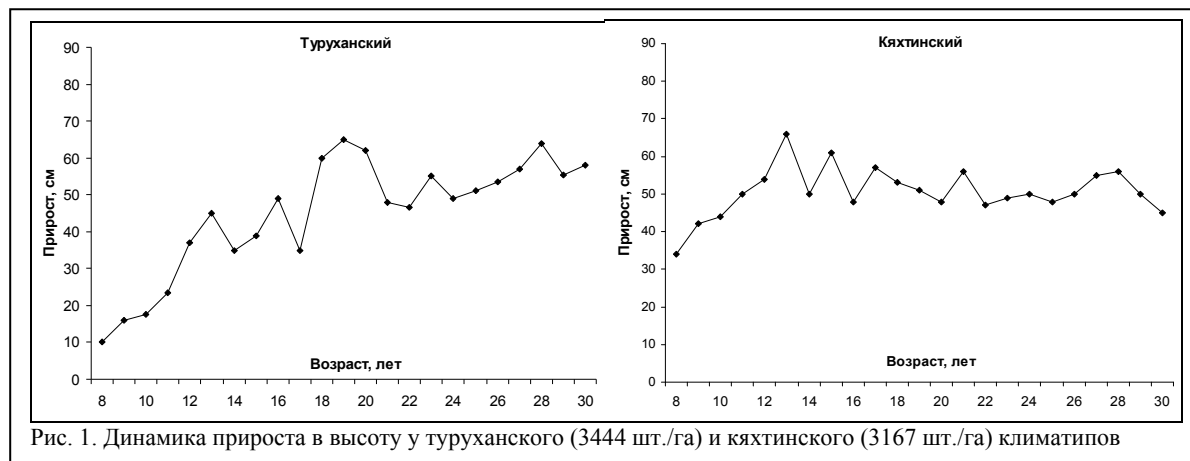


Рис. 1. Динамика прироста в высоту у туруханского (3444 шт./га) и кяхтинского (3167 шт./га) климатипов

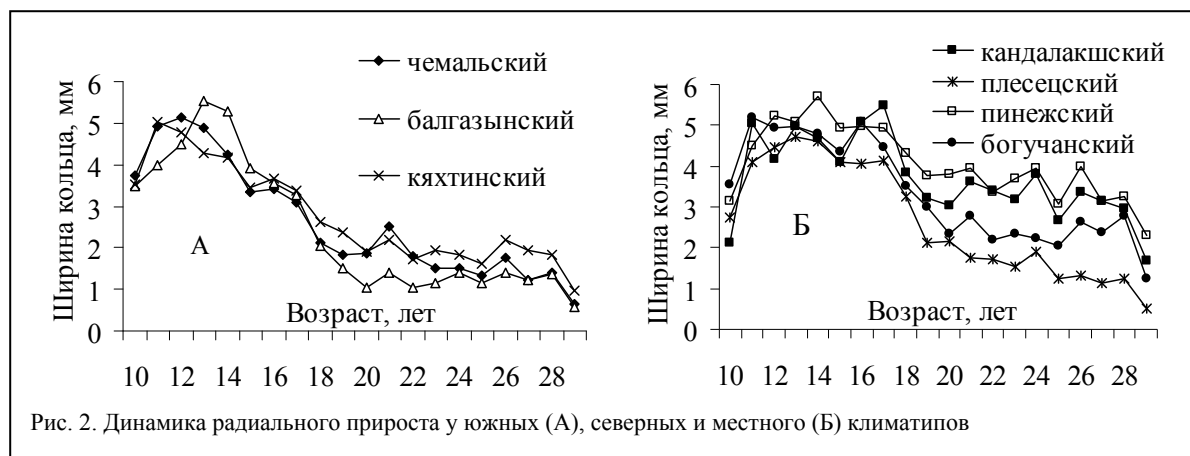
Минусинский, усть-кутский, плесецкий, чемальский и вихоревский климатипы в пункте испытания чувствительны к температурному фактору. Чем выше средняя температура вегетационного периода, тем меньше у них прирост. Это подтверждает отрицательная корреляция индексов прироста и температуры ($r = -0,45-0,62$; $p < 0,05$). Динамика прироста в высоту за 23 года местного и северных климатипов аппроксимируется линейной функцией ($R^2 = 0,36-0,66$). Прирост в высоту южных климатипов: минусинского, кяхтинского, балгазынского, а также усть-кутского достоверно не аппроксимируется линейной функцией, что подтверждает разный характер линейного роста у южных и северных климатипов. Южные климатипы отличаются высокими приростами (около 60 см) в молодом возрасте, после смыкания крон темпы прироста у них существенно уменьшаются. Северные климатипы (пинежский, туруханский) формируют в среднем невысокие линейные приросты, у них не отмечается сильных спадов вплоть до 30-летнего возраста, они менее чувствительны к высоким температурам и дефициту влаги. В возрасте 25-30 лет северные климатипы незначительно уступают южным по линейному приросту.

Таким образом, в географических культурах сосны из южных регионов на 5-6 лет раньше, чем сосна северных регионов, формирует максимальные приросты по росту в высоту. Изменение прироста по годам вызывается не только факторами среды, но и обусловлено изменчивостью сосны в онтогенезе, это подтверждают результаты исследований географических культур в других пунктах испытания [2, 4].

По характеру кривой радиального годичного прироста между климатипами также отмечаются различия. Балгазынский, чемальский и плесецкий климатипы за последние 20 лет обладают наибольшей амплитудой изменчивости ширины годичного кольца, кандалакшский и пинежский – наименьшей. Коэффициент вариации признака составляет: у балгазынского климатипа – 64 %, чемальского – 53 %, плесецкого – 53 %, кяхтинского – 42 %, богучанского – 37 %, кандалакшского – 28 %, пинежского – 22 %. Динамика радиального прироста южных климатипов сосны отличается от динамики местного и северных. На рис. 2 показан относительно короткий период максимального прироста у южных климатипов и большая продолжительность этого периода у северных и богучанского. В последующие годы после достижения максимального роста по диаметру происходит снижение прироста, причем у некоторых южных климатипов снижение прироста отмечается более резко. Так, у балгазынского климатипа уменьшение прироста достигает 30 % по сравнению с предыдущим годом. Чемальский и кяхтинский климатипы демонстрируют постепенное падение прироста. Максимальное значение ширины кольца у чемальского климатипа формируется в возрасте 12 лет (5,13 мм), у кяхтинского – в 11 лет (5,01 мм), у балгазынского – в 13 лет (5,53 мм). Максимум радиального прироста у северных климатипов формируется позднее, чем у южных: у пинежского он отмечается в возрасте 14 лет (5,72 мм), у кандалакшского – в 17 лет (5,48 мм), у плесецкого – в 13 лет (4,73 мм). У контрольного варианта максимальный прирост отмечается в 16 лет (5,07 мм).

Существенный спад прироста у пинежского и плесецкого климатипов происходит в течение 3-5 лет после максимума, причем начинается этот спад в 18-летнем возрасте. У кандалакшского и

богучанского климатипов формирование максимальной ширины годичного кольца имеет длительный характер, первые максимальные значения у них отмечаются в возрасте 11 лет, повторные максимумы – в 16 лет. У кандалакшского климатипа максимум в приросте продолжается до 17 лет включительно, а спад так же, как у плесецкого и пинежского, начинается с 18-летнего возраста.



Очевидно, что проявление повторных максимальных приростов у богучанского, кандалакшского и пинежского климатипов связано с их способностью поддерживать максимальные значения радиальных приростов более длительное время. В 21-летнем возрасте у всех климатипов наблюдается небольшой подъем радиального прироста, который объясняется увеличением количества осадков предыдущего вегетационного сезона. Такую связь прироста и осадков отмечал в географических культурах лиственницы В.П. Макаров [3].

Известно, что в загущенных посадках радиальный прирост снижается значительно раньше, чем в разреженных [1]. В нашем эксперименте этой закономерности не отмечается. Так, например, чемальский климатип в данном анализе имеет меньшую густоту древостоя, 1411 шт./га, чем пинежский – 1552 шт./га, кандалакшский – 1720 шт./га и богучанский – 2283 шт./га, тем не менее наступление максимального прироста у чемальского климатипа произошло раньше (в 12 лет), величина прироста составила 5,13 мм. У северных (пинежского и кандалакшского) и контрольного климатипов максимум наступил значительно позднее, в 14, 17 и 16 лет, величина прироста составила 5,72, 5,48 и 5,19 мм соответственно.

Таким образом, анализ прироста в высоту показывает неодинаковую реакцию климатипов сосны на количество осадков и температуру вегетационных периодов в пункте испытания. Климатипы сосны с юга ареала более чувствительны к климатическим факторам, они на 5-6 лет раньше, чем климатипы сосны северных регионов, формируют максимальные приросты по высоте. Несмотря на относительно сходную динамику радиального роста, у контрастных по месту происхождения климатипов отмечаются различия в продолжительности формирования максимального прироста. Южные климатипы отличаются коротким периодом формирования максимальных приростов (от 1 до 3 лет). У северных и контрольного максимальный прирост отмечается более длительно (от 3 до 7 лет), при этом северные климатипы отличаются низкой изменчивостью радиального прироста. Анализ роста климатипов сосны с относительно одинаковой густотой древостоев подтверждает, что приросты по высоте и диаметру могут регулироваться не только средовыми факторами, но и наследственными особенностями климатипов.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ № 07-04-00292, РФФИ-Бел. № 08-04-90001, проекта СФУ (1.7.09).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бузыкин А.И., Пшеничникова Л.С., Суховольский В.Г. Густота и продуктивность древесных ценозов. Новосибирск: Наука, 2002. 152 с.
2. Ирошников А.И. Географические культуры хвойных в южной Сибири // Географические культуры и плантации хвойных в Сибири. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1977. С. 4-110,
3. Макаров В.П. Особенности роста и развития различных видов и климатипов лиственницы в Восточном Забайкалье: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.03.01. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 1999. 27 с.
4. Чернодубов А.И., Галдина Т.Е., Смогунова О.А. Географические культуры сосны обыкновенной на юге Русской равнины. Воронеж, 2005. 115 с.

ВЛИЯНИЕ ПОВТОРНЫХ ПОЖАРОВ НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ В РАВНИННОЙ ЧАСТИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

А.Н. КУПРИЯНОВ

Институт экологии человека СО РАН, Кемерово

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются вопросы лесовозобновления после вторичных пожаров на крупноплощадных гарях в ленточных и приобских борах на юге Сибири. Исследования показывают, что после вторичных пожаров восстановления сосны в изученных типах леса практически не происходит.

По мнению Э.Н. Валендика, в Западной Сибири крупные пожары возникают 1 раз в 2-3 года, устойчивые и на большой площади повторяются 1-2 раза в десятилетие [1]. Горимость равнинных лесов Алтайского края за предыдущие 50 лет значительно превышает таковую на других территориях Западной Сибири [2-3]. Это определяется физико-географическими особенностями территории, высокой плотностью населения, соседством с сухими степями и пустынями Средней Азии, оказывающими мощное воздействие на климат и, в частности, ветровой и температурный режимы Алтая. Особенно заметно это воздействие стало проявляться в конце XX столетия в связи с явным потеплением климата северного полушария. Не менее важной причиной возникновения лесных пожаров и высокой горимости лесов является крайне неблагоприятное распределение лесного фонда на этой территории по классам природной пожарной опасности и увеличение антропогенного фактора [2, 3].

В равнинной части Алтайского края в зависимости от климатических условий выделяются сосновые леса юго-западной части ленточных боров, находящихся в зоне сухой степи, центральной части ленточных боров, находящихся в зоне южной лесостепи, Верхнеобской и Среднеобской боры.

После разрушительных пожаров в 1997 – 1998 гг. на месте крупноплощадных гарей были заложены мониторинговые полигоны для изучения скорости восстановления лесных экосистем [4]. Наблюдения за лесовосстановлением проводятся в течение 10 лет. Промежуточные результаты опубликованы в многочисленных работах [5-10]. Начиная с 2006 года на территории мониторинговых полигонов отмечены вторичные низовые пожары, которые во многом изменили характер лесовосстановления крупноплощадных гарей. Подсчет молодого подроста на месте вторичных гарей осуществлялся по методам, принятым в лесоводстве [11]. Исследования проводились в наиболее распространенных типах леса: сосняке разнотравном, сосняке лишайниковом, сосняке мшистойягодниковом.

Таблица 1. Характеристика подроста в разных группах типов лесов

Группа типов леса	Состав подроста в контроле	Состав подроста после пожара 1998 г.	Состав подроста после пожара 2006 г.	Количество молодого подроста в контроле, тыс.шт./га	Количество молодого подроста через семь лет после первого пожара (2005 г.), тыс.шт./га	Количество молодого подроста через три года после повторного пожара в 2008 году, тыс. шт./га
Юго-западная часть ленточных боров						
Сосняк лишайниковый	10С	10С	нет	3.05	0,20	Нет
Сосняк разнотравный	9С1Б	8С2Б	10Ос	3.80	0,08	Нет
Центральная часть ленточных боров						
Сосняк лишайниковый	10С	9С1Б	нет	11.00	0,30	Нет
Сосняк разнотравный	8С2Б	7С2Б1Ос	8Ос2Б	33.80	0,60	Нет
Верхнеобской бор						
Сосняк разнотравный	9С1Б	6С4Б+Л	4Б6Ос	8.7	3.40	6.00
Сосняк мшистойягодниковый	9С1Б	7С3Б	7Б3Ос	25.0	19.00	0,20
Среднеобской бор						
Сосняк разнотравный	5С5Б+Ос	3С5Б2Ос	6Ос4Б	13,25	32,72	6.62
Сосняк мшистойягодниковый	10С+Б	10С+Б	2С4Б4Ос	12,47	18,15*	7.09

*на отдельных участках молодой подрост в сосняках мшистойягодниковых на 2-4 год после пожара достигает 80-120 тыс. шт./га.

Состав подроста в зависимости от частоты пожара изменяется довольно сильно. В сосняке лишайниковом в юго-западной и центральной части ленточного бора после пожаров возобновление плохое и состояло из сосны, а после вторичного пожара возобновления не происходит. Поскольку этот тип леса формируется на вершинах бугров, на их месте появляются участки незакрепленного песка и отмечены участки ветровой эрозии. В сосняке разнотравном после вторичного пожара подрост образует только осина с примесью березы. Ввиду того, что в юго-западной части ленточных боров гари занимают сотни и десятки тысяч гектаров и кромка несгоревшего леса находится на значительном расстоянии, обсеменения гарей после вторичных пожаров не происходит. Судьба восстановления сосновых насаждений зависит главным образом от успешности искусственного лесовосстановления.

Возобновление после сильных низовых пожаров в сосняках мшистогодниковых Верхнеобского бора хорошее и достигает до 19 тыс. шт./га молодого подроста, после вторичного пожара – плохое. После повторного пожара сосна почти полностью исчезает из состава подроста. В сосняке разнотравном после сильного низового пожара возобновление слабое, в составе подроста наряду с березой и осинкой отмечена лиственница, которая нехарактерна для этого типа леса. После повторного пожара общее количество подроста становится удовлетворительным, но из его состава полностью выпадают сосна и лиственница, а увеличение подроста происходит за счет появления многочисленного подроста березы и осины.

В Среднеобском бору возобновление сосняков считается стабильно хорошим [10]. После крупных пожаров 1998 года через семь лет в сосняке мшистогодниковом на мониторинговом полигоне насчитывалось 18,15 тыс. шт./га подроста, который практически весь состоял из сосны. В сосняке разнотравном в составе подроста возрастает доля осины и уменьшается доля сосны. После повторного пожара на мониторинговом полигоне количество подроста уменьшается до удовлетворительного. Доля сосны в составе подроста значительно снижается.

Ленточные и приобские боры в современном состоянии существуют 14-17 тыс. лет. Они сформировались на месте древних ложбин, заполненных песчаными отложениями после таяния ледников в четвертичный период. Лесные пожары в сосновых борах возникали на протяжении исторически обозримого периода времени. Отмечено много лет, когда пожарами охватывались огромные территории. Так, согласно дендрохронологическим данным, крупные лесные пожары были в 1728, 1780, 1793, 1810, 1851, 1887, 1900, 1910, 1929, 1951 годах. По данным В. В. Фурьева и В. И. Заблоцкого [12], за 270 лет на одной и той же территории крупные пожары повторялись 11 раз, со средней периодичностью около 25 лет. Анализ показывает, что частота периодов с крупными пожарами с XVIII до конца XX столетия продолжала неуклонно увеличиваться, имея, разумеется, свои особенности в отдельных физико-географических районах этой территории. Так, например, в ленточных борах в 1900 г. было зафиксировано 430 случаев лесных пожаров. При этом на 30 % покрытой ранее лесом площади (189 тыс. га) сосняки были повреждены до степени отмирания. В 1910 г. вспышка крупных пожаров вновь повторилась, при этом было пройдено огнем более 230 тыс. га сосновых насаждений. По обобщенным данным Алтайского горного округа, за 10 лет (1906 – 1915 гг.) в ленточных борах возникло 5304 пожаров, охвативших 550 тыс. га сосняков. За период с 1930 по 1951 гг. на территории Алтайского края возник 4581 пожар на площади около 242 тыс. га. В среднем в год действовало 200 пожаров, а площадь их составляла около 10 тыс. га. При общей площади ленточных боров около 1 млн га за 100 лет вся она проходила пожарами. Вот почему сейчас здесь практически невозможно найти даже небольшой участок леса, который не был бы подвержен пожарам, а большинство участков имеют следы 2, 3 и более пожаров.

С 1950 по 2000 годы общее количество пожаров составило 23532 случаев. За указанный период в среднем ежегодно возникало 470 пожаров, что в 2,15 раза больше, чем за период с 1930 по 1951 гг. Возникновение пожаров было связано с крайне неблагоприятными погодными условиями: чрезвычайно высокой летней температурой, низким количеством осадков в летний период, сильными иссушающими ветрами. В последние десятилетия возрастает доля пожаров, вызванных неосторожным обращением с огнем. Пожары в лесу стали не только естественным природным, но и антропогенным фактором, что создает значительные трудности в сохранении лесов, укорачивает срок «оборота» огня и увеличивает срок естественного лесовозобновления.

Сосновые насаждения обладают высокой позиционной устойчивостью, связанной со значительной биологической пожароустойчивостью сосны и динамичностью лесовозобновительных процессов. Но в настоящее время с увеличением антропогенной нагрузки на лесные экосистемы, а также глобальным потеплением межпожарный период постоянно сокращается. В таких условиях возвратные вторичные пожары на крупноплощадных гарях приводят к затормаживанию пирогенных сукцессий и ставят под угрозу само существование ленточных и приобских боров в недалеком будущем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Валендик Э.Н. Пожары как постоянно действующий природный фактор в бореальных лесах Евразии // Пожары в лесных экосистемах Сибири: Мат. Всерос. конф., 17-19 сент. 2008 г., Красноярск. 2008. С.15-18.

2. *Парамонов Е.Г., Иишутин Я.Н.* Крупные лесные пожары в Алтайском крае. Барнаул, 1999. 193 с.
3. *Заблоцкий В.И., Фуряев В.В., Черных В.А., Злобина Л.П.* Воздействие пожаров на лесные экосистемы Алтай-Саянского экорегиона // Кулундинская степь. Прошлое, настоящее, будущее. Мат. III Межд. научно-практич. конф. Барнаул, 2003. С. 37-45.
4. *Восстановление лесных экосистем после пожара* / Куприянов А.Н., Трофимов И.Т., Заблоцкий В.И. и др. Кемерово: Кузбасс, 2003. 259 с.
5. *Куприянов А.Н., Заблоцкий В.И.* Экологические условия появления всходов сосны на гарях // Кулундинская степь. Прошлое, настоящее, будущее. Мат. III Межд. научно-практич. конф. Барнаул, 2003. С. 192-201.
6. *Куприянов А.Н., Заблоцкий В.И.* Влияние интенсивности освещения на формирование подроста в юго-западной части ленточных боров // Восстановление нарушенных ландшафтов. Барнаул, 2004. С. 52-55.
7. *Куприянов А.Н., Малиновский А.А., Заблоцкий В.И.* Динамика восстановления растительного покрова ленточных боров после пожаров // Ботанические исследования в Азиатской России. Мат. 9 съезда Русск. бот. общества. Т. 2. Барнаул, 2003. С. 402-404.
8. *Куприянов А.Н., Стрельникова Т.О.* Восстановление сосняка разнотравного после пожаров в Верхне-Обском бору // Пожары в лесных экосистемах Сибири: Мат. Всерос. конф., 17-19 сент. 2008 г., Красноярск. 2008. С. 155-157.
9. *Куприянов А.Н., Стрельникова Т.О., Заблоцкий В.И.* Мониторинговые исследования восстановления лесных экосистем после пожаров // Седьмое сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу. Мат. росск. конф., 8-10 окт. 2007 г., Томск. 2007. С. 260-262.
10. *Ильичёв Ю.Н., Бушков Н.Т., Тараканов В.В.* Естественное лесовозобновление на гарях Средне-Обских боров. Новосибирск: Наука, 2003. 196 с.
11. *Сукачев В.Н., Зонн С.В.* Методические указания к изучению типов леса. М., 1961. 144 с.
12. *Фуряев В.В., Заблоцкий В.И.* Проблема повышения пожароустойчивости ленточных боров Алтая // Антропогенное воздействие на лесные экосистемы. Барнаул, 2002. С. 76-78.

УДК 630*266 : 630*232.4

СОСТОЯНИЕ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ НАСАЖДЕНИЙ И МЕТОДОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ИХ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ ХАКАСИЯ И ЮЖНЫХ РАЙОНАХ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

А.И. ЛОБАНОВ, Е.Н. САВИН

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

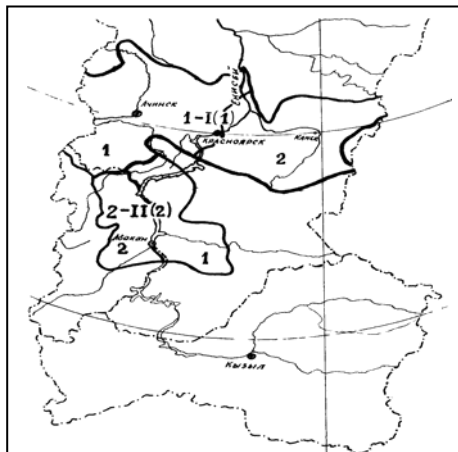


Рис 1. Схема агролесомелиоративного районирования юга Красноярского края и Республики Хакасия: I – Среднесибирский лесостепной район: 1 – Ачинский округ, 2 – Канский округ; II – Восточно-Сибирский степной район: 1 – Южный степной равнинно-предгорный округ, 2 – Хакасский степной равнинно-предгорный, горный округ

АННОТАЦИЯ

Оценено современное состояние полезащитных насаждений и предложена методология создания их нового поколения в южных районах Красноярского края и Республике Хакасия с учетом лесомелиоративного районирования, применения новой концепции лесоразведения и перевода лесного семеноводства на селекционно-генетическую основу.

В настоящее время на территории юга Красноярского края и Республики Хакасия лабораторией защитного лесоразведения Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН выделено 2 агролесомелиоративных района: I – Среднесибирский лесостепной, II – Восточно-Сибирский степной (рис. 1).

Названные районы в разной степени периодически подвергаются воздействию засух, дефляции, засолению, эрозии почв и, как следствие, опустыниванию [7]. В недалеком прошлом здесь произошли две вспышки антропогенной деградации: первую из них обусловили широкомасштабные работы, связанные с распашкой целинных земель в 50-60-е годы, вторую – комплекс неадаптированных действий по интенсификации сельскохозяйственного производства в условиях периодической аридизации климата, наблюдавшейся в 70-80-х годах минувшего столетия. В настоящее время просматриваются контуры третьей вспышки деградации агроландшафтов, которая зарождается в результате практически бесконтрольного, непрофессионального и

истощительного использования земель акционерными обществами, фермерами и другими хозяйствами, стремящимися получать максимальную прибыль без адекватного вклада в поддержание и наращивание их агроресурсного потенциала [10].

Важнейшее место в борьбе с деградацией и опустыниванием земель отводится защитному лесоразведению [1, 12]. В соответствии с Федеральной программой развития агролесомелиоративных работ в России [15] площадь искусственных защитных лесонасаждений на землях сельскохозяйственного назначения должна быть доведена к 2015 г. до научно обоснованной величины – 6,02 млн га, в том числе 2,75 млн га полезащитных, 1,97 млн га овражно-балочных, 0,78 млн га пастбищезащитных, 0,56 млн га на песках и 0,95 млн га вокруг населенных пунктов, прудов, естественных водоемов и вдоль малых рек.

На юге Средней Сибири накоплен богатый опыт создания полезащитных насаждений [1, 4, 5, 16,]. За последние 60 лет в южных районах Средней Сибири создано более 50 тыс. га защитных лесных насаждений различного целевого назначения. В качестве главных древесных пород чаще всего использовались быстрорастущие тополя (бальзамический, лавролистный, черный и их гибриды) и вязы (приземистый и гладкий), реже – лиственница сибирская, береза повислая, сосна обыкновенная и ива остролистная.

Защитные насаждения из лиственных древесных растений в Восточно-Сибирском степном округе характеризуются в настоящее время в основном неудовлетворительным состоянием, главными причинами которого являются:

- 1) шаблонное перенесение технологии создания посадок из европейской части страны в Сибирь и из лесостепной зоны в степную;
- 2) нарушение агротехнических приемов выращивания защитных насаждений в экстремальных условиях;
- 3) несоответствие биологии тех или иных видов древесных пород реальным почвенно-климатическим условиям;
- 4) чрезмерные по интенсивности рубки ухода (особенно в тополевых насаждениях) в целях формирования агрономически эффективной конструкции лесных полос;
- 5) недооценка роли кустарников в борьбе с сорной травянистой растительностью фитоценотическим методом и дополнительном увлажнении почвы, долговечность которых в 1,5-2 раза больше, чем деревьев;
- 6) недооценка лесопригодности почв;
- 7) достижение многими насаждениями, особенно тополевыми, в данных условиях произрастания предельного возраста.

Все это в конечном итоге оказало негативное влияние не только на жизненное состояние, но и на сохранность, рост, продуктивность, биологическую устойчивость и долголетие степных лесонасаждений. Нами установлено, что долговечность полезащитных насаждений в условиях богарного земледелия на территории Восточно-Сибирского степного агролесомелиоративного района составляет: у лиственницы сибирской – не ниже 60 лет, у березы повислой – 40-45 лет, у вяза приземистого – 30-35 лет, у тополей разных видов – 25-30 лет.

Методология создания нового поколения полезащитных насаждений сводится к следующему: организация собственной семенной базы на селекционно-генетической основе, расширение ассортимента деревьев и кустарников, переход к новой концепции полезащитного лесоразведения.

Важный резерв повышения качества и эффективности защитных лесонасаждений в степной и сухостепной зонах Средней Сибири – перевод лесного семеноводства на селекционно-генетическую основу [6, 14]. В организации здесь собственной лесосеменной базы имеется ряд особенностей, заключающихся в отборе селекционных объектов, лучших искусственных популяций, их генетической оценке и создании из них коллекций и лесосеменных плантаций отдельных древесных растений.

Перевод лесного семеноводства на селекционно-генетическую основу диктует необходимость организации специализированных семенных станций, которые работали бы под методическим руководством научно-исследовательских учреждений, занимающихся селекционным семеноводством. В целях дифференцированной организации лесного семеноводства в южных районах Средней Сибири целесообразно организовать как минимум две таких станции: одну – в степной черноземной зоне, вторую – в сухостепной каштановой зоне. В пределах этих зон разрабатывается свой ассортимент деревьев и кустарников.

Расширение ассортимента деревьев и кустарников актуально для создания нового поколения защитных лесных насаждений во всех лесорастительных условиях [9]. В черноземной степи первостепенное значение должны иметь насаждения из хозяйственно ценных и долговечных пород – лиственницы сибирской и сосны обыкновенной (на легких почвах). Для широкого внедрения этих пород следует решить вопрос о семенной базе для производства местных семян. В каждом агролесомелиоративном районе юга Средней Сибири необходимо использовать семена от наиболее устойчивых и долговечных экземпляров этих пород, уже прошедших естественный отбор в местных условиях выращивания. Применение тополей в посадках должно быть ограничено защитным

лесоразведением на орошаемых землях и на территориях с наличием пресных грунтовых вод на корнедоступной глубине. В качестве главной породы в полевых насаждениях южных районов следует широко испытать дуб черешчатый и монгольский, лиственницу Сукачева, удачные посадки которых имеются в дендрариях Института леса СО РАН и НИИ аграрных проблем Хакасии СО РАН. Эти древесные растения характеризуются многими положительными биологическими свойствами: высокой зимостойкостью, засухоустойчивостью, терпимостью к небольшой засоленности почвы.

Эффективность полевых насаждений и их качество могут быть значительно повышены за счет более широкого использования медоносных, лекарственных, плодовых и ягодных растений (липы мелколистной, рябины обыкновенной, яблони ягодной, абрикоса сибирского, боярышника кроваво-красного, ирги колосистой и обильноцветущей, смородины золотистой и др.) [9].

Размещение деревьев и кустарников в степных и лесостепных районах в полевых насаждениях необходимо проводить дифференцированно в зависимости от агролесомелиоративного района, целевого назначения посадок, лесорастительных условий и лесопригодности почв. В полевые насаждения лесные полосы в лучших условиях произрастания должны быть максимально введены хозяйственно ценные и плодовые древесные растения.

Переход к новой концепции полевого лесоразведения в аридных условиях Средней Сибири заключается в создании насаждений нового типа. Она включает выполнение целого комплекса научно-исследовательских, эколого-биологических и технологических мероприятий, основными из которых являются:

- разработка на базе существующих полевых насаждений комплекса региональных лесоводственно-таксационных нормативов: рекомендаций по рубкам ухода, таблиц и математических моделей объемов стволов, таблиц хода роста и биологической продуктивности нормальных насаждений;
- тщательное картографирование и выделение в натуре участков на трассе будущих лесных насаждений с различными лесорастительными условиями: лучшие (большие и малые западины с темноцветными интразональными почвами и корнедоступными пресными грунтовыми водами или дополнительным водопитанием за счет перераспределения поверхностного стока); средние (зональные почвы на ровных участках или слабых склонах с глубиной залегания токсичных солей свыше 1,5 м); худшие (пятна солонцов или участки с залеганием токсичных солевых горизонтов до 1 м от поверхности почв);
- строгое соблюдение агротехники выращивания полевых насаждений (глубокая мелиоративная вспашка, щелевание, основная обработка почвы по системе 2-летнего черного пара на участках с сильным разрастанием вегетативно подвижных сорняков, тщательный уход за почвой в период выращивания степных лесонасаждений, устройство водонаправляющих валов);
- дифференцированная посадка определенного состава древесных видов на выделенных участках: на лучших – наиболее ценные высокоствольные и долговечные растения (лиственница сибирская, сосна обыкновенная (на легких почвах), береза повислая, ясень пенсильванский и др.), на средних – селекционно улучшенные, комплексно устойчивые виды, формы и гибриды деревьев в сочетании с кустарниками в крайних рядах (вязы приземистый и гладкий, клен татарский, яблоня ягодная, липа мелколистная, ирга колосистая и обильноцветущая, лещина разнолистная, боярышник кроваво-красный, абрикос сибирский, смородина золотистая, миндаль низкий, карагана колючая, кизильник блестящий и др.), на худших – засухо- и солеустойчивые кустарники (караганы древовидная и колючая, смородина золотистая и др.);
- создание чистых кустарниковых кулис в худших условиях произрастания (солонцов и засоленных участков) из караганы древовидной и колючей, лоха узколистного, чингиля серебристого, смородины золотистой и других видов растений;
- создание систем 3-4-рядных полевых насаждений лесных полос (в ряде случаев прерывистых) древесного, древесно-кустарникового и кустарникового типов с формированием в молодом возрасте (на 2-3-й год после посадки) агрономически эффективной диагонально-крупносетчатой конструкции с помощью прокладки механизированным способом широких (3,5-4,0 м) коридоров, направленных под углами 27-45° к основному направлению лесополосы, которые пересекают ее на биогруппы, имеющие в плане треугольную или треугольно-ромбическую формы [2, 3, 8, 11, 13];
- создание структуры лесомелиоративных станций, которые будут разрабатывать основы выращивания и испытания посадочного материала и создания защитных лесных насаждений.

Использование методологии создания нового поколения полевых насаждений на юге Средней Сибири позволит существенно сократить развитие процессов опустынивания земель сельскохозяйственного назначения, повысить биологическую продуктивность земель агролесомелиоративного фонда и устойчивость искусственных лесонасаждений, резко снизить дефляцию почв, добиться прибавки урожая зерновых, что в комплексе будет способствовать поддержанию экологического баланса территории. Для ее реализации необходимо приложить немало усилий, чтобы склонить общественное мнение, федеральные и региональные органы законодательной и

исполнительной власти в пользу агролесомелиорации и защитного лесоразведения в широком смысле. Их целевая финансовая поддержка должна быть действенной и направлена на улучшение жизни настоящих и будущих поколений людей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Выращивание* лесных полос в степях Сибири / Е.Н. Савин, А.И. Лобанов, В.Н. Невзоров и др. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 102 с.
2. *Лиховид Н.И.* Технология создания полезащитных лесных полос на богарных и орошаемых землях Хакасской АО: Рекомендации. Абакан: Хакасская СХОС, 1990. 23 с.
3. *Лобанов А.И.* Технология создания древесно-кустарниковых насаждений диагонально-крупносетчатой конструкции на подверженных дефляции землях // *Защитное лесоразведение по природным районам СССР*. Сб. науч. тр. Вып. 2 (103). Волгоград: ВНИАЛМИ, 1991. С. 56-60.
4. *Лобанов А.И.* Роль и опыт создания лесных полос в степях Средней Сибири // *Ботанические исследования в Сибири*. Вып. 11. Красноярск, 2003. С. 87-96.
5. *Лобанов А.И.* Опыт лесомелиорации пастбищных земель юга Средней Сибири // *Ботанические исследования в Сибири*. Вып. 12. Красноярск, 2004. С. 101-116.
6. *Лобанов А.И.* Пути повышения качества и эффективности защитных лесных насаждений в степях Средней Сибири // *Структурно-функциональная организация и динамика лесов: Мат-лы Всерос. конф., 1-3 сент. 2004 г.*, Красноярск. Красноярск: Изд-во Ин-т леса СО РАН, 2004. С. 60-62.
7. *Лобанов А.И., Вараксин Г.С., Савостьянов В.К.* Роль защитных лесных насаждений Ширинской степи (Хакасия) в предотвращении опустынивания // *Опустынивание земель и борьба с ним: Мат-лы Межд. науч. конф. по борьбе с опустыниванием, 16-19 мая 2006 г.*, Абакан. Абакан: ООО «Фирма «Март»», 2006. С. 87-94.
8. *Лобанов А.И., Савин Е.Н.* Новый способ выращивания и формирования лесных полос на пахотных землях в степях Сибири // *Лесохозяйственная информация*, 1998, 7. С. 1-8.
9. *Маттис Г.Я.* Пути повышения качества и эффективности искусственных лесных насаждений в аридном регионе европейской территории России // *Лесное хоз-во*, 2003, 2. С. 37-40.
10. *Опустынивание и комплексная мелиорация агроландшафтов засушливой зоны* / К.Н. Кулик, Э.Б. Габунщина, И.П. Кружилин и др. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2007. 86 с.
11. *Рекомендации по выращиванию полезащитных насаждений в степных и лесостепных районах Красноярского края*. Красноярск, 1971. 88 с.
12. *Савостьянов В.К.* Опустынивание на юге Средней Сибири и роль защитных лесных насаждений в его предотвращении: Мат-лы III Межд. научно-практич. конф., 24-27 июня 2003 г., Барнаул. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2003. С. 233-242.
13. *Способ* выращивания тополевых полезащитных лесных полос: Патент Российской Федерации 2013937 / А.И. Лобанов, Е.Н. Савин. Оpubл. 15.06.94. 26.
14. *Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации*. М., 2000. 50 с.
15. *Федеральная программа развития агролесомелиоративных работ в России*. Волгоград: ВНИАЛМИ, 1995. 245 с.
16. *Фомин П.Ф.* Опыт полезащитного лесоразведения в Хакасии. Абакан: Хакас. обл. гос. изд-во, 1952. 72 с.

УДК 630*0*434

ВЛИЯНИЕ ОГНЕВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ЛИСТВЕННИЦЫ

А.М. МАТВЕЕВ¹, Т.А. МАТВЕЕВА²

¹Институт повышения квалификации руководящих работников и специалистов лесного хозяйства Сибири и Дальнего Востока, Дивногорск

²Сибирский государственный технологический университет, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Изучены особенности послепожарного возобновления лиственницы в кустарничково-моховой группе типов леса среднетаежной подзоны. Установлено, что после контролируемых выжиганий процесс заселения самосевом пройденных огнем площадей зависит от силы эмпирического пожара и формы поверхности. Выявлена положительная роль микрорельефа на начальном этапе пирогенной сукцессии.

Характерной чертой криолитозоны является выраженный мерзлотный микрорельеф, с формами которого тесно связано распределение растительного покрова, отличающегося в лесах высоких широт мозаичностью и фрагментированностью [1, 5, 9]. Воздействуя на гидротермический режим экотопа, микрорельеф предопределяет послепожарную трансформацию лесных экосистем и специфику лесообразовательного процесса.

Цель наших исследований – изучение особенностей начальной стадии восстановительной сукцессии на пожарищах и гарях (в понимании Н.П. Курбатского [4]) с мерзлотным микрорельефом. Для этого проведены контролируемые выжигания на двух полигонах, находящихся в Иркутской области:

северном, расположенном в бассейне нижнего течения р. Апка, и южном – бассейне среднего течения р. Тетя, левых притоков Нижней Тунгуски. Расстояние между полигонами в меридиональном направлении – около 220 км. Полигоны разбивали на участки размером 40х50 м, каждый из которых рассматривался как самостоятельная пробная площадь.

На севере преобладают древостои лиственничной формации из *Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr., а на юге доминирует *L. sibirica* Ledeb. Объектами исследований были насаждения кустарничково-моховой группы типов леса, репрезентирующей лесной фонд среднетаежной подзоны. Геоботаническое и лесоводственное описание фитоценозов (более подробно приведено нами ранее [6]) и учетные работы осуществляли в соответствии с общепринятыми методами [2, 8]. Характеристика четырех пробных площадей (1 и 2 – северный полигон, 3 и 4 – южный) представлена в табл. 1.

Таблица 1. Характеристика пробных площадей

Номер пробной площади	Тип лиственничного леса	Древостой						Густота подроста, тыс.шт./га
		состав	средние		возраст, лет	полнота	класс бонитета	
			высота, м	диаметр, см				
1	Багульниково-мохово-лишайниковый	10Л ед.Е	12,3	10,9	80	0,56	V	0,4
2	Багульниково-мохово-лишайниковый	9Л	12,1	10,6	80	0,53	V	0,4
		1Е	10,5	8,9	70			
3	Голубично-багульниково-моховой	8Л	13,6	12,7	90	0,61	V	0,6
		2Е ед.К	12,0	10,3	85			
4	Голубично-багульниково-моховой	8Л	13,1	12,4	90	0,57	V	0,7
		2Е ед.К	12,2	10,7	85			

Запасы горючих материалов, как и во всех сырых экотопах криолитозоны длительное время (50 и более лет) не подвергавшиеся огневому воздействию, достаточно велики. Их главным компонентом выступает подстилка, «вклад» которой превышает 60 % от общего объема живой и мертвой напочвенной фитомассы. Толщина слоя подстилки составляет в среднем 8 см на северных и 6,5 см – на южных полигонах.

При выжиганиях использовали сильный огонь, переводящий фитоценоз в состояние полной открытости, и огонь средней силы, когда пирогенная трансформация эдафических условий в сырых местообитаниях начинает благоприятно сказываться на возобновительном процессе, в то же время не позволяя развиваться заболачиванию почв.

На горях (участки 1 и 3) отпад древостоя составил 95-100 %. Уничтожены подрост, подлесок, живой напочвенный покров. Теперь главными факторами, определяющими направленность и динамику возобновительного процесса, выступают факторы среды, из которых в пределах однородного в климатическом отношении района ведущая роль принадлежит эдафическим условиям.

После сильного пожара обстановка ухудшилась в депрессивных формах рельефа – при увеличении толщины оттаявшего слоя почвы высвобождаемая вода скапливается на поверхности. Вследствие этого самосев появляется лишь на повышенных элементах микрорельефа (таблица 2).

Таблица 2. Размещение самосева лиственницы на разных элементах микрорельефа

Элемент микрорельефа	Район исследований			
	северный		южный	
	1 участок	2 участок	3 участок	4 участок
Понижение	÷ -	<u>2,6</u> 11,4	÷ -	<u>1,7</u> 4,5
Повышение	<u>28,6</u> 100	<u>20,3</u> 88,6	<u>19,5</u> 100	<u>36,1</u> 95,5

Числитель – количество самосева, тыс. шт./га; знаменатель – то же, %.

На пожарищах (участки 2 и 4) формируется иная возобновительная ситуация. Здесь отмечается лишь частичное повреждение растительного сообщества. Отпад деревьев не превысил 49 % (по запасу) на южном полигоне и 58 % – на северном. Оставшийся слой подстилки составил 3,7-4,2 см в понижениях, а на буграх – 1,6-2,1 см. Меньшая плотность самосева на отрицательных формах поверхности объясняется не только толстым слоем детрита, затрудняющим появление всходов древесных пород [3, 7], но и развитием сохранившейся злаковой растительности, которая

неблагоприятно влияет на заселение территории и последующий рост хвойного самосева.

Анализ материалов учета, выполненного на 11-й год после эмпирических пожаров, позволяет констатировать, что возобновительные возможности конкретных форм поверхности во многом определяются силой огневого воздействия на экотоп, а также теми изменениями почвенных режимов, которые связаны с влиянием микрорельефа. Качество лесорастительной среды наглядно иллюстрирует средний возраст самосева. Так, в понижениях гарей данный показатель составил 5-6 лет, на буграх – 8-10 лет. Имеются различия и на пожарищах, но здесь возрастная структура самосева иная: в депрессиях средний возраст лиственницы равен 10 годам, а на микроповышениях – 7-8.

Таким образом, важное значение приобретает и хронология заселения разных элементов поверхности, характер пирогенной трансформации которых существенно отличается. Из рисунка видно, что благоприятные для появления древесных растений временные периоды не совпадают.



На гарях в западинах максимально количество лиственницы 4-5-летнего возраста и совсем нет экземпляров старшего возраста (8-11 лет). В то же время на буграх процесс возобновления растянут, а большее число особей лиственницы приходится на первые после выжигания годы.

На пожарищах характер заселения форм рельефа более схожий: на начальной стадии сукцессии условия эдафотопы благоприятствуют как прорастанию семян, так и укоренению всходов. Однако впоследствии в понижениях, где структура первичного растительного сообщества повреждена меньше, восстановительная обстановка осложняется усиливающимися конкурентными отношениями и процесс появления всходов древесных пород затухает.

В понижениях гарей избыточное увлажнение препятствует возобновлению лиственницы, и лишь через 4-5 лет, когда гидрологический режим вследствие нарастания травянистой растительности станет более благоприятным, у всходов древесных пород появляется возможность закрепиться в минеральном грунте. Вместе с тем в микроценозах обостряется конкуренция за ресурсы среды, в результате чего большая часть молодых особей древесных пород гибнет.

Другая возобновительная ситуация складывается на склонах и вершинах микровозвышений, где нет переувлажнения грунта и не проявляется действие гипоксического фактора. Основная часть пирогенной генерации лесообразующей породы появляется в первые после выжигания годы, когда отсутствуют конкурентные отношения, а пионерные виды травянистой растительности (в частности, *Chamerion angustifolium* (L.) Holub) даже способствуют сохранности и росту молодых особей.

В депрессивных формах на пожарищах главным ингибирующим возобновительный процесс фактором выступает мощный фитодетрит, препятствующий укоренению всходов. Кроме того, ранняя стадия сукцессии характеризуется интенсивным ростом травяно-кустарничкового яруса коренной ассоциации, сохранившегося после пала средней силы и способствовавшего элиминации части нового поколения лиственницы, не выдержавшей ценотического давления.

Наилучшие показатели плотности пирогенной генерации получены на положительных элементах рельефа пожарищ, что связано, по нашему мнению, с небольшим слоем оставшейся подстилки и менее острыми конкурентными отношениями с травяным покровом, сильно пострадавшим от огня. По этой причине поселение лиственницы продолжительно по времени и ее средний возраст несколько снижен по

сравнению с возрастом особей в микроценозах западин.

Таким образом, выжигания улучшают условия возобновления лиственницы в сырых местообитаниях криолитозоны с выраженным микрорельефом. Используя огонь разной силы, можно придать лесовосстановительному процессу положительную направленность и ускорить заселение пройденной огнем площади самосевом лесообразующей породы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абаимов А.П., Прокушкин С.Г., Зырянова О.А. и др. Экологическая и лесообразующая роль пожаров в криолитозоне Сибири // Лесоведение, 2001, 5. С. 50-59.
2. Анучин Н.П. Лесная таксация. М.: Лесная пром-ть, 1971. 512 с.
3. Влияние низовых пожаров на возобновление в среднетаежных лиственничниках Красноярского края / Е.О. Бакшеева, А.М. Матвеев, П.М. Матвеев и др. Красноярск: СибГТУ, 2003. 194 с.
4. Курбатский Н.П. Терминология лесной пирологии // Вопросы лесной пирологии. Сб. науч. тр. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1972. С. 171-231.
5. Матвеева Т.А., Матвеев А.М. Пирогенная трансформация лиственничных древостоев в таежных экосистемах Красноярского края // Вестник КрасГУ. Естественные науки: сб. ст. Вып. 5. Красноярск, 2006. С. 117-120.
6. Матвеева Т.А., Матвеев А.М. Пожары в горных лесах средней и южной тайги. Красноярск, 2008. 213 с.
7. Седых В.Н. Лесообразовательный процесс в бореальной зоне планеты // Структурно-функциональная организация и динамика лесов: Мат. Всерос. конф. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 2004. С. 347-349.
8. Сукacheв В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 144 с.
9. Шумилова Л.В. Ботаническая география Сибири. Томск: ТГУ, 1962. 439 с.

УДК 630*0*434

ПОСЛЕПОЖАРНОЕ ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЕ В СВЕТЛОХВОЙНЫХ ЦЕНОЗАХ ВОСТОЧНОГО САЯНА

Т.А. МАТВЕЕВА

Сибирский государственный технологический университет, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Изучены особенности послепожарного возобновления лиственницы и сосны в разнотравной серии типов леса подтаежного пояса Восточного Саяна. Установлено, что на мелких горных почвах процесс появления и последующего роста новой генерации лесообразующих пород зависит от силы пожара и уровня трансформации коренного экотопа. Численность подроста и его морфометрические показатели увеличиваются по мере снижения полноты материнского древостоя и уменьшения корневой конкуренции в растительном сообществе.

Роль пожаров в лесообразовательном и эволюционном процессах нельзя оценивать однозначно. Динамика и характер постпирогенных изменений лесных биогеоценозов определяется силой огневого воздействия, а также совокупностью факторов, действие которых в различных местообитаниях проявляется неодинаково. Поэтому сценарии сукцессионных процессов в гаревых экотопах могут иметь как демутационную, так и дигрессионную направленность.

В связи с высказанными положениями одним из приоритетных направлений лесоводственных исследований в бореальных лесах является установление влияния пожаров на состояние лесных биогеоценозов и последующие изменения в них.

Небольшая мощность деятельного слоя почвы в горных лесах подтаежного пояса Восточного Саяна формирует у растений корневую систему, близко расположенную к дневной поверхности и потому легко повреждаемую низовыми пожарами. Это существенное отличие лесов района исследований от лесов типичных таежных экосистем определяет их слабую пожароустойчивость.

Объективным показателем, отражающим основные закономерности и тенденции послепожарной динамики насаждений, является количество уцелевших на пройденной огнем площади деревьев, исполняющих роль продуцентов семенного материала. В этой связи старшее поколение древесных пород обеспечивает главное условие успешного лесовозобновления.

С другой стороны, сохранившийся на пожарище материнский древостой в условиях жесткой корневой конкуренции за ресурсы питания и влагу оказывает угнетающее ценотическое давление на рост нового поколения, не позволяя ему в полной мере реализовать свой биологический потенциал.

Следует отметить, что светлохвойные ценозы разнотравной серии типов леса отличаются слабым естественным возобновлением [2, 5, 6]. Для интенсификации процесса появления новой генерации требуется мощное экзогенное воздействие, не только устраняющее причины, которые сдерживают прорастание семян и укоренение всходов [7, 17], но и обеспечивающее перспективы устойчивого

развития молодого поколения.

Для установления зависимости численности послепожарной генерации лесообразующих пород и роста самосева от возобновительных условий трансформированной огнем среды были проведены исследования в насаждениях сосново-лиственничной формации разнотравной серии типов леса. Полигоны расположены в Манско-Канском лесорастительном округе Восточно-Саянской провинции, точное местонахождение их указывалось нами ранее [10].

Объектами изучения служили два крупных пожара разной давности. Местоположение участков ровное. Пробные площади закладывали на расстоянии не менее 200 м от стен беспожарных древостоев.

Лесоводственное и геоботаническое описание, учетные работы осуществляли в соответствии с общепринятыми методическими указаниями [1, 11, 15]. Живой напочвенный покров описывали по ярусам, определяя его видовой состав, обилие, проективное покрытие. Характеризуя подлесок, указывали густоту и распределение по площади. Естественное возобновление на участках, пройденных огнем, и в беспожарных ценозах оценивали на 25 учетных площадках размером 2х2 м.

Допожарная характеристика фитоценозов, составленная на основании натурного обследования и таксационного описания, следующая. Оба пожара представлены спелыми (110-130 лет) древостоями III класса бонитета, полнотой 0,77 и 0,81. Состав древостоя 7ЛЗС и 6С4Л. В подлеске доминирующая роль принадлежит спирее средней (*Spiraea media* Franz Schmidt) и акации желтой (*Caragana arborescens* Lam.). Также участие в сложении кустарникового яруса принимает шиповник иглистый (*Rosa acicularis* Lindl.). Сомкнутость кустарникового яруса низкая – 0,2-0,3.

Среди трав наиболее представленными растениями являются: в верхнем ярусе – веерник тростниковидный (*Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth), борец высокий (*Aconitum excelsum* Rchb.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), купальница азиатская (*Trollius asiaticus* L.), прострел желтеющий (*Pulsatilla flavescens* (Zucc.) Juz.). Нижний ярус высотой до 20-30 см создают осока большехвостая (*Carex macroura* Meinsh), ирис русский (*Iris ruthenica* Ker-Gawl.), фиалка одноцветковая (*Viola uniflora* L.), костяника каменистая (*Rubus saxatilis* L.). Низкорослые и стелющиеся травы – кошачья лапка (*Antennaria dioica* (L.) Gaertn.), майник двулистный (*Majanthemum bifolium* L.), грушанка средняя (*Pyrola media* Sw.) сплошного яруса не формируют. Из кустарничков в напочвенном покрове присутствуют черника (*Vaccinium myrtillus* L.) и брусника (*V. vitis-idaea* L.), но их присутствие выражено на тех локальных участках, где травы не образуют сомкнутого покрова.

После среднего по силе пожара и последующей гибели части древостоя полнота насаждений на первом пожарище составила 0,62. Состав древостоя 6Л4С. На участке 2, где прошел сильный пожар, элиминация деревьев существенно возросла, и полнота понизилась до 0,37. Состав древостоя 7С3Л.

Ранее выполненные исследования [9] позволяют утверждать, что величина отпада деревьев после низовых пожаров в пределах однородных географических условий контролируется комплексом эдафических факторов и в том числе мощностью активного слоя почвы. Поэтому в районе выполнения работ главной причиной гибели древесных растений выступает не ожог нижней части ствола дерева, а огневое травмирование корневой системы. Тонкая корка даже на скелетных корнях, зачастую выходящих на поверхность, не предохраняет растительный организм от высоких температур.

На 6-й год, когда отпад в древостое заканчивается, и 11-й год после огневого воздействия проведены учеты естественного возобновления; материалы представлены в табл. 1.

Таблица 1. Состояние естественного послепожарного возобновления

Номер участка	Пожар по силе	Состав подроста	Средняя высота, см	Густота, тыс. шт./га		Встречаемость, %
				по породам	Общая	
1	средний	5Л	15,6±1,13	18,3±1,69	34,8	84
		5С	16,1±0,94	16,5±1,43		
2	сильный	7Л	20,3±1,56	66,4±5,29	95,9	100
		3С	18,4±1,33	29,5±2,58		
1а	средний	6С	27,2±2,36	4,0±0,45	6,4	36
		4Л	25,8±1,98	2,4±0,30		
2а	сильный	6Л	41,7±3,02	45,3±3,41	73,0	100
		4С	38,4±2,73	27,7±3,08		

Примечание. Материалы первого учета – участки 1 и 2; материалы второго учета – участки 1а и 2а.

Анализ полученных данных выявил ряд существенных особенностей, характерных для возобновительного процесса конкретных местообитаний. В разнотравной серии типов леса пирогенный фактор способствует заселению гарей, уничтожая часть растительного сообщества и тем самым снижая конкурентные взаимоотношения в насаждении. Кроме того, выгорает подстилка, препятствующая прорастанию семян и укоренению всходов.

Однако разрушение древостоя и нижних ярусов растительности зависит от силы пожара, и потому действие ценотического механизма, регулирующего появление и последующий рост самосева

лесообразующих пород, определяется степенью нарушенности коренной ассоциации. На пройденных пожарами площадях сохранившаяся часть старшего поколения лиственницы, а также неповрежденные огнем синузии напочвенного покрова блокируют появление и закрепление в почве всходов древесных пород. Поэтому поселение новых особей приурочено к тем участкам, где не выражена корневая конкуренция вследствие гибели от огня как деревьев основного полога, так и подчиненных ярусов лесного фитоценоза [16].

Данные учета естественного возобновления на пожарищах 6-летней давности свидетельствуют о том, что после сильного термического воздействия (участок 2) количество появившегося подроста в 2,8 раза превышает густоту молодого поколения на площади, где уровень огневого прессинга был слабее (участок 1). Кроме того, в первом случае высота растений больше, а показатель встречаемости, характеризующий хронологический аспект возобновительного процесса, – выше.

Второй учет выявил более существенные различия в состоянии подроста на пожарищах. На 11-й год после сильного пожара (участок 2а) средняя высота лиственницы на 62 %, а сосны на 41 % превысили этот параметр на участке 1а. Плотность (густота) и показатель встречаемости растений также иллюстрируют лучшее качество возобновительной среды после более полного выгорания напочвенной органики.

Дополнительную информацию о состоянии естественного возобновления дает наличие в его составе здоровых особей, способных в перспективе заменить материнский древостой и выполнять эдификаторную роль в насаждении. Расчет показателя жизнеспособности молодого поколения, определяемого как процент здоровых экземпляров от общей численности, подтверждает ранее сделанные выводы. Жизнеспособность учтенного подроста на участке 1а составила 46 %, а на участке 2а – 83 %. Следует отметить, что интенсивный отпад растений на первом участке начался на 8-9 годы после пожара. Особенно неблагоприятная возобновительная обстановка складывается под кронами деревьев. Здесь наиболее высокая загруженность почв корнями, и растения реагируют на недостаток ресурсов среды снижением скорости ростовых реакций, а впоследствии элиминируют (таксация).

В травяных типах леса основным конкурентом светлохвойного подроста является древесная растительность, и главный ее компонент – материнский древостой, а также травяной ярус [3, 4, 12, 18]. Видовая биология лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) определяет мощное развитие корневых систем обоих видов. Но в условиях неглубоко залегающей горной породы проникновение корней вглубь исключается, и они распространяются в ограниченном объеме почвы, многократно перекрывая друг друга.

Многочисленные исследования [8, 13, 14 и др.] корневых систем в ограниченном горными породами или мерзлотой деятельном горизонте почвы подтверждают, что даже у таких пород, как лиственница и сосна, корни располагаются в верхнем горизонте. В подобных обстоятельствах основная конкуренция за ресурсы среды развивается в подземной сфере, где растения не могут формировать независимые друг от друга уровни залегания корней. Это создает сильную конкурентную среду и осложняет выживание молодых особей. Высокая напряженность роста приводит к депрессии новой генерации лесообразующих пород и последующей массовой гибели.

Резюмируя вышеизложенное, можно утверждать, что пожары создают условия для поселения под пологом леса самосева лиственницы и сосны, но на этапе формирования структуры лесного сообщества особую значимость приобретают взаимоотношения с материнским древостоем и подпологовой растительностью. И только сильное горение, в большей мере разрушающее естественную структуру первичной ассоциации, способствует устранению эффектов конкуренции и усиливает позиции молодого поколения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анучин Н.П. Лесная таксация. М.: Лесная пром-ть, 1971. 512 с.
2. Бузыкин А.И., Евдокименко М.Д., Пшеничникова Л.С. Лесовыращивание и лесопользование – ресурсно-экологическая основа лесного комплекса // Структурно-функциональная организация и динамика лесов: Мат. Всерос. конф. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 2004. С. 18-20.
3. Бузыкин А.И., Пшеничникова Л.С., Суховольский В.Г. Густота и продуктивность древесных ценозов. Новосибирск: Наука, 2002. 152 с.
4. Дылис Н.В. Лиственница. М.: Лесная пром-ть, 1981. 96 с.
5. Иванова Г.А. Зонально-экологические особенности лесных пожаров в сосняках Средней Сибири: Автореф. дис. ... докт. биол. наук: 06.03.03. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 2005. 40 с.
6. Королев Г.М., Овчинников Ф.М., Новикова Л.Ф. Перспективы естественного возобновления леса // Охрана лесов от пожаров, лесовосстановление и лесопользование. Сб. науч. тр. Красноярск: ФГУ «ВНИИПОМлесхоз», 2006. С. 239-247.
7. Леса среднетаежной подзоны Якутии / П.А. Тимофеев, П.А. Исаев, И.П. Щербаков и др. Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1994. 140 с.
8. Матвеев А.М., Матвеев П.М. Влияние огневого воздействия на возобновление среднетаежных лиственничников Эвенкии // Лесоведение, 2006, 5. С. 7-11.

9. Матвеев А.М., Матвеева Т.А., Бакиеева Е.О. Влияние зонально-географических и орографических условий на послепожарный отпад лиственницы // Аграрный вестник Урала, 2008, 8 (50). С. 77-78.
10. Матвеева Т.А. Сезонная динамика фитомассы и влажности напочвенного покрова в травяных типах леса // Охрана лесов от пожаров, лесовосстановление и лесопользование. Сб. науч. тр. Красноярск: ФГУ «ВНИИПОМлесхоз», 2006. С. 56-60.
11. Побединский А.В. Изучение лесовосстановительных процессов: методические указания. М.: Наука, 1966. 48 с.
12. Побединский А. В. Сосна. М.: Лесная пром-ть, 1979. 125 с.
13. Прокушкин С.Г. Роль корней в адаптации лиственницы Гмелина к гипотермии // Структурно-функциональная организация и динамика лесов: Мат. Всерос. конф. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 2004. С. 192-194.
14. Ссорин В.А. Корневая система сосны в Приангарье // Лесоводственные исследования в лесах Сибири. Красноярск, 1963. С. 67-101.
15. Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 144 с.
16. Тарабукина В.Г., Саввинов Д.Д. Влияние пожаров на мерзлотные почвы. Новосибирск: Наука, 1990. 120 с.
17. Фуряев В.В. Роль пожаров в процессе лесообразования. Новосибирск: Наука, 1996. 253 с.
18. Matveeva T.A. Influence of the phenological condition of the grass stand and weather of the inflammability of light coniferous forests // Mathematical modeling of dangerous natural phenomena and catastrophes. Proceedings of the 7th International conference. Tomsk, 2008. Pp. 178-179.

УДК 630.182.47

ФИТОЦЕНОТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА КАК ОТРАЖЕНИЕ ЛЕСООБРАЗУЮЩЕГО ПРОЦЕССА НА ПРИМЕРЕ КАМЕННОБЕРЕЗНЯКА С КЕДРОВЫМ СТЛАНИКОМ РАЗНОТРАВНОГО В СЕВЕРНОМ ОХОТОМОРЬЕ

Т.А. МОСКАЛЮК

Ботанический сад-институт ДВО РАН, с. Горнотаежное

АННОТАЦИЯ

Описываются изменения, произошедшие за последние 20 лет в ценотической структуре перестойного каменноберезняка кедровостланикового разнотравного, пройденного выборочной рубкой в середине прошлого века. Показано, как отражаются в структуре ценозов изменения эдификаторных функций лесообразователей.

Каменноберезовые леса Магаданской области с березой шерстистой (*Betula lanata* (Rgl) V.Vassil.) наиболее близки по своему облику к классическим камчатским, хотя и отличаются от последних более бедным флористическим составом [4]. Произрастают они только в пределах Северного Охотоморья, придавая, по мнению А.П. Хохрякова [5], своеобразие растительности этого региона.

Как и преобладающая часть лиственничников, каменноберезняки сильно расстроены лесозаготовками 40-50-х годов прошлого столетия и лесными пожарами и на большей части региона представлены самым распространенным типом – *Betuletum lanata pumilae-pinosum varioherbosum* (группа ассоциаций *Betuleta lanata pumila-pinulosa*).

Несмотря на более слабую по сравнению с лесами других регионов изученность, к настоящему времени не только выявлен флористический состав, но и описана ценотическая структура разных стадий восстановления магаданских каменноберезняков [3], которая является главной интегральной характеристикой функционирования сообщества в любой период его развития [1] и особенности которой следует учитывать при изучении динамики лесообразовательного процесса.

В данной работе анализируется ценотическая структура перестойного каменноберезняка кедровостланикового разнотравного с разницей в 20 лет. Этот каменноберезняк расположен в верховье распадка (400-450 м над уровнем моря) на южном макросклоне Хасынской гряды в 30 км к западу от г. Магадана и, несмотря на труднодоступность, в 50-е годы прошлого столетия был пройден выборочной рубкой. Он характеризуется незначительной нарушенностью фитоценоза, что позволяет интерполировать полученные результаты исследований на коренные насаждения.

В 1997 г. в каменноберезняке была заложена постоянная пробная площадь (ПП) 50х50 м², а в 2007 г. проведена ее ревизия. В табл. 1 приведены таксационные показатели древостоя.

Для исследованного каменноберезняка характерна хорошо выработанная парцеллярная структура, отражающая разнообразие состава эдификаторов (*Betula lanata* – главный эдификатор, *Pinus pumila* и *Larix cajanderii*) и условий экотопа.

В 1997 г. в нем были выделены 7 парцелл (рис. 1), пять из которых по классификации Н.В. Дылиса [1] коренные, а две – производные:

- 1 – кедровостланиковая с березой мелкоотравно-плауновое (24,7 % от площади ценоза),
- 2 – каменноберезовая с кедровым стлаником мелкоотравная редкопокровная (21,0 %; производная),

3 – каменноберезовая крупнотравная (19,4 %),
 4 – каменноберезовая с рябиной разнотравно-осоковая (15,6 %),
 5 – рябиновая с березой разнотравная (10,5 %),
 6 – каменноберезовая с кедровым стлаником и рябиной осоково-папоротниковая (5,9 %),
 7 – кедровостланиковая с лиственницей и березой мелкотравно-морошковая редкопокровная (2,9 %; производная).

Таблица 1. Таксационные показатели древостоя

Состав, порода	Средние		А, лет,	N, шт./га	Полнота	S, м²/га	M, м³/га
	D, см	H, м					
1997 г.							
Растущий древостой, 10Бз+Л	17,1	9,2	-	584	0,55	13,3	87,4
Береза: 1 ярус	29,0	11,8	120	160	0,43	10,4	73,7
2 ярус	8,5	6,7	40	396	0,10	2,2	7,8
Лиственница	18,3	12,5	70	28	0,02	0,7	5,9
Вырубленный древостой	28,6	12,8	141	144	0,32	18,4	124,8
2007 г.							
Растущий древостой, 10Бз+Л	16,9	9,1	-	856	0,8	20,1	135,4
Береза: 1 ярус	32,1		130	168	0,53	13,6	95,4
2 ярус	10,1		60	660	0,25	5,3	32,8
в т.ч. деревья, в 1997 г. бывшие подростом	7,9		50-60	312	-	1,5	15,8
Лиственница	22,7	14,5	90	28	0,02	1,1	7,2

Примечание. D – диаметр ствола на высоте 1,3 м, N – число деревьев, S – сумма площадей сечений стволов, M – запас древесины.

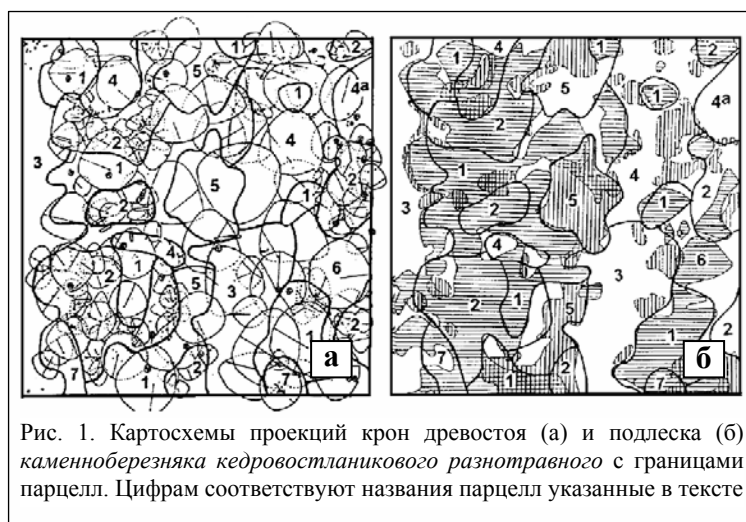


Рис. 1. Картограммы проекций крон древостоя (а) и подлеска (б) каменноберезняка кедровостланикового разнотравного с границами парцелл. Цифрам соответствуют названия парцелл указанные в тексте

Всем коренным парцеллам с доминированием *Betula lanata* свойствен разреженный перестойный древостой, самой большой из них (каменноберезовой с кедровым стлаником мелкотравной редкопокровной) – еще и густой подлесок из кедрового стланика. Они, как правило, занимают участки с ровной и вогнутой поверхностью. Парцеллы с доминированием кедрового стланика приурочены к вытянутым вдоль склона наноповышениям, рябиновая с березой разнотравная – к руслообразным понижениям, образованным потоками талых вод. В «каменноберезовых» парцеллах господствует крупнотравье.

В «кедровостланиковых» парцеллах крупнотравье отсутствует; фон образуют борсальное мелкотравье и *Lycopodium annotinum*.

Производные парцеллы сформировались на участках, нарушенных при вырубке, и их древостой, образованный молодым поколением березы, находится в стадии формирования. 20 лет назад было высказано мнение о том, что в будущем в «каменноберезовой с кедровым стлаником» (2) парцелле с повышением возраста молодого поколения березы сильно ослабнут позиции *Pinus putula*, но, достигнув возраста перестойности (распада), *Betula lanata* уступит стланику эдификаторные функции, и парцелла станет кедровостланиковой с березой мелкотравно-плауновой. В «кедровостланиковой с лиственницей и березой» (7) парцелле эдификаторные функции со временем перейдут от *Betula lanata* к *Larix cajanderi*, а сама она сменится лиственничной с березой и кедровым стлаником мелкотравной парцеллой.

Как показали результаты ревизии 2007 г., за минувшие 20 лет исследованный каменноберезняк изменился мало, гораздо меньше, чем более молодой расположенный ниже по склону фитоценоз аналогичного типа каменноберезняка. Границы парцелл остались неизменными. Основные трансформации произошли внутри парцелл. При этом надо отметить, что на данном этапе изменения вполне согласуются с предсказанным прогнозом. Особенно заметны они оказались в производных парцеллах: каменноберезовой с кедровым стлаником мелкотравной редкопокровной (2) и кедровостланиковой с лиственницей и березой мелкотравно-морошковой редкопокровной коренной (7).

Главная причина всех трансформаций, как и следовало ожидать, обусловлена ухудшением

освещенности под пологом леса в связи с образованием хорошо развитого второго яруса древостоя, сформировавшегося из бывшего крупномерного подроста березы шерстистой. С 1997 по 2007 гг. число деревьев в этом ярусе увеличилось в 1,9 раза, а полнота на 0,25. Сосредоточение молодых берез в производных парцеллах привела к резкому ухудшению жизненного состояния светлюбивого кедрового стланика, который, как известно, при полноте более 0,6 уходит из подлеска [2].

В основной производной парцелле – *каменноберезовой с кедровым стлаником мелкотравной редкопокровной* – многие кусты стланика полностью усохли, а растущие относятся к категории неблагонадежных. По всей площади парцеллы торчат наклоненные близко к поверхности сухие саблевидные ветви стланика. При этом признаков трансформации *каменноберезовой с кедровым стлаником мелкотравной редкопокровной* парцеллы в прогнозируемую «кедровостланиковую» пока не наблюдается. Более того, в парцелле, как и во всем ценозе, возобновление *Pinus pumila* отсутствует.

Во второй, самой маленькой производной парцелле – *кедровостланиковой с лиственницей и березой мелкотравно-морошковой редкопокровной* (7) – все три вида-эдикатора были представлены молодым поколениями. За минувшие 20 лет береза и лиственница увеличились в размерах и вышли в первый ярус. Лиственница (*Larix cajanderi*) отличается очень хорошим жизненным состоянием. Все ее деревья сохранились, а темпы прироста по диаметру у нее гораздо выше, чем у березы (см. табл. 1). Ухудшение светового режима в связи с развитием кронового полога древостоя и, естественно, усиление конкуренции в корнеобитаемом слое крайне негативно сказалось на кедровом стланике. Усыхание его, начавшееся с момента смыкания крон березы, продолжается и сейчас, о чем свидетельствует пожелтение хвои на многих побегах. На растущих ветвях охвоены только концы, прирост очень слабый – 1-3 см.

В этой парцелле сильные изменения произошли и в напочвенном покрове. Состав его тот же, что и в прошлом, но бывший доминант морошка (*Rubus chamaemorus*) исчез почти полностью – обилие ее в парцелле снизилось с *sp-cop*¹ до *un-sol*. Лишь в одном месте – под большим кустом кедрового стланика, растущим на разложившейся валежине, сохранился небольшой участок (2 м²) мелкотравно-морошковой микрогруппировки. Принимая во внимание происшедшие изменения, эту парцеллу теперь следует назвать *каменноберезовой с лиственницей и кедровым стлаником мелкотравной*.

Неожиданностью стало сильное изменение облика самой большой коренной *кедровостланиковой с березой каменной мелкотравно-плауновой* (1) парцеллы. Прежде она была труднопроходимой из-за густого подлеска кедрового стланика. Сейчас для стланика характерно сильное усыхание; у многих сухих кустов сохранились только скелетные ветви. Этому способствовало не только образование второго яруса березы в самой парцелле, но и преимущественное размещение ее по соседству с производными парцеллами. С их стороны она испытывает сильное боковое затенение молодым поколением *Betula lanata*.

Усыхание старых и изреживание более молодых кустов кедрового стланика, вынос вверх крон березы обеспечили увеличение глубины подкронового пространства, и в парцелле сложился более благоприятный световой режим для остальных нижерасположенных ярусов. Началось разрастание рябины (сомкнутость 0,3) и увеличилось обилие напочвенного покрова. Общее проективное покрытие последнего составляет 85-90 %.

Менее всего изменилась парцелла *каменноберезовая крупнотравная* (3), приуроченная к сырым и влажным понижениям с разреженным подлеском из лиственных кустарников и единичными деревьями древостоя *Betula lanata*, но именно в ней идет, пока еще в начальной стадии, усыхание старых берез.

Таким образом, анализ ценотической структуры позволяет более тонко отразить функциональную роль каждого лесообразователя, нежели анализ ценоза или ценопопуляций в целом. Результаты проведенного исследования показали объективность и целесообразность использования характеристик ценотической структуры для изучения динамики лесообразовательного процесса. Одновременно установлено, что для коренных перестойных каменноберезняков Северного Охотоморья 20 лет слишком маленький срок, чтобы можно было ожидать каких-то существенных изменений в их структурно-функциональной организации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дылис Н.В. Структура лесного биогеоценоза. М.: Наука, 1969. 55 с.
2. Меженный А.А. Некоторые особенности морфогенеза и экологии хвойных и распространение их на Северо-Востоке Азии // Биология и продуктивность растительного покрова Северо-Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 64-79.
3. Москалюк Т.А. Ценотическая структура каменноберезняков на Крайнем Северо-Востоке. Владивосток: Дальнаука, 2004. 179 с.
4. Хохряков А.П. О некоторых флористических границах в Магаданской области // Биологические ресурсы суши Севера Дальнего Востока: Мат. симпоз. Т. 1-2. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1971. С. 159-164.
5. Хохряков А.П. Убежища мезофильных реликтовых элементов флоры на севере Охотского побережья и в бассейне верхнего течения Колымы // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 84. Вып. 6. 1979. С. 84-96.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЛЕСООБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС КЫРГЫЗСТАНА

Р.Т. МУРЗАКМАТОВ, Р.К. МУРЗАКМАТОВА

Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Приводятся сведения о размерах и причинах деградации лесных насаждений Кыргызстана и их искусственное лесовосстановление по формациям.

По лесному законодательству все леса Кыргызстана относятся к природоохранным, то есть их промышленная рубка с целью получения древесины запрещается, что является благоприятным фактором для сохранения большой водорегулирующей и почвозащитной роли лесов.

Еловые леса занимают пояс Тянь-Шаньских гор от 1600 до 2900 м над уровнем моря. По температурному режиму и степени увлажненности выделяются три подпояса по высоте над уровнем моря.

I подпояс – нижний, от нижней границы леса до высоты 2100-2200,

II подпояс – средний, от 2100-2200 до 2400-2500,

III подпояс – верхний, от 2400-2500 до верхней границы леса. В верхней части подпояса ельники заходят в субальпийский и альпийские пояса.

Рассматривая пояс еловых лесов по вертикальной протяженности, можно отметить его большую неоднородность по распространению растительности. Наряду с древостоями из ели тянь-шаньской значительные площади заняты степями, лугами, кустарниковыми зарослями. Иногда эта растительность является вторичной, появившейся в результате вырубki леса, но в большинстве случаев это коренные типы растительности.

Учитывая, что пояс распространения ели включает значительные площади степей и лугов, в ботанической литературе его принято называть лесо-лугово-степным. При проведении лесокультурных работ часто возникает необходимость облесения не только площадей, вышедших из-под ели, но и участков, ранее не покрытых лесом [4].

Арчевые массивы, где эти деревья являются единственной лесообразующей породой, сосредоточены по склонам Алайского и Туркестанского хребтов.

Широко распространенные ранее вплоть до равнин Средней Азии арчовники сейчас представляют собой узкую, сильно изреженную полосу по горным склонам в диапазоне высот 1200-3200 м над уровнем моря. При этом нижняя граница (подпояс арчи зеравшанской) практически не имеет полнотных насаждений. Это либо редины полнотой 0,1-0,2, либо прогалины. В средней и высокогорной части (подпояс арчи полушаровидной и туркестанской) преобладают насаждения полнотой 0,2-0,5, а высокосомкнутые крайне редки (всего 0,9 %), но и здесь нет крупных массивов арчи [1].

За последние 25 лет площади арчевых лесов сократились на 18 %, а скорость деградации достигала 0,8 % в год. Площади редины выросли на 31 %, на 11,5 тыс. га идет усиленная эрозия почвы. Нет сомнения в том, что участвовавшие в последние годы в горных районах случаи схода снежных лавин и селей, приносящих огромный ущерб народному хозяйству, а также снижение водности рек во многом объясняются сокращениями площади горных лесов и ухудшением их состояния [2].

При разработке и составлении интегрированного плана управления арчевыми лесами было принято делить арчевые зоны по высоте над уровнем моря:

1. Долинная зона (до 1000-1200).
2. Нижнегорная (пояс арчи зеравшанской, 1000-2200).
3. Среднегорная (пояс арчи полушаровидной, 2200-2600).
4. Высокогорная (пояс арчи туркестанской, 2600-3500).
5. Зона субальпийских лугов (3500 и выше).

Орехово-плодовая формация Южного Кыргызстана, располагаясь на юго-западных склонах Ферганского и Чаткальского хребтов, от высоты 800 до 2100-2300 м над уровнем моря, по видовому и внутривидовому разнообразию и обилию реликтовых растений является уникальной во всем среднеазиатском регионе. Она является центром происхождения культурных растений, хранилищем биоразнообразия и генетического фонда флоры и фауны, свойственных данному региону.

Здесь сосредоточено 183 вида древесно-кустарниковых растений, относящихся к 24 семействам, из которых 36 видов являются среднеазиатскими, а 16 – эндемиками.

Пойменно-прирусовые среднеполнотные леса находятся в наиболее оптимальных лесорастительных условиях, среди открытого степного ландшафта, и в них преобладает вегетативное возобновление. Интенсивность выпаса невысокая, сенокосения не проводится, вырубается только

сухой тополя и ив. Эта формация развивается наиболее естественным путем и по сравнению с другими отличается наименьшим антропогенным вмешательством.

Кустарники (акация, шиповники, жимолость, ирга, экзохорда и др.) являются альтернативой использованию пастбищных угодий и сенокосов. Этот тип насаждений способен быстро сформировать устойчивое сообщество на открытых участках, препятствующее появлению древесных пород в течение длительного времени. Смена травянистых формаций на кустарниковые сокращает сельхозугодья, что приводит к усилению антропогенной нагрузки на другие леса [3].

В связи с изменением климатических условий отмечаются изменения высотного распределения лесных формаций. Вследствие повышенной требовательности к влажности почв нижняя граница ореха грецкого поднимается на 100-150 м, что обусловлено повышением суммы активных температур на 438°C и продолжительности вегетационного периода на 30 дней. В экологической нише нижнего подпояса орехово-плодового леса преобладают засухоустойчивые кустарниковые виды (шиповника, боярышника, жимолости и др.). С увеличением суммы положительных температур в нижнем поясе леса на 627°C и продолжительности вегетационного периода на 23 дня виды, адаптируемые к повышенным температурам (фисташка, миндаль, унаби), смещаются вверх на 100-200 м [2].

Причинами деградации лесов являются: промышленные заготовки древесины и пожары в прошлом; интенсивный и усиливающийся выпас скота по всей республике; рост населения с потреблением дровяной древесины и личного скота в горных районах; распашка земель под сельхозкультуры в лесных землях; нарастающие темпы рекреации (табл. 1).

Таблица 1. Сокращение площади лесов Кыргызской Республики

Формации	Сокращение, причины	Основные последствия
Еловые леса	С 1930 г. площадь сократилась в три раза. Пожары, заготовка древесины	Сокращение местообитаний животных, склоновая эрозия, снижение водорегулирующей роли
Орехоплодовые леса	Сокращение площади в два раза. Заготовка древесины, корневого капа, плодов, выпас скота	Утрата уникального генофонда реликтовых плодовых форм, снижение водорегулирующей роли, прекращение естественного возобновления
Арчевые леса	За 50 лет исчезло 36 % лесов, площадь редины увеличилась на 31 %. Заготовка дров, пожары	Нарушение гидрологического режима, опустынивание горных склонов
Фисташковые и миндалевые заросли	Изреживание и сокращение площади с 45 до 30 тыс. га. Пожары, заготовка плодов, выпас скота	Ухудшение местообитаний птиц и млекопитающих, потеря водорегулирующей и почвозащитной функций
Пойменные леса	Незначительное сокращение площади и изреживание. Заготовка дров	Разрушение местообитаний животных и экологических коридоров

Интенсивный и нерегулируемый выпас скота в лесах является одним из основных факторов, отрицательно влияющих на их состояние и развитие. Он приводит к уничтожению молодых всходов естественного происхождения, разрушению травянистой растительности и дернины, снижению урожайности и засоренности лесных пастбищных угодий сорными и непоедаемыми растениями, тем самым ослабляя устойчивость насаждений. В результате этого, а также под воздействием рубок деревьев и кустарников пологие лесные участки склонов (до 20°) обезлесены. Скот на крутых склонах передвигается по горизонталям, прокладывая скотобойные тропы. Это привело к тому, что 92 % всех сохранившихся насаждений находятся на крутых склонах.

При планировании лесных культур следует проводить выбор направления лесопосадочных работ. Предлагается следующая структура посадок:

1. Специальные лесонасаждения дровяного назначения, с использованием посадочного материала быстрорастущих лиственных пород деревьев (саксаул, карагач, акация, ясень, шелковица, лох, айлант, тополь, ива и др.).
2. Противозерозионные лесные культуры.
3. Культуры из хвойных пород в местах их естественного произрастания в изреженных насаждениях и там, где отсутствует естественное возобновление.
4. Лесонасаждения дровяного и древесного направлений из местных пород деревьев и интродуцентов для получения дров и древесины. Плодовые лесные культуры из облепихи, шиповника и барбариса в приустьевых частях рек и в низкополотных насаждениях.
5. В среднегорной и высокогорной зонах – плантации из быстрорастущих интродуцентов (береза, тополь, лиственница, сосна, разные виды ели). Необходимо наладить сбор семян и выращивание посадочного материала из этих пород в питомниках.

Специальные лесонасаждения дровяного назначения в основном должны создаваться на землях сельских управ преимущественно вблизи и вокруг населённых пунктов. Основная их цель – в короткие

сроки создать такие насаждения, чтобы в них можно было проводить лесозаготовки и через 15-20 лет начать удовлетворять потребности населения горной лесной зоны в дровах. На предстоящие 20 лет основные объёмы лесопосадочных работ в республике должны быть направлены исключительно на закладку лесных культур дровяного назначения. Цель этих мероприятий состоит в том, чтобы к 2025 – 2030 гг. уменьшить нагрузку на леса и тем самым исключить их незаконные рубки. Лесопосадочные работы по данному направлению могут проводиться как по площади, массивами, так и носить линейный характер.

В совокупности все имеющиеся для лесов Кыргызстана угрозы неблагоприятно отражаются на их сохранности и общей экологической безопасности. Очень важно, чтобы в мероприятиях по ликвидации существующих угроз для лесов республики были задействованы все заинтересованные стороны. Прежде всего, органы местной власти в лице районной государственной администрации и сельских управ, другие районные организации, представители неправительственных учреждений и местного населения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Космынин А.В. Экологические проблемы арчевых лесов Южной Киргизии и возможные пути их решения. Бишкек, 1996. С. 27–34.
2. Колов О.В., Джумадылова Ч.К., Худайбергенев А.Д., Родни Ступарик. Изменение климата и его влияние на лесные экосистемы Кыргызской Республики. Вестник КРСУ, 2003, 6.
3. Мурзакматов Р.К., Мурзакматова Р.Т. Особенности лесообразовательного процесса в лесах Кыргызстана. Лесная таксация и лесостроительство. Межд. науч.-практ. журнал. Красноярск, 2009. С. 27-28.
4. Чешев Л.С. Типы еловых лесов Северной Киргизии. Фрунзе: Илим, 1971. 103 с.

УДК 574.9

ОТ ЛЕСНОЙ ТИПОЛОГИИ К ОБОБЩЕННОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Д.И. НАЗИМОВА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Проблемы обобщенной классификации бореальных лесов Сибири остаются нерешенными в силу отсутствия общепризнанной системы таксономических единиц, слабой изученности рядов восстановительно-возрастной динамики и отсутствия необходимых количественных параметров, определяющих структуру, функционирование и взаимодействие лесных экосистем. Регионально-типологический подход на современном этапе остается ведущим. Анализ сходства и различий существующих таксонов регионального уровня возможен с использованием разнообразных методов ординации.

А. Лесная типология как ступень к познанию разнообразия и динамики лесных экосистем

Для типологии лесов, имеющей прикладное назначение по определению, но развиваемой в рамках академической науки, основной задачей было выявление закономерностей формирования типологического состава лесов на конкретном природном фоне. Но этим не исчерпывались ее научные задачи. Акценты на выявление природного разнообразия лесов, с одной стороны, и на динамику лесов, на восстановительные и возрастные смены, с другой, временно обособили два направления в лесной типологии: *биогеоценологическое направление* (В.Н. Смагин, А.Л. Бельгард, И.С. Мелехов, А.И. Уткин, С.А. Ильинская, Л.П. Рысин, Л.К. Поздняков, И.П. Щербаков, А.Г. Долуханов, В.С. Гельтман, В.В. Мазинг, Ф.З. Глебов, С.П. Каразия, П.Н. Львов, А.Г. Крылов, Л.И. Савельева и др.) и *географо-генетическое направление* (Б.П. Колесников, В.А. Розенберг, Ю.И. Манько, Е.П. Смолоногов, В.А. Кирсанов, А.С. Махонин, Р.С. Зубарева, Е.М. Фильрозе, Л.В. Попов и др.). Было бы неверно рассматривать их как альтернативные. В последних выступлениях Б.П. Колесникова [11], напротив, подчеркивалась приверженность идеям биогеоценологии при сохранении понимания типа леса как динамической категории, существующей и развивающейся по крайней мере на протяжении жизни одного поколения главной породы. В свою очередь, обсуждения на совместных конференциях (Красноярск, 1973; Рига, 1975; Львов, 1983) способствовали сближению позиций обоих направлений [6, 11, 22].

Создание региональных классификаций типов леса и последовательное проведение зонально-типологического принципа в научной и практической работе было генеральным направлением всех исследований, объединяющим практически все лесотипологические школы. Украинскую школу, или *эколого-лесоводственное направление*, связанное с именами Б.П. Погребняка, Д.В. Воробьева, Б.Ф. Остапенко, отличала направленность на экологическую оценку типов условий местопроизрастания (ТУМ), что объясняется и спецификой работ в условиях антропогенно измененных лесных территорий.

Однако широко использовались индикаторы сходства ТУМ – экологические группы растений и особенности почв, отражающие дифференциацию по богатству и влажности почв. Наряду с трофотопом и гигротопом введено понятие «климатоп» [3]. Составлены номенклатурные списки типов леса и типов древостоя по крупным районам. Хотя несовершенство подхода, создающего искусственные границы классов, очевидно, нельзя не видеть его достоинства – привлечение количественных показателей, в частности, обеспеченности теплом и влагой, к оценке климатопов. Предложенный Д.В. Воробьевым дедуктивный подход к построению единой классификации типов леса всей страны, будучи лишен географической основы, был обречен на неудачу, хотя, по сути, являлся одной из первых иерархических бонитировочных шкал лесорастительных условий.

Направление, называемое «биогеоценотическим», в свою очередь, подвергалось неоднократной критике, т.к. при внедрении региональных систем классификации лесоустройство сталкивалось с неопределенностями и такой степенью дробности «типов леса», которую оно не могло воспринять при экстенсивном уровне ведения лесного хозяйства на большей части территории страны. Тем не менее общая установка на инвентаризацию лесов с использованием типологических принципов, разработанных В.Н. Сукачевым, сыграла большую роль в познании региональных и макрорегиональных закономерностей формирования типологического разнообразия лесов всей страны. Долгое время шли дискуссии об объеме типа леса и типа биогеоценоза, о временных границах типа леса, уточнении параметров и признаков выделения их в природе [6, 11, 22]. Опыт обобщения классификационных построений по крупным регионам приведен во множестве работ конца XX в., включая карты и монографии [1, 4, 9, 12, 23 и др.], однако остается еще много нерешенных вопросов.

Один из выводов состоял в том, что эколого-фитоценотические классификации, приемлемые для научных и практических целей на топологическом уровне, на более высоком региональном уровне генерализации и с охватом все больших территорий должны переходить в эколого-географические [6, 18-20, 31]. Отправной единицей для такого уровня может служить гетерогенный по пространственной структуре, но гомогенный по ключевым характеристикам своего природного (лесорастительного) потенциала тип лесного массива. На этой ступени анализ типологического содержания любого таксона имеет два аспекта – типологический и хорологический. Двухрядный принцип классификации выражается в признании самостоятельности геомеров и геохор, которые подлежат картографированию [14, 15, 25]. Ключевой единицей становится геоморфологический комплекс типов леса среднего ранга, являющийся структурной частью ландшафта. Геом – таксономическая единица региональной размерности, которую можно отражать на картах в среднем и мелком масштабах. В принципе, это один из уровней иерархии типов лесных массивов.

Классификация лесных территорий Сибири на структурно-динамических принципах, предложенных В.Б. Сочавой, позволяет перейти от типологических региональных схем к обобщенной естественной классификации лесных экосистем. Этот подход к классификации близок тем принципам, которые были заложены в примерах, данных В.Н. Сукачевым для еловых и сосновых типов леса европейской части, и получил признание [5, 18]. Он выявляет коренное, условно-коренное (устойчиво производное) и короткопроизводное состояния геосистем (экосистем, фаций, биогеоценозов). Важную роль он отводит построениям факторально-динамических рядов смен. На эколого-фитоценотических схемах В.Н. Сукачева кратковременные смены могут быть показаны в виде третьей оси на фоне двух главных осей, образующих экологическое пространство. На главных осях показаны направления возможных экогенетических смен, занимающих длительные отрезки времени. Крайне полезным в плане построения обобщенной классификации лесов является и представление об эпифазии, об инвариантной структуре связей внутри этой единицы, что позволяет решать задачи прогноза экосистем как подсистем ландшафта. Известный тезис о том, что «экосистемы функционируют в ландшафтах», абсолютно верен и значим для решения задач прогноза лесов будущих десятилетий. Поэтому крайне актуальны поиски путей к созданию обобщенной классификации лесов, базирующейся на структурно-динамических принципах. Однако следует избегать ошибок, через которые уже проходила типология лесов, «увязнув» в излишне сложных иерархических системах классификации и дублировании таксонов.

Б. Биомы и зоны, климатическая ординация, систематизация

С позиций самого общего подхода к классификации лесных экосистем бореальный биом, или, иначе, умеренно-холодный хвойный биом Северного полушария, – один из девяти главных зонобиомов суши, обладающий свойствами экосистемы планетарного уровня. На севере он граничит с биомом тундры, а на юге – с биомами умеренного листопадного леса либо (в континентальных районах) степным биомом. От соседних зонобиомов всюду его отделяют *пространства экотон* (зоноэкотоны смешанных лесов, лесотундры, лесостепи). Подразделения биомов на более мелкие части неоднозначны и неравнозначны [19, 28, 30, 31]. Для экологов Нового и Старого Света понятия «биом», «оробиом», «педобиом» являются наиболее употребимыми, тогда как для отечественных лесоводов, геоботаников, экологов более традиционно понятие «зона». Системы зональности на территории России, как и границы

зон и подзон, несколько различаются на обзорных картах ландшафтов и растительности [9, 16, 21, 27]. Зона – понятие не только географическое, но и историческое, и экологическое одновременно, что объективно подтверждается на схемах климатической ординации [2, 29 и др.]. Зональность присуща не только равнинным, но и горным ландшафтам Сибири – в виде высотных поясов. Высотно-поясной комплекс типов леса (ВПК) в горах и зонально-провинциальный комплекс типов леса на равнине – таксоны классификации лесных массивов, типы экосистем зонального ряда. Их объемы в климатическом пространстве, как показано нами на схемах климатической ординации, вполне сопоставимы, хотя в географическом пространстве высотные пояса имеют размеры на два-три порядка меньше. Для горного лесоводства ВПК и их классы – в сочетании с районированием – являются необходимой эколого-географической основой при разработке систем ведения лесного хозяйства [20]. Спектры поясов (спектры ВПК) отражают крупные черты горного макроклимата и очень разнообразны в пределах гор Сибири. По спектрам поясности, отражающим в интегральной форме взаимодействия природных компонентов ландшафтов, проведено лесорастительное районирование [23, 26]. Ординация ВПК в пространстве климатических признаков позволила выделить не только классы высотно-поясных комплексов (аналоги лесорастительных поясов), но и климатические фации горных лесов – категории обобщенной классификации лесных экосистем гор Южной Сибири [2, 18].

В. Геоботанические карты, их роль в познании структуры лесного покрова

До последнего времени классификация лесных экосистем Сибири, как и России, не разработана, причинами чего являются отсутствие общих принципов классификации, несовершенство номенклатуры, слабая изученность сукцессионных процессов, в том числе и хода лесообразовательного процесса. Тем не менее картографирование растительности, а затем и ландшафтов всей территории страны потребовало создания соответствующих легенд к обзорным картам, а это стимулировало разработку принципов и концепции геоботанического картографирования, отражающего динамические процессы. Весь круг вопросов по созданию карт на всю территорию страны решался отечественными географами-геоботаниками во главе с академиками Е.М. Лавренко и В.Б. Сочавой, коллективами БИН СССР и Института географии Сибири, с участием Центрального сибирского ботанического сада (ЦСБС), МГУ, ЛГУ и других крупных вузов страны. Отечественная школа геоботанического картографирования достигла больших успехов в плане разработки научной концепции и теоретических основ обзорного картографирования растительного покрова. Этому немало способствовали и масштабы страны, и нацеленность всех грандиозных работ на практическую отдачу.

С середины XX века в науках о Земле уже укрепилось понимание системной структуры растительного покрова, а в лесоведении академиком В.Н. Сукачевым почти одновременно было создано учение о лесном биогеоценозе. Поэтому разработка подходов к классификации и созданию пространственных моделей растительного и ландшафтного покрова происходила в ходе взаимодействия наук о Земле и связана с именами академиков И.П. Герасимова, Е.М. Лавренко, В.Б. Сочавы, А.Г. Исаченко, проф. А.В. Куминовой и возглавляемыми ими научными коллективами. Отсюда так много общего в подходах к исследованию и в понимании единиц классификации нижнего звена (биогеоценоз – конкретный участок ландшафтной фации) при сохранении разного содержания и объема таксономических единиц более высоких рангов (группы, серии, циклы, субформации, классы и др.). Используя компьютерные технологии, в частности, ординацию уже существующих таксонов на осях климатических параметров, можно видеть упорядоченность их на осях многомерного или двумерного пространства и степень согласованности между собой [2, 29].

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабинцева Р.М., Поликарпов Н.П., Чередникова Ю.С. Карта высотно-поясных комплексов растительности бассейна озера Байкал // Байкал. Атлас. М.: ГУГК СССР, 1994.
2. Биоразнообразие и динамика экосистем: информационные технологии и моделирование / Отв. ред. В.К. Шумный, Ю.И. Шокин, Н.А. Колчанов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. С. 518-546.
3. Воробьев Д.В. Опыт лесотипологической классификации лесов СССР // Вопросы лесоведения и лесоводства. Докл. на 5 Всемирном лесном конгр. М., 1960,
4. Горожанкина С.М., Константинов В.Д. География тайги Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1978. 190 с.
5. Дылис Н.В. Значение идей В.Н. Сукачева в развитии советского лесоведения // Вопросы лесоведения. Т. 2. 1973. С. 5-14.
6. Дыренков С.А., Чертов О.Г. Типы леса, типы лесных массивов и лесорастительные районы как ступени географической классификации лесных экосистем // Второе Всесоюз. совещ. по лесной типологии. Красноярск, 1973. С. 107-109.
7. Исаченко А.Г. Ландшафтное районирование России как основа для ландшафтно-экологического и географического анализа // Изв. РГО, 1996, т. 128, 5. С. 12-24.
8. Исаченко А.Г., Шляпников А.А., Робозерова О.В. Ландшафтная карта СССР. Масштаб 1:4 000 000. М.: ГУГК, 1988.
9. Кедровые леса Сибири / А.И. Ирошников, Н.П. Поликарпов, И.В. Семечкин и др. Новосибирск: Наука, 1985. 258

- с.
10. Колесников Б.П. Лесохозяйственные области таежной зоны СССР и системы лесного хозяйства в аспекте долгосрочных прогнозов // Информ. бюлл. науч. совета по комплексному освоению таежных территорий. Иркутск, 1969, 2. С. 9-39.
11. Колесников Б.П. Математизация методов исследования – неотложная задача лесной типологии // Использование математических методов и ЭВМ в области лесной типологии. Сб. науч. тр. Рига: Зинатне, 1975. С. 9-24.
12. Коротков И.А., Цэдэндаш Г. Карта лесов Монгольской Народной Республики. М.: ГУГК СССР, 1983.
13. Крылов А.Г. Типология кедровых лесов Сибири // Вопросы лесоведения. Красноярск: Кн. изд-во, 1970. С. 129-147.
14. Кузьменко Е.И., Михеев В.С. Эколого-географические и картографические основы комплексного изучения лесов Сибири. Новосибирск: ГЕО, 2008. 207 с.
15. Ландшафтно-интерпретационное картографирование / Отв. ред. А.К. Черкашин. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 2005. 423 с.
16. Лесные экосистемы Енисейского меридиана. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 356 с.
17. Манько Ю.И. Б.П. Колесников и его вклад в проблему изучения лесообразовательного процесса // Лесоведение, 1999, 3. С. 3-7.
18. Назимова Д.И., Коротков И.А., Чередникова Ю.С. Основные высотно-поясные подразделения лесного покрова в горах Южной Сибири и их диагностические признаки // Структура и функционирование лесных биогеоценозов Сибири. У Чтения памяти академика В.Н. Сукачева. М.: Наука, 1987. С. 30-64.
19. Огуреева Г.Н., Даниленко А.К., Котова Т.В., Румянцев В.Ю. Картографирование биомов России // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2001, 5.
20. Поликарпов Н.П., Назимова Д.И. Использование эколого-географической основы в горном лесоводстве Южной Сибири // XXXIII Межд. географ. конгр. Биогеография и география почв. М., 1976.
21. Растительность СССР. Пояснительный текст и легенда к карте / А.В. Белов, З.В. Карамышева, Т.В. Котова и др. М.: ГУГК СССР, 1990. 30 с.
22. Рысин Л.П. Лесная типология в СССР. М.: Наука, 1982. 216 с.
23. Смагин В.Н., Ильинская С.А., Назимова Д.И. и др. Типы лесов гор Южной Сибири. Новосибирск: Наука, 1980. 336 с.
24. Смолоногов Е.П. Эколого-географическая дифференциация и динамика кедровых лесов Урала и Западно-Сибирской равнины. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1990. 286 с.
25. Сочава В.Б. Географические аспекты сибирской тайги. Новосибирск: Наука, 1980. 255 с.
26. Углерод в экосистемах лесов и болот России / В.А. Алексеев, В.Д. Стаканов, И.А. Коротков. Красноярск, 1994. 225 с.
27. Эколого-фитоценотические комплексы Азиатской России / И.И. Букс, В.Н. Байбородин, Л.С. Тиримбаева / Карта масштаба 1:7 500 000. Иркутск: Изд-во ин-та географии, 1977.
28. Ecosystems of British Columbia. (Eds. D.Meidinger, J. Pojar) Special report series, 6, Research Branch Ministry of forests Victoria, 1991. 31330 pp.
29. Hytteborn H.H., Rysin L.P., Nazimova D.I., Maslov A.A. Boreal Forest of Eurasia // Ecosystems of the World. Coniferous Forests. (Ed. F. Anderssen. Elsevier). Amsterdam-Boston-London-Tokyo, 2005. Pp. 23-99.
30. Kojima S. Bioclimatic zones of Hokkaido Island, Japan. J. Coll. Lib. Arts Toyama Univ. Nat. Sci. 1979, 12: 97-141.
31. Shugart H.H., R.Leemans, G.B.Bonan (eds.) A System Analysis of the Global Boreal Forest. Cambridge, 1992. 565 pp.

УДК 630.181 581.5:551.34

ВЛИЯНИЕ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ НА РОСТ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

А.Н. НИКОЛАЕВ

Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Якутск

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты исследований радиального прироста лиственницы и сосны в Центральной Якутии. Изучение радиального прироста деревьев в пределах распространения многолетнемерзлых пород позволило выявить их тесную взаимосвязь с климатическими факторами и гидротермическими условиями почвогрунтов. Выявлена значимая связь температуры и влажности грунтов на разных глубинах с радиальным приростом лиственницы и сосны в Центральной Якутии.

Примерно 1/5 часть России занимает Республика Саха (Якутия), общая территория которой равняется 3,1 млн кв. км. По площади сплошной тип мерзлоты занимает 94 % территории республики. В свою очередь, прерывистый и островной тип мерзлоты распространен соответственно на 4,5 % и 1,5 % от общей площади. Вся территория Центральной Якутии находится в области распространения многолетней мерзлоты. Данная особенность географического месторасположения является одним из основных причин доминирующего произрастания здесь лиственницы Каяндера (*Larix Cajanderi Mayr*) и

сосны обыкновенной (*Pinus Sylvestris* L.). Две эти лесообразующие породы наиболее приспособлены к условиям многолетнемерзлых грунтов. Интенсивное изучение многолетней мерзлоты в различных типах леса на территории Центральной Якутии началось еще в начале второй половины XX в. [8, 13]. Позже были проведены исследования особенностей протаивания почвогрунтов, а также гидротермического режима почв в лесах Якутии [9, 10, 14].

Рост древесных пород в области распространения многолетней мерзлоты тесно связан с изменениями параметров деятельного слоя почвогрунтов. Лесной покров, являясь буфером между тепло- и влагообменом атмосферы и земной поверхностью, во многом определяет мощность сезонно-талого слоя и характер гидротермического режима почв. Растительность, в зависимости от таксационных и геоботанических показателей лесных насаждений (сомкнутость полога; состав, высота и возраст древостоя), изменяет структуру радиационно-теплого баланса земной поверхности, а напочвенный покров (травяно-кустарничковый и мохово-лишайниковый) является по отношению к почве теплоизолирующим покрытием [1, 6, 7].

Рост и развитие древесных пород приурочены к определенным типам почв. Лиственница образует поверхностные корни, предпочитая среднеплодородные и среднеувлажненные суглинистые почвы. Она хуже растет в сухих и сырых местах. В отличие от лиственницы, сосна произрастает на сухих песчаных и супесчаных хорошо аэрируемых почвах. В работах многих исследователей сказано, что в зоне распространения многолетней мерзлоты сосна образует поверхностную корневую систему. В более поздних работах В.Н. Дохунаева [3] доказано, что в глубоко оттаивающих с благоприятными физико-химическими свойствами почвах и у сосны может образоваться стержневая корневая система. Корни сосны принимают поверхностную форму там, где почва сильно увлажнена, оглеена, а мерзлота залегает близко. Сосна более чувствительна к ухудшению условий почвогрунта. Поэтому только в более благоприятных для нее условиях выигрывает конкуренцию у лиственницы.

С появлением дендрохронологических методов исследования появилась возможность изучить рост и развитие мерзлотных лесов более детально. В лаборатории криогенных ландшафтов Института мерзлотоведения СО РАН за последние десятилетия накоплен большой материал по температуре и влажности почвогрунта для разных типов местности. Одним из важных факторов, влияющих на рост древесных пород, являются гидротермические условия почвогрунтов. Многолетние наблюдения за температурным режимом почв в центральных районах Якутии дали возможность использовать древесно-кольцевые хронологии не только для выявления связи радиального прироста с температурой воздуха и атмосферными осадками, но и для анализа степени влияния гидротермического режима почв на рост и развитие древесных пород [5, 12].

Материалы и методы исследований

Исследование радиального прироста лиственницы Каяндера и сосны обыкновенной проводилось на научных стационарах Института биологических проблем криолитозоны СО РАН (ИБПК СО РАН) «Спаская Падь» и Института мерзлотоведения СО РАН «Нелегер» (левобережье р. Лена в 25 и 30 км западнее от г. Якутска), а также на стационаре ИБПК СО РАН «Тюнгюлю» и около с. Чурапча (в Мегино-Кангаласском и Чурапчинском районах в 45 и 100 км восточнее г. Якутска на правобережье р. Лена).

На территории стационара «Спаская Падь» в непосредственной близости находятся участки лиственничных лесов и сосняков, что позволило сделать сравнительный анализ роста этих двух пород в условиях многолетней мерзлоты. Территория других участков находится в Лено-Амгинском междуречье, климат которого характеризуется как один из наиболее засушливых в Центральной Якутии. Природно-климатические условия исследованных участков отражают наиболее характерные региональные особенности Центральной Якутии.

На вышеуказанных участках был сделан сбор дендрохронологического материала. Измерение собранного материала, датировка и построение древесно-кольцевых хронологий были сделаны с применением общепринятых в дендрохронологии методов [2, 4, 15-17].

Результаты и обсуждения

В условиях криолитозоны одним из важных факторов для нормального роста древесных пород являются температурные условия грунтов. Температурный режим почв Центральной Якутии, подстилаемых многолетнемерзлыми породами, имеет ряд региональных особенностей. Именно с ним связывают поверхностное расположение корней у лиственницы и сосны [3]. Одними из важных факторов воздействия мерзлых грунтов на рост деревьев являются сильное выхолаживание корнеобитаемого слоя в холодное время года и динамика сезонного протаивания в летний период. Эти два динамических параметра являются также одними из важнейших факторов внешней среды, определяющих рост и развитие растений.

Нами был проведен анализ влияния температурных условий почвы на радиальный прирост

деревьев, произрастающих на стационаре «Спаская Падь». Корреляционный анализ древесно-кольцевых хронологий лиственницы и сосны с температурными условиями почвы на разных глубинах свидетельствует о том, что наибольшая корреляционная связь наблюдается в зимний период. Чем выше температура почвы, тем быстрее идет ее прогревание, что способствует своевременному началу активного роста деревьев в начале вегетации. Летние температуры не лимитируют радиальный прирост лиственниц. В этот период для лиственничных деревьев достаточно тепла, необходимого для благоприятного роста. Однако на рост сосны, в отличие от лиственницы, на некоторых глубинах наблюдается значимое отрицательное влияние температуры летних месяцев. Это объясняется, по-видимому, большим почвенным дефицитом влаги на более сухих почвах, где высокие температуры вызывают иссушающий эффект.

Для сравнения был сделан подобный корреляционный анализ дендрохронологических участков Лено-Амгинского междуречья, где деревья произрастали в более сухих условиях, с температурными условиями почвы на разных глубинах по метеостанции Чурапча. Обе древесно-кольцевые хронологии показали схожую зависимость от температурных условий почвогрунтов. В ходе исследований было выявлено наличие большой корреляционной связи, как и для стационара «Спаская Падь», в зимний период времени. Также выявлено, что значение летних температур почв не оказывает значительного влияния на радиальный прирост деревьев. В некоторых случаях высокая температура почвы, особенно верхних ее слоев, показывает негативную корреляционную связь с ростом лиственницы, что было характерно для сосны со стационара «Спаская Падь». Это показывает, что характер влияния температурного режима деятельного слоя почвогрунтов на радиальный прирост деревьев зависит от условий местопроизрастания.

Другим важнейшим условием, определяющим нормальный рост растений в криолитозоне, является водный режим почв. В условиях многолетней мерзлоты почвенная влага длительное время пребывает в мерзлом состоянии и постепенно, по мере сезонного протаивания, переходит в жидкое состояние. При этом наиболее интенсивный влагообмен почвы происходит в верхних слоях, находящихся до 50 см [11]. У лиственницы, произрастающей в условиях криолитозоны, почти 2/3 от общего количества корней расположены в слое до 50-60 см. В свою очередь, лишь небольшая часть корней доходит до уровня глубины сезонно-талого слоя [3].

Проведен корреляционный анализ древесно-кольцевых хронологий по лиственнице с динамикой влажности почв. Результаты показывают, что хорошая корреляционная связь с влажностью верхних слоев почвы наблюдается в течение всего вегетационного периода. Однако следует отметить, что наиболее значимые коэффициенты попадают на осенний период предыдущего сезона. Это связано с тем, что лиственница в начале вегетационного периода использует накопленный в предыдущем году запас почвенной влаги. Следует отметить, что большую корреляционную связь с радиальным приростом лиственницы показывают содержание влаги верхних слоев почвы до 50 см, накопленной в период ее сезонного промерзания в сентябре и в большей степени в октябре предыдущей осени. Также хорошую корреляционную связь с ежегодным приростом показывает влажность почвы сентября и октября на глубине 80-100 см. Эту связь можно объяснить тем, что в середине вегетационного периода корневая система лиственницы начинает использовать влагу нижних горизонтов почвы. Так как летом оттаивание почвы происходит постепенно, именно к середине лета влага, накопленная на нижних границах сезонно-талого слоя, начинает использоваться корнями лиственницы. В условиях сухого климата Центральной Якутии дополнительное водное питание деревьев за счет влаги сезонно-талого слоя становится определяющим фактором для нормального роста лиственницы.

Заключение

Рост лиственницы и сосны в Центральной Якутии тесно связан с климатическими и почвенно-грунтовыми условиями внешней среды. Радиальный прирост древесных пород, произрастающих на мерзлотных почвах, находится в тесной связи с температурными условиями деятельного слоя в течение всего вегетационного сезона. Различные значения зимних температур почвогрунтов на разных глубинах определяют время весеннего оттаивания почвы. При более высоких температурах в зимний период происходит раннее оттаивание почвогрунта. Это, в свою очередь, сказывается на начале вегетационного периода, что отражается на годичном приросте деревьев.

Одним из важных полученных нами результатов является то, что для радиального прироста лиственницы в Центральной Якутии большое значение имеет содержание почвенной влаги предыдущей осени. Накопленная влага верхних слоев почвы, по-видимому, важна для деревьев в начале вегетационного периода во время активации ростовых процессов. В условиях засушливого климата, характерного для района исследований, почвенная влага, находящаяся в слое 80-100 см, в ходе сезонного протаивания грунтов к середине лета становится доступной для корней деревьев. Это условие является одним из главных для нормального роста бореальных лесов на территории Центральной Якутии.

Также следует отметить, что применение дендроклиматологических методов исследования в

изучении реакции лесобразующих пород на климатические и почвенные условия в зоне распространения многолетней мерзлоты позволило получить интересные результаты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варламов С.П., Скачков Ю.Б., Скрыбин П.Н. Температурный режим грунтов мерзлотных ландшафтов Центральной Якутии. Якутск: Изд-во ИМЗ СО РАН, 2002. 218 с.
2. Дендроклиматологические исследования в Урало-Сибирской Субарктике / Е.А. Ваганов, С.Г. Шиятов, В.С. Мазепа. Новосибирск: Наука, 1996. 246 с.
3. Дохунаев В.Н. Корневая система растений на мерзлотных почвах Якутии. Якутск: ЯФ СО СССР, 1988. 176 с.
4. Методы дендрохронологии. Ч. 1. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации: Учебно-метод. пособие / С.Г. Шиятов, Е.А. Ваганов и др. Красноярск: Изд-во КрасГУ, 2000. 80 с.
5. Николаев А.Н., Федоров П.П. Влияние климатических факторов и термического режима мерзлотных почв Центральной Якутии на радиальный прирост лиственницы и сосны (на примере стационара «Спасская Падь») // Лесоведение, 2004, 6. С. 1-11.
6. Основы геохронологии. Ч. 4. Динамическая геохронология / Под. ред. Э.Д. Ершова. М.: Изд-во МГУ, 2001. 688 с.
7. Павлов А.В. Энергообмен в ландшафтной сфере Земли. Новосибирск: Наука, 1984. 256 с.
8. Поздняков Л.К. О влиянии растительности на глубину летнего оттаивания почвы // Сборник работ по геоботанике, лесоведению, палеогеографии и флористике. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1956. С. 425-430.
9. Поздняков Л.К. Мерзлотное лесоведение. Новосибирск: Наука, 1986. 192 с.
10. Саввинов Д.Д. Температурный и водный режим лесных почв Якутии // Исследования растительных почв в лесах северо-востока СССР. Якутск: Кн. изд-во, 1971. С. 118-175.
11. Саввинов Д.Д. Почвы Якутии: проблемы рационального использования почвенных ресурсов, их мелиорация и охрана. Якутск: Кн. изд-во, 1989. 152 с.
12. Федоров П.П., Николаев А.Н., Десяткин А.Р. Выявление влияния гидротермического режима почв на радиальный прирост лиственницы в Центральной Якутии // Новые методы в дендрохронологии: Мат. Всерос. науч. конф. с межд. участием, 10-13 сентября 2007 г., Иркутск. Иркутск: Изд-во института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2007. С. 101-103.
13. Уткин А.И. Леса Центральной Якутии. М.: Наука, 1965. 208 с.
14. Шурдук И.Ф. Влияние густоты древостоя на фитоклимат лиственничных молодняков // Проблемы экологии Якутии, вып. 1. Якутск: Изд-во ЯГУ, 1996. С. 49-54.
15. Holmes R.L. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement // Tree-ring Bulletin, 1983, vol. 44. Pp. 69-75.
16. Methods of dendrochronology. Application in environmental sciences / Eds. Cook E. et al. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 1990. 394 pp.
17. Rinn F. TSAP version 3.5. Reference Manual. Computer program for tree ring analysis and presentation. Frank Rinn, Heidelberg, Germany, 1996. 264 pp.

УДК 630.424.1

ВЛИЯНИЕ КРИОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

А.Н. НИКОЛАЕВ¹, Р.Н. ПЕТРОВ²

¹Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Якутск

²Якутский государственный университет им. М.К. Амосова, Якутск

АННОТАЦИЯ

Проведены исследования по изучению влияния термокарстовых процессов на рост древесных пород Центральной Якутии. На основе дендрохронологических данных сделана реконструкция периодов активации термокарстовых процессов на территории двух озер «днюеде» в течение последних 150 лет. Анализ показал, что продвижение границ термокарста идет неравномерно в разные периоды, приводя к гибели древесных пород, произрастающих вблизи термокарстовой депрессии.

Изучение термокарста является одним из основных направлений в исследованиях, проводимых в лаборатории криогенных ландшафтов Института мерзлотоведения СО РАН. Изучение условий образования и динамики развития термокарстовых образований проводится на специальных полигонах ИМЗ СО РАН «Юкэчи», «Дыргыабай», «Нелегер» и других (рис. 1). Район исследований характеризуется распространением ландшафтов аласного типа и широким развитием подземных льдов. Неглубоко от поверхности здесь залегают высокольдистые четвертичные отложения, содержащие мощные залежеобразующие льды. Наличие подземных льдов в литогенной основе криогенных ландшафтов является основной причиной развития термокарста. В Центральной Якутии, в первую очередь на Лено-Амгинском междуречье, такие ландшафты занимают преобладающее положение.

Наличие повторно-жильных льдов хорошо инициируется развитием байджерахов на склонах аласов и былларов (просадочно-полигональных форм) на нарушенных участках и множества термокарстовых озер. В свою очередь, данная особенность почвогрунтовых условий определяет характер произрастания древесных пород на территории Центральной Якутии.

Климатический фактор играет особую роль в развитии термокарста. В настоящее время с 1990-х годов в условиях повсеместного повышения температуры воздуха идет достаточно активное развитие термокарста на нарушенных ландшафтах Центральной Якутии. По данным многих исследователей, с начала 1990-х годов продолжается активизация криогенных процессов и явлений по всему полигону [3, 6, 4]. Местами активизация криогенных процессов и явлений привела к тому, что на поверхности образовались разрушения площадного характера в виде былларов (полигонально-бугристые микропонижения) и мелких водоемов шириной до 30-50 м. Многие ландшафты, находящиеся в критическом состоянии, очень ранимы и чувствительны к изменениям климата. К таким ландшафтам относятся безлесные межаласья с сильнольдистой литогенной основой, где расположены термокарстовые озера дюеде. Нарушенные вследствие пожаров и вырубок лесные насаждения в области распространения многолетнемерзлых пород могут не восстановиться при активации криогенных процессов. При нарушении лесной растительности на таких участках высока вероятность протаивания подземных льдов с образованием термокарстового озера дюеде, которые в последующем могут увеличиваться и превращаться в аласные ландшафты.



Рис 1. Расположение мониторинговых полигонов ИМЗ СО РАН в Центральной Якутии

Наблюдение за динамикой начальных форм термокарста в Центральной Якутии показывает, что активизация процесса происходит в последние десятилетия, связанные с наибольшим повышением температуры воздуха. Однако зарождение термокарста в современных условиях зависит не только от геокриологических, но и от многих других факторов. Механизм самосохранения мерзлотных ландшафтов достаточно сильный, поэтому термокарст развивается на ограниченной территории, выбирая только предрасположенные к нему участки. По данным Н.П. Босикова [2], район исследований представлен широким распространением аласных котловин (до 23 % от всей территории). На Лено-Амгинском междуречье подземные льды встречаются повсеместно во всех

элементах ландшафтов. Ширина ледяных жил в верхней части достигает 6 м, а мощность ледового комплекса в межаласных пространствах – 20-25 м [7].

Материалы и методы исследований

С целью выявления динамики развития дюеде нами проводились исследования на полигоне ИМЗ СО РАН «Юкэчи», который находится на правом берегу р. Лена в 50 км восточнее г. Якутска. Полигон «Юкэчи» представляет собой типичный для Центральной Якутии ландшафт с мощным ледовым комплексом и широким распространением аласов. Поверхность слегка наклонена к северо-западу, абсолютные высоты 200-220 м. Вокруг аласа Юкэчи межаласные пространства сложены буровато-серыми лессовидными суглинками мощностью до 40-60 м; эти породы включают линзовидные, поясковые криогенные текстуры и мощные сингенетические повторно-жильные льды. На 1 м² площади приходится около 2,6 м³ льда. Глубина залегания верхнего плеча ледяных жил от дневной поверхности – 1,5-2 м. Юкэчинский полигон по степени чувствительности (просадочности) поверхности к техногенным воздействиям относится к сильно чувствительным районам. При термокарстовых нарушениях для этих ландшафтов характерны весьма существенные изменения в структуре, вплоть до образования новых природно-территориальных комплексов. На Юкэчинском полигоне как в ненарушенных, так и в нарушенных ландшафтах, к которым относятся пашни, наблюдаются многочисленные термокарстовые просадки, большинство которых развиты до стадии дюеде. Вокруг зрелого аласа Юкэчи развиты молодые термокарстовые просадки. Некоторые из них находятся в стадии озерного термокарста (дюеде).

Для более детального изучения динамики развития карстовых озер дюеде около стационара ИМЗ СО РАН «Юкэчи» в Центральной Якутии в 2006 – 2007 гг. были заложены 2 модельных участка. В этот же год был проведен сбор древесных образцов вдоль 7 для первого и 8 для второго озера локальных профилей. При помощи перекрестной датировки образцов были выявлены годы начала развития термокарстовых депрессий и гибели деревьев в результате воздействия термокарста. Дальнейший анализ

показал, что начало влияния термокарста и гибель деревьев в результате его воздействия не совпадают. Это еще раз доказывает неравномерность развития карстовых процессов в разные временные эпохи. В некоторые периоды данные процессы идут менее интенсивно, а в другие происходит повышение их активности. Вследствие этого в 2007 году был сделан дополнительный сбор древесины. В текущем году за счет схода воды через трещину в соседнюю аласную котловину на 1,2 м снизился уровень воды модельного термокарстового озера № 2. Это привело к уменьшению размеров озера, что позволило собрать большое количество останков деревьев, которые прежде находились в воде. Общее количество древесных образцов, собранных летом 2007 г., составляет более 150, а общее количество древесных образцов, собранных за два года, – более 350. Анализ показал, что в последние десятилетия наблюдается активность термокарстовых процессов. Об этом свидетельствует также тот факт, что в районе исследований вода одного из термокарстовых озер дюеде за счет оттаивания почвенного льда и разрушения берега между озером и прилегающим аласом полностью ушла в соседнюю аласную котловину.

Сбор образцов и подготовка древесно-кольцевого анализа проводились по общепринятой методике [8, 10]. Анализ собранных образцов был сделан в лаборатории криогенных ландшафтов ИМЗ СО РАН. Измерение ширины годичных колец и построение древесно-кольцевых хронологий проводились по специальной методике [9, 11]. Ширина колец измерялась по двум радиусам для выявления года начала криогенных депрессий [1]. Направление первого радиуса каждого спила было ориентировано в сторону наклона дерева, второй радиус измерений был строго перпендикулярен первому. После замера ширины годичных колец древесины проводили датировку с помощью программы СОФЕСНА [9]. Для более точной датировки образцов в виде мастерской хронологии была использована древесно-кольцевая хронология с местности «Дыргыабай», которая находится в 3 км от исследуемых участков.

Результаты и обсуждения

Дендрохронологический анализ выявил, что на некоторых участках лиственничников, расположенных около стационара «Юкэчи», с начала 90-х годов прошлого века наблюдается подавление радиального прироста в определенные годы. До 1990-х годов радиальный прирост показывал большую согласованность с радиальным приростом деревьев других участков Центральной Якутии. Была ли причиной этому активизация криогенных процессов на данном участке, еще предстоит выяснить.

Датировка образцов выявила, что начало роста исследованных деревьев в основном относится к концу XVIII – началу XIX и к середине XIX века. Однако несколько образцов здесь начали расти с середины XVIII века. Вероятно, во второй половине на нарушенной лесной территории начались термокарстовые процессы, которые на данном этапе представлены в виде термокарстового озера дюеде. По специальной методике, предложенной в работе Л.И. Агафонова [1], были выявлены периоды термокарстовых депрессий. Наиболее сильные депрессии происходили в 1879 – 1885, 1892 – 1897, 1909 – 1919, 1927 – 1937, 1942 – 1949, 1973 – 1977, 1987 – 1993 гг. В эти периоды рост деревьев сопровождался снижением ширины годичных колец, а также образованием креновой древесины.

На рис. 2 представлены периоды активации термокарста, выявленные при помощи анализа радиального прироста деревьев. Как видно из рисунка, в периоды повышения среднелетних температур воздуха происходят наиболее сильные протаивания подземных льдов, которые выражаются в виде наиболее мощных термокарстовых депрессий. В этот период площадь термокарстового озера увеличивается. За счет протаивания подземного льда происходит разрушение берегов озера, что, в свою очередь, сопровождается наклоном дерева в сторону термокарстовой депрессии. Именно данный момент фиксируется радиальным приростом деревьев. Ход радиального прироста изменяется для разных радиусов. При сравнении радиального прироста по разным радиусам выявлено, что ствол под воздействием термокарстовой депрессии и ветра наклоняется в разные стороны, формируя креновую древесину по другим направлениям.

Заключение

По результатам исследований удалось выявить периоды термокарстовой активности на криогенных ландшафтах Центральной Якутии. В зависимости от климатических условий того или иного периода времени характер термокарстовых явлений и их влияние на рост деревьев были различными. Использование дендрохронологических методов исследований при анализе геокриологических условий позволило сделать пространственно-временной анализ термокарстовых депрессий за последние сто с лишним лет.

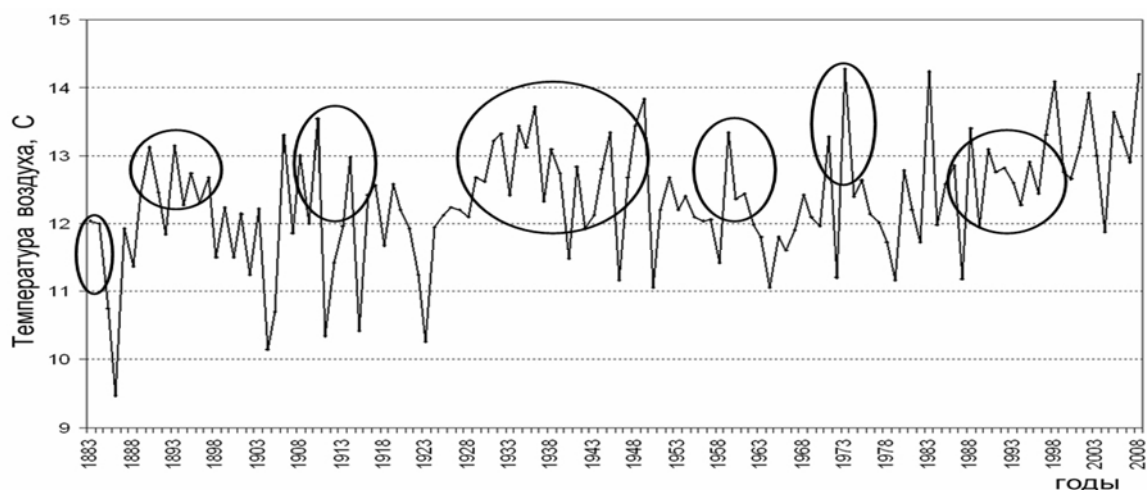


Рис. 2. Изменчивость средней температуры воздуха за теплый период (по данным метеостанции Якутска). Кругами отмечены годы активации термокарстовой депрессии

ЛИТЕРАТУРА

1. Агафонов Л.И., Штрунк Х.Б., Нубер Т.О. Динамика термокарстовой депрессии в Западной Сибири: Опыт дендрогеооморфологического исследования // Криосфера Земли, 2002, т. VI, 2. С. 43-52.
2. Босиков Н.П. Эволюция аласов Центральной Якутии. Якутск: ИМЗ СО АН СССР, 1991. 128 с.
3. Гаврильев П.П. О реакции ледового комплекса Якутии на глобальное потепление климата // Наука и образование, 2002, 3. С. 64-69.
4. Гаврильев П.П., Угаров И.С. Реакция пород ледового комплекса Центральной Якутии на потепление климата // Криосфера Земли, 2009, т. XIII, 1. С. 24-30,
5. Дендроклиматологические исследования в Урало-Сибирской Субарктике / Е.А. Ваганов, С.Г. Шиятов, В.С. Мазепа. Новосибирск: Наука, 1996. 246 с.
6. Ефремов П.В. Геокриологический мониторинг сельскохозяйственных земель Центральной Якутии // Экологическая безопасность Якутии: Мат. науч.-практ. конф., посв. 15-летию ФГНУ ИПЭС, 7-8 февраля 2008 г., Якутск. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2008. С. 227-234.
7. Иванов М.С. Распространение подземных льдов в Центральной Якутии как важнейший природный фактор при освоении территории криолитозоны // Устойчивость поверхности к техногенным воздействиям в области вечной мерзлоты. Якутск: Изд-во ИМЗ СО АН СССР. С. 58-75.
8. Методы дендрохронологии. Ч. 1. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации: Учебно-метод. пособие / С.Г. Шиятов, Е.А. Ваганов и др. Красноярск: Изд-во КрасГУ, 2000. 80 с.
9. Holmes R.L. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement // Tree-ring Bulletin, 1983, vol. 44. Pp. 69-75.
10. Methods of dendrochronology. Application in environmental sciences / Eds. Cook E. et al. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 1990. 394 pp.
11. Rinn F. TSAP version 3.5. Reference Manual. Computer program for tree ring analysis and presentation. Frank Rinn, Heidelberg, Germany, 1996. 264 pp.

УДК 581.526.53 (571.51)

МНОГОЛЕТНИЙ ОПЫТ ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРЫ НИЖНИХ ЯРУСОВ ЛЕСОСТЕПНОЙ И ПОДТАЕЖНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЛЕВОБОРЕЖЬЯ РЕКИ СОБАКИНОЙ (ПРЕДГОРЬЯ ВОСТОЧНОГО САЯНА)

А.В. ПЕРВУНИН

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

В работе приведены новые данные о составе и структуре кустарникового и травяно-кустарничкового ярусов лесостепных и подтаежных лесов левобережья реки Собакиной в окрестностях города Красноярск, полученные в результате их многолетнего геоботанического мониторинга. Его промежуточные результаты (по итогам 3 лет) свидетельствуют о значительной межгодовой изменчивости видового состава травяно-кустарничкового яруса предгорных лесов Восточного Саяна, а также о выраженных зональных и региональных особенностях этого яруса.

Ценозы, являющиеся объектами исследования, располагаются на южных склонах сопек

левого берега р. Собакиной (притока р. Енисей) на стыке Гремячинской гряды и Караульненского нагорья (северо-западные низкогорные отроги Восточного Саяна), охватывая практически весь спектр высот начиная от берега Енисея (150-160 м абс.) и заканчивая вершиной Гремячинской гряды – г. Третья Николаевская сопка (517 м абс.). Ближайшие к Енисею сопки слагают известняки и известковистые песчаники. При удалении от реки преобладают амфиболиты, гнейсы и сланцы с выходами гранитов, диоритов и сиенитов. Основные почвообразующие породы – желто-бурые тяжелые суглинки [3], а кроме того, лессовидные пески и супеси. Характеристики регионального климата лесостепного (по данным ст. Шало) и подтаежного пояса (по данным ст. Красноярск, опытное поле) различны, но в обоих случаях климат можно считать резко континентальным. Среднее годовое количество осадков составляет 380 мм для лесостепи и 410 мм для подтайги; средние годовые температуры – +0,3° для лесостепи и –0,9°С для подтайги; продолжительность вегетационного периода в лесостепи на 10 дней больше, чем в подтайге [2].

Согласно районированию зеленой зоны г. Красноярска, изучаемая территория (от побережья Енисея до вершин Гремячинской гряды) находится в пределах Красноярско-Канского округа подтаежно-лесостепных сосновых и березовых лесов [7]. Для подтаежного пояса характерны серые и, в меньшей степени, серогумусовые (дерновые) почвы [3], для лесостепного – серые почвы с вкраплениями серогумусовых выщелоченных и оподзоленных черноземов. В массив лесостепных и подтаежных лесов интегрированы незначительные по площади участки настоящих и остепненных лугов, а также степей. Последние занимают отдельные, наиболее крутые, участки склонов с обильными выходами горных пород [4].

Геоботанические описания (21 на 7 постоянных пробных площадях, размером 400 м² каждая, объединенных в одну катэну) проводились по методике Сукачева – Зонна [6] в разные периоды весны-лета (середина июня, середина июля, конец августа – начало сентября) в течение трех лет (2007 – 2009 гг.) в рамках более масштабного изучения флоры и растительности левобережных предгорий Восточного Саяна [4, 5]. В 2009 г. описания производились лишь в июне и июле, после чего полевые работы на катэне «Собакина речка» были приостановлены в связи с полным выполнением плана исследований. Как и на всех прочих заложенных в ходе исследования общего района катэнах, пробные площади на ней располагались по случайной прямой линии через 40-50 м по вертикали по градиенту удаления от реки Енисей. Далее под катэной «Собакина речка» будет пониматься территория, занятая лесостепными и подтаежными лесами сопки левого берега р. Собакиной, а под общим районом исследования – территория, занятая соответствующими зональными лесами сопки левого берега (по отношению к реке Енисей) предгорий Восточного Саяна.

Во все годы работ на территории общего района исследований (2006 – 2009 гг.) его травяно-кустарничковый ярус (ТКЯ) изучался наиболее тщательно, с одной стороны, в связи с его наибольшим вкладом в общий список растений, подлежащих флорогенетическому анализу, а с другой – по причине его повышенной лабильности, которая затрудняла единовременное выявление всех характерных для той или иной локации его видов. По результатам рекогносцировочных работ было выяснено, что катэна «Собакина речка» имеет максимальную представленность лесостепных и подтаежных лесов на всех высотах, между тем как более западные катэны имеют более низкую границу подтаежной растительности (до 450 м абс.), а более восточные по необходимости включают в себя степные сообщества на различных своих высотах [4].

Все исследованные сообщества (100 %) катэны «Собакина речка» принадлежат к формациям сосновых лесов (среди формаций, характерных для общего района исследований, их доля составляет 89,7 %). Все они достаточно сходны по своей общей структуре, которую можно записать как *Pinus sylvestris* (+ *Betula pendula*) – *Spiraea media* (+ *Cotoneaster melanocarpus*) – (*Brachypodium pinnatum* или *Carex macroura*) + *Rubus saxatilis* + *heteroherbae*). Для всех семи пробных площадей оказались также характерны одна или несколько остепненных луговых синузид (с *Pulsatilla flavescens*, *Artemisia tanacetifolia*, *Artemisia glauca* и др.). Сомкнутость крон деревьев на пробных площадях составляет, в среднем, около 70 % (от 55 до 75 %), совокупное проективное покрытие кустарников – 20 % (от 15 до 30 %), совокупное проективное покрытие ТКЯ – около 60 % (в летние месяцы от 25-40 до 75-90 %).

Количество подроста на пробных площадях сильно различается – от 0 до 15000 экземпляров на гектар. Основную массу подроста составляет сосна, в меньшей мере присутствуют береза и осина. Малочисленность и неблагонадежность подроста на некоторых площадях связаны, большей частью, с периодическими пожарами, которые в то или иное время затрагивают почти все участки левого берега р. Собакиной. Крайне редкая в древесном ярусе лиственница в подросте найдена не была. Обращает внимание также полное отсутствие подроста пихты, с одной стороны, и подлеска из древовидной караганы (*Caragana arborescens*) – с другой. Сам подлесок состоит преимущественно из таволги средней (*Spiraea media*), включая в себя также некоторые пребореальные виды – иву козью (*Salix caprea*), шиповник майский (*Rosa majalis*), рябину сибирскую (*Sorbus sibirica*).

Коэффициент перекрывания травяно-кустарничкового яруса (сумма проективных покрытий видов,

деленная на общее проективное покрытие яруса) по временам года имеет почти вдвое больший диапазон значений (от 1,16 до 1,39), чем средний по площадям (от 1,23 до 1,31), что указывает на то, что в течение вегетационного периода (за исключением, разумеется, ранней весны) площадь занятой ТКЯ почвы увеличивается незначительно. Это, несомненно, связано с наличием на пробных площадях стволов деревьев, валежника, гниющих древесных остатков, а в некоторых случаях – выходов скальных пород или мохового покрова. Последний, представленный в основном *Pleurozium schreberi* и *Hylocomium splendens*, впрочем, имеет незначительное проективное покрытие на пробных площадях (не более 2 %) либо вовсе отсутствует.

Общее число видов ТКЯ, обнаруженных за три года работ на катэне «Собакина речка», составило 124. С учетом видов древесного (4) и кустарникового (7) ярусов совокупное число их становится равным 135, составляя 55 % от выявленных на территориях сходных местообитаний в рамках левобережных предгорий Восточного Саяна видов (247 [5]). Число видов, выявленных в ходе исследования на катэне, практически не изменялось (находилось в интервале 90-94) в течение вегетационного периода (за исключением ранней весны, точных описаний во время которой не проводилось), что свидетельствует о том, что почти все характерные для данных площадей виды (за исключением редких) были найдены. Практически не изменялось оно также и от года к году (находилось в интервале 88-92), что подтверждает единообразие использования методики.

Однако если на одной пробной площади одновременно (месяц описания не имел решающего значения) произрастало 35-45 видов, то за три года число выявленных на площади видов возрастало до 50-70. В частности, за второй год исследований общее число обнаруженных на конкретной площади видов возросло, в среднем, на 25 %, а за третий – на 20 %. Можно предположить, что реальное число видов на конкретной площади, включая очень редкие, может, при условии продолжения мониторинга, оказаться еще на 20-25 больше. Увеличение учтенного числа видов связано, несомненно, с тем, что многие популяции растений ТКЯ на конкретном участке получают развитие в разные годы, периодически оказываясь малодоступными для выявления, причем основная масса таких популяций развивается на разных локациях асинхронно (что и позволяет получать приемлемые данные по видовому составу при невысоких объемах работ – около 20-30 описаний близких сообществ). Более точных выводов о синхронности развития популяций, а также о предположительном объеме полного видового списка конкретных пробных площадей сделать, к сожалению, не представляется возможным ввиду недостаточной длительности данного мониторинга.

Ниже приводятся результаты флорогенетического анализа списка видов ТКЯ, выявленных в течение трех лет на катэне «Собакина речка». Кроме того, с помощью фитоценотического индекса (ФЦИ, %) был произведен анализ количественной структуры ее сообществ. Данный индекс находится как произведение относительной встречаемости вида и его усредненного проективного покрытия в конкретных ценозах [1]. Кроме того, ограниченный список видов с наибольшим ФЦИ также был рассмотрен в свете проведенного флорогенетического анализа.

Из 124 видов ТКЯ многолетними является подавляющее большинство – 95 %, на долю всех прочих (двулетних) приходится менее 5 %, причем однолетних видов обнаружено не было. Из представителей раункиеровских жизненных форм наибольшее значение имеют гемикриптофиты (71 %), менее представлены криптофиты (20 %) и гемитерофиты (5 %), что характерно для лесов бореальной зоны. Был найден также один тяготеющий к ТКЯ нанофанерофит – внеярусная лиана *Atragene speciosa*.

Доли мезофитов (49 %), мезоксерофитов (33 %), ксерофитов и мезогигрофитов в списке видов катэны «Собакина речка» практически полностью совпадают со спектром групп по отношению влажности почвы общего района исследований [5]. Чуть менее значительно на катэне участие группы ксерофитов (11 % против 14 %).

Ареалогический спектр ТКЯ катэны представлен преимущественно евроазиатскими (31 %), евросибирскими (23 %) и североазиатскими (13 %) и, в меньшей степени, южносибирскими (9 %), голарктическими (8 %) и монголо-южносибирскими (7 %) видами, что утверждает связь флоры яруса как с азиатской бореальной флорой, так и с южносибирской суббореальной. Тем не менее доля южносибирской и монголо-южносибирской групп в списке видов катэны ощутимо меньше, чем их доля в списке общего района исследований (15 и 13 % [5] соответственно), что объясняется меньшей оstepненностью левобережья р. Собакиной.

В спектре поясno-зональных групп видов значительна доля светлохвойно-лесных (41 %) и лесостепных (28 %) видов. По относительной совокупности их на 10 % больше, чем по общему району исследований. Доля адвентивных (рудеральных и сегетальных) видов, напротив, намного меньше значительна (1,6 % против 4,6 % [5]), что указывает на относительно слабую антропогенную затронутость местообитаний. Последнее тем более удивительно, что катэна как бы соединяет крайние северо-западную и юго-западную части города, отсекая глубоко вдающийся на восток низкорослый лесной клин. Среди прочих важных групп видов стоит отметить пребореальную (8 %), темнохвойно-лесную (6,4 %) горно-степную (5,6 %) и собственно степную (4,0 %) группы.

Наибольшим ФЦИ в травяно-кустарничковом ярусе обладают *Carex macroura* (13,81 %), *Brachypodium pinnatum* (7,65 %), *Rubus saxatilis* (4,17 %), *Thalictrum minus* (3,38 %), *Lupinaster pentaphyllus* (3,33 %), *Phlomis tuberosa* (2,67 %), *Artemisia tanacetifolia* (2,45 %), *Calamagrostis arundinacea* (2,16 %), *Vicia unijuga* (1,84 %), *Vicia megalotropis* (1,45 %), *Pulmonaria mollis* (1,41 %), *Adenophora lilifolia* (1,39 %), *Lathyrus humilis* (1,31 %), *Pulsatilla flavescens* (1,10 %). Непременным участником сообществ (встречаемость 100 %) является также *Galium boreale*, однако его ФЦИ несколько ниже, составляя 0,52 %. Значения ФЦИ головного списка видов ТКЯ катэны «Собакина речка» значительно выше таковых для лесостепных и подтаежных лесов левобережных предгорий Восточного Саяна [5] в силу значительно большей однородности местообитаний на катэне.

В числе 14 видов с наиболее высоким ФЦИ присутствуют лишь виды светлохвойно-лесной (10) и лесостепной (4) поясно-зональных групп, что хорошо соотносится с фактическим (подтаежным и лесостепным) высотно-поясным положением объединяющих их сообществ. В ареалогическом плане среди наиболее важных фитоценологических видов лесов левобережья р. Собакиной есть, с одной стороны, характерные для бореальных лесов России евроазиатские (5) и евросибирские (3), а также северо- и общеазиатские (по 1), а с другой – более специфичные монголо-южносибирские (2) и южносибирские (2) виды, причем один из них, *Carex macroura*, имеет наибольший ФЦИ среди всех видов ТКЯ.

Как и все левобережные предгорья Восточного Саяна, сопки левобережья р. Собакиной крайне привлекательны для проведения многолетнего геоботанического и флористического мониторинга. Их научная ценность не исчерпывается одной лишь возможностью познания динамики лесостепных и подтаежных сообществ, но, поскольку они располагаются фактически на административных границах города Красноярска, велик их потенциал и как объектов природоохранного мониторинга.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буторина Т.Н. Эколого-ценотический анализ кустарничково-травяного яруса лесных ассоциаций // Типы лесов Сибири. М.: Наука, 1963. С. 30-51.
2. Климатологический справочник СССР. История и физико-географическое описание метеорологических станций и постов / Красноярская гидрометеорологическая обсерватория. Вып. 21. Красноярск, 1967. 369 с.
3. Краснощевых Ю.Н., Вишнякова З.В., Коновалова М.Е. Генетические и биологические особенности лесных почв низкогорий северо-западной части Восточного Саяна // Вестник Красн. гос. ун-та. Естественные науки. Вып. 5. Красноярск, 2005. С. 67-74.
4. Первушин А.В. Флора и растительность остепненных склонов западных окрестностей города Красноярска // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: Мат. VI Межд. науч.-практ. конф., 25-28 октября 2007 г., Барнаул. С. 44-45.
5. Первушин А.В. Фитоценологические и флористические особенности лесостепных и подтаежных лесов западных окрестностей Красноярска // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: Мат. VII Межд. науч.-практ. конф., 21-24 октября 2008 г., Барнаул. С. 246-249.
6. Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 144 с.
7. Чередникова Ю.С., Молокова Н.И., Перевозникова В.Д. Особенности типологической структуры лесов г. Красноярска // Ботанические исследования в Сибири. Вып. 7. Красноярск: КГПУ, 1999. С. 176-180.

УДК 631.4

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ ПОЙМЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ В ЗОНЕ СТРОИТЕЛЬСТВА БОГУЧАНСКОЙ ГЭС

Т.В. ПОНОМАРЕВА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Гидрохимический режим водохранилища определяется гидрологическими условиями и потоками веществ, поступающих в водоем от различных источников (транзитный поток самой реки, вымывание растворимых веществ из почв и растительности ложа водохранилища при затоплении и т.д.). В данной статье приводится микроэлементный состав и коэффициенты концентрации элементов в пойменных почвах бассейна р. Ангара в зоне строительства водохранилища Богучанской ГЭС.

Влияние водохранилищ на природные условия окружающей территории относится к разряду новых проблем и поэтому изучено недостаточно [3, 5]. Сегодня известно, что в результате масштабных гидротехнических преобразований основательно нарушаются ландшафты не только в поймах, но и в долинах рек. Последствия этих влияний на долинны ландшафты крупных рек отмечается на расстоянии до 100 км вдоль по течению и в полосе до 5-10 км вглубь обоих берегов реки [1]. Поэтому особенно

актуальным становится вопрос трансформации пойменных почв под воздействием деятельности человека.

Гидрохимический режим водохранилища будет определяться гидрологическими условиями и потоками веществ, поступающих в водоем от различных источников. Смена текучих вод на застойные (озерные) приведет к накоплению в водохранилище растворимых и взмученных минеральных и органических веществ (фенолов, тяжелых металлов, твердых частиц и др.). Химические вещества затопленных природных и антропогенно-преобразованных почв в той или иной степени будут оказывать влияние на качество воды. При определенных условиях минеральные и органические вещества почв будут переходить в водную массу и, наоборот, – из воды в почву (гидрохимический поток с двумя противоположно направленными движениями элементов и веществ).

В прибрежной части р. Ангара и ее притоков наибольшее распространение среди минеральных почв имеют аллювиальные слоистые, аллювиальные серогумусовые (дерновые), аллювиальные перегнойно-глеевые, серогумусовые (дерновые), серые, торфяно- и торфянисто-подзолисто-глеевые. В пойме доминируют преимущественно полугидроморфные (периодически переувлажняемые) и гидроморфные (постоянно переувлажненные) луговые и лугово-болотные почвы под травяными растительными сообществами. На террасах распространены главным образом мезоморфные (нормального увлажнения или суходольные) лесные почвы, а также гидроморфные (торфяные болотные, лугово-болотные) почвы. Преобладают почвы песчано-супесчаного и легко- и среднесуглинистого гранулометрического состава. В результате строительства Богучанской ГЭС и заполнения водохранилища произойдет существенное изменение структуры почвенного покрова. Затопленными будут почвы поймы и подтопленными – почвы надпойменных террас.

Целью данной работы является оценка содержания микроэлементов в пойменных почвах, попадающих в зону затопления после заполнения водохранилища Богучанской ГЭС. Тяжелые металлы, попадая в водоем, испытывают ряд изменений, участвуя в процессах сорбции, комплексообразования, осаждения, коагуляции и т.п. Роль затопленных почв в миграции химических соединений двойка: они могут служить как источниками загрязнения воды, так и ее очистителем (водорастворимые химические и биологические вещества сорбируются минеральной и органической фазой почвы и переходят в неподвижные формы соединений). На основе химического состава почв и миграции элементов в системе «вода – затопленные почвы» можно судить о наличии или отсутствии опасности вторичного загрязнения вод.

Исследование почвенного покрова зоны затопления проводилось маршрутно-ключевым методом. Ключевые участки (КУ) в виде почвенно-экологических профилей, которые выбирались по топографическим картам, закладывались на протяжении всего предполагаемого ложа водохранилища Богучанской ГЭС. Основная часть площади глубоководнозатопленных земель представлена аллювиальными почвами (52 %), на долю различных подтипов дерново-подзолистых почв приходится 25 %. Относительное участие дерновых и серых почв не превышает 12 %. Почвы зоны затопления характеризуются относительно небольшой мощностью почвенного профиля. Реакция почвенной среды в верхних органогенных горизонтах преимущественно слабокислая, реже кислая, в минеральных горизонтах слабокислая – нейтральная, реже щелочная. Аллювиальные и дерновые почвы, развитые на аллювиальных отложениях, обеднены обменными катионами. По содержанию органического вещества исследованные почвы относятся к средне- и малогумусным, за исключением периодически затопляемых пойменных почв, которые по содержанию гумуса могут быть отнесены к перегнойным и многогумусным.

Химические анализы почвенных образцов на содержание в них микроэлементов выполнены с использованием метода атомно-абсорбционной спектроскопии [7].

Основными элементами, переходящими из почв в воду после затопления, будут гидроксиды железа, марганца, карбонаты, органические кислоты и ряд микроэлементов. Для проведения оценки содержания потенциально опасных веществ были определены валовые концентрации Fe, Mn, Zn, Cu, Cr, Ni, Pb, Co, Cd в почвах на пяти ключевых участках, расположенных в зоне затопления Богучанским водохранилищем. Оценка уровня загрязнения почв тяжелыми металлами дана на основании шкалы интенсивности загрязнения [4] и существующих нормативных документов [7, 8].

Медь. Кларк Cu в почвах – 0,002 %, или 20 мг/кг. ПДК меди составляет 55 мг/кг. Медь концентрируется главным образом в органогенных (Ов, О) и грубогумусовых (АО) горизонтах, а также в глееватых (Bg), которые являются геохимическими барьерами по отношению к этому элементу. В почвах, обогащенных органическим веществом, подвижность меди меньше, чем в минеральных.

Никель. Кларк никеля в почвах – 0,004 %, или 40 мг/кг. ПДК никеля составляет 85 мг/кг. Никель легко адсорбируется глинами и образует растворимые комплексы с органическими соединениями [6].

Кобальт. Кларк Co в почвах равен 0,008 %, т.е. 80 мг/кг. В биосфере кобальт мигрирует слабо и преимущественно рассеивается. В гумидных (влажных) ландшафтах Co выщелачивается из почв. Большая часть кобальта мигрирует с глинистыми взвесями.

Свинец. Кларк Pb – 0,001 %, или 10 мг/кг. ПДК свинца в почвах составляет 20 мг/кг. В ландшафте свинец преимущественно мигрирует в бикарбонатной форме $Pb(HCO_3)_2$, в органических комплексах, а

также механическим путем с глинистыми частицами. В целом подвижность свинца в почвах слабая.

Хром. Кларк Cr в почвах равен 0,02 %, т.е. 200 мг/кг. В ландшафтах преобладают малорастворимые соединения хрома. Он входит в состав всех животных и растений. Для него характерен низкий коэффициент биологического поглощения и отсутствие биогенной аккумуляции в гумусовых горизонтах почв.

Железо. Кларк Fe в почвах равен 3,8 %, т.е. 38000 мг/кг. По химическим свойствам железо близко к никелю, оно также образует легкорастворимые хлориды, сульфаты и практически нерастворимый сульфид.

Марганец. Кларк Mn в почвах равен 0,085 %, т.е. 850 мг/кг. ПДК марганца в почвах составляет 1550 мг/кг. Для марганца характерна биогенная аккумуляция, вследствие чего максимальные концентрации элемента обнаруживаются в органогенных горизонтах почв. Содержание этого элемента в профиле почв колеблется в широких пределах.

Цинк. Кларк Zn в почвах равен 0,005 %, т.е. 50 мг/кг. ПДК цинка в почвах составляет 100 мг/кг. В кислых и слабокислых растворах цинк образует легкорастворимые соли. pH выпадения гидроокиси цинка 6,8, поэтому в нейтральных и слабощелочных растворах он малоподвижен. В кислых гумидных ландшафтах Zn активно мигрирует с гидрокарбонатными водами и в форме органических соединений входит в поглощающий комплекс.

Результаты исследований показали, что концентрации элементов убывают в ряду: Fe>Mn>Zn>Cu>Cr>Ni>Pb>Co>Cd (табл. 1). Концентрации элементов варьируют в широких пределах как в органогенных, так и в минеральных горизонтах. Кадмий содержится в следовых количествах.

Таблица 1. Валовое содержание элементов (в мг/кг) в почвах пойменных ландшафтов

Элемент	Горизонты					
	органогенные		минеральные		почвообразующая порода	
	min	max	min	max	min	max
Медь	5,0	16,9	5,6	29,9	5,2	35,9
Никель	1,8	21,6	6,8	31,0	3,2	33,3
Кобальт	1,0	4,2	1,6	10,6	1,7	9,4
Свинец	2,6	15,9	3,7	15,0	4,5	14,7
Хром	1,8	18,6	5,5	35,9	4,5	32,3
Железо	630	9710	4710	29460	5960	31050
Марганец	170	885	170	1561	108	764
Цинк	24,4	183	10,9	93,2	10,2	49,9

Для сравнительного анализа и расчета коэффициента концентрации (Кк) использованы кларки элементов в почвах по А.П. Виноградову [2]. Коэффициент Кк рассчитывался по формуле: $K_k = A / K$, где А – концентрация химического элемента в исследуемом объекте, К – кларк элемента в почвах.

Коэффициенты концентрации (Кк) перечисленных элементов по шкале интенсивности загрязнения почв характеризуют исследуемые почвы как естественные (незагрязненные) (табл. 2). По значению Кк элементы выстраиваются в следующем порядке: Mn>Fe>Zn>Pb>Cu>Ni>Cr>Co. Для марганца и цинка наблюдаются максимумы в органогенных горизонтах. Остальные элементы имеют максимальные концентрации в минеральных горизонтах. Для большинства почв характерны низкие коэффициенты концентрации (<1). Для кобальта и хрома характерны особенно низкие коэффициенты концентрации и схожая схема распределения в почвенном профиле.

Таблица 2. Коэффициенты концентрации микро- и макроэлементов в почвах пойменных ландшафтов в районе строительства БогЭС

Название ключевого участка	Номер разреза	Горизонт	Коэффициент концентрации микроэлементов							
			Cu	Pb	Ni	Mn	Fe	Zn	Co	Cr
Недокура	1НК-07	AY	0,47	1,08	0,42	0,2	0,26	0,49	0,05	0,05
		C1	0,68	0,78	0,53	0,36	0,39	0,75	0,07	0,09
		C2	0,44	0,41	0,39	0,13	0,2	0,2	0,04	0,04
	9НК-07	O	0,4	0,61	0,09	0,52	0,06	1,13	0,02	0,02
		AY	0,26	0,63	0,28	0,3	0,23	0,4	0,04	0,06
		B	0,5	0,77	0,52	0,2	0,37	0,47	0,06	0,09
Кова	3К-07	BC	0,38	0,61	0,39	0,19	0,2	0,3	0,04	0,05
		O	0,41	1,59	0,08	0,64	0,1	0,8	0,02	0,03
		AY	0,23	1,24	0,1	0,35	0,29	0,66	0,03	0,04
Проспихино	2Пр-07	BC	0,26	1,45	0,08	0,9	0,16	0,51	0,02	0,02
		O	0,85	0,85	0,21	0,83	0,05	3,66	0,04	0,04
		AY	1,2	1,17	0,54	1,04	0,4	1,78	0,1	0,09
		BT	1,8	1,15	0,83	0,52	0,82	1	0,15	0,14

Название ключевого участка	Номер разреза	Горизонт	Коэффициент концентрации микроэлементов							
			Cu	Pb	Ni	Mn	Fe	Zn	Co	Cr
Кода	1Кд-07	О	0,45	0,76	0,1	0,74	0,05	0,88	–	0,02
		АУ	0,4	0,77	0,14	0,77	0,13	0,6	0,03	0,04
		ЕЛ	0,25	0,37	0,16	0,45	0,12	0,22	0,04	0,04
		ВТ	0,67	0,48	0,4	0,46	0,36	0,57	0,06	0,09
Чадобец	1Ч-07	О	0,56	0,83	0,21	0,66	0,18	0,83	0,04	0,05
		АУ	0,65	1,17	0,43	0,57	0,44	0,66	0,1	0,1
		С	1,2	1,25	0,78	0,42	0,71	0,78	0,12	0,16

Содержание и запасы микроэлементов в почвах не превышают установленных ПДК [8]. Содержание микроэлементов в пойменных почвах в зоне Богучанского водохранилища определяется в основном химико-минералогическим составом материнских пород, поскольку почвы, попадающие в зону затопления, ранее не подвергались техногенному загрязнению. Низкая интенсивность сельскохозяйственной и промышленной эксплуатации почв прибрежной территории Ангары позволяет говорить о слабом влиянии затопленных почв на качество воды водохранилища.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авакян А.Б. Водохранилища /А.Б. Авакян, В.П. Салтанкин, В.А. Шарапов. М.: Мысль, 1987. 325 с.
2. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 238 с.
3. Владыченский С.А. Влияние водохранилища на почвы // Почвоведение, 1958, 9. С. 70-79.
4. Добровольский В.В. Основы биогеохимии / В.В. Добровольский. М.: Academia, 2003. 397 с.
5. Назаров Н.Н. Переработка берегов равнинных водохранилищ России на современной стадии развития (конец XX – начало XXI вв.) // География и прир. ресурсы, 2006, 12. С. 12-19.
6. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М.: Географ. изд-во, 1966. 496 с.
7. РД 52.18.191-89 Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов (меди, цинка, свинца, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом.
8. СанПиН 42-128-4433-87. Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве.

УДК 630*

САМООРГАНИЗАЦИЯ ДУБНЯКОВ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

А.Н. ПРИЛУЦКИЙ¹, М.И. ФИСЕНКО²

¹Ботанический сад-институт ДВО РАН, Владивосток

²Уссурийская астрофизическая обсерватория ДВО РАН, п. Горнотажное

АННОТАЦИЯ

Показано, что экологический ряд дубняков может быть представлен в виде распределенной в пространстве надорганизменной системы, состоящей из локальных фитоценозов. В результате статистического анализа параметров состояния в ней выделено две подсистемы. Причиной самоорганизации дубняков служит функциональная дифференциация локальных популяций дуба из-за неодинаковой гетерогенности среды.

Продолжительная история поисков принципа пространственной и функциональной интеграции растительного покрова описательными методами заканчивается. Ее итог – отсутствие согласия не только в оценках уровня организованности растительности, но даже в вопросе о возможности появления в ней упорядоченных структур. Выход из тупика состоит в переходе к системному подходу, основанному на теории самоорганизации. Но менять концепцию, вводя в методологию аппарат неравновесной термодинамики и теории информации, фитоценологи не спешат. Они уверены, что из-за отсутствия в растительном покрове структур, накапливающих и перерабатывающих информацию, порядок в нем устанавливаться не может [5]. Отсутствие ясности в вопросе о принципах организации растительности, обусловленное инертностью исследовательского процесса, затрудняет разработку научных основ экосистемного управления лесами. В сложившейся ситуации нет смысла обсуждать теоретические аспекты проблемы ценоза. Просто нужно найти в растительном покрове хотя бы признаки самоорганизации. Но обоснованность подхода, строгость методологии и точность в ее применении должны обеспечить доказательность заключений. Очевидно, указанным условиям удовлетворяют лишь формальные подходы, которые опираются на фундаментальные закономерности.

Теория утверждает, что самоорганизация происходит вдали от состояния термодинамического

равновесия. В растительном покрове равновесие нарушают градиенты факторов среды, поэтому реальным объектом самоорганизации должен быть экологический ряд. Поскольку самоорганизация ведет к увеличению порядка, для доказательства ее причастности к дифференциации растительности достаточно показать, что экологический ряд можно представить в виде системы, распределенной в пространстве.

Упорядоченность обнаружена нами в растительных группировках, развившихся в результате восстановительной сукцессии на вырубках 70-80-летней давности. Эдификатор всех сообществ – *Quercus mongolica*. В дубняках лимитирующим фактором является увлажнение эдафотопов. Учитывая это, гипотетическую систему сформировали из семи локальных сообществ по условиям почвенного увлажнения, охватившего весь диапазон местообитаний дуба. В ней представлены очень сухие (Д-I), сухие (Д-II), свежие (Д-III и Д-IV) и влажные (Д-V) типы дубняков (табл. 1). Пробные площади заложены с учетом региональной схемы дубовых типов леса, составленной Б.П. Колесниковым [2].

Таблица 1. Показатели состояния дуба монгольского в различных условиях увлажнения

Индекс типа леса	Видовой состав основного яруса древостоя	Плотность ценопопуляции дуба, стволов/га	Показатели условий водного питания растений			Модальность фенотипа, в % от предельной
			Запас воды в 1 м слое почвы, мм (W)	Диапазон активной влаги, мм (D)	Энтропия водного режима почвы	
Д-I	10Д	2066	130	100	1,95	36
Д-II	9Д1Бд	959	150	140	2,41	57
Д-III	10Д+Лпа	543	170	150	2,58	100
Д-IV	9Д1Бд+Лпа	630	180	170	2,41	46
Д-Va	5Д3Бд1Лпа 1Ям+Яг	410	>200	170	2,24	42
Д-Vб	6Д3Бд1Лпа+Клм	569	>200	170	2,24	42
Д-Vв	5Д3Бд1Бм1Дпа+Клм	337	>200	170	2,24	42

В горных ландшафтах обеспеченность водой играет роль ключевого условия существования растений и в однородных элементарных сообществах, определяемых как фитоценоз, и в неоднородных растительных комплексах – экологических рядах. Осваивая водные ресурсы места обитания, растение реализует их в свою фитомассу. Ростовые процессы, непосредственно зависящие от условий жизнедеятельности, стабилизируются нормированием размеров организмов и плотностью заселения биотопа. Поэтому в растительных группировках роль параметров порядка принадлежит размерным характеристикам. В частности, адекватное представление о сукцессии можно получить путем изучения соотношения между числом деревьев и диаметром их стволов. В этом случае распределение деревьев по ступеням толщины стволов образует временной ряд, отражающий динамику возрастного развития локальной популяции. Что касается таксономического аспекта организации растительности, то постоянство видового состава существующих группировок обеспечивается не столько гомеостазом, сколько их низкой чувствительностью к изменениям среды [3]. Поэтому привлечение данной характеристики для выяснения принципов организации растительности признано неактуальным.

В соответствии с положениями теории самоорганизации каждому элементарному фитоценозу придано значение неравновесной системы, стремящейся к стационарному состоянию. Выборки, составленные по данным таксационного описания древостоев, анализировали с помощью программы Origin 6.1. Качество подгонки теоретической кривой к эмпирической проверяли коэффициентом детерминации R^2 . Соответствие моделей нормальному закону тестировали критерием согласия Колмогорова – Смирнова K.-S. Distantly программы SigmaStat 3 Demo в подпрограмме Normality Test. Слабые сигналы выделяли и усиливали суммированием распределений изучавшихся признаков.

Признаком сбалансированной динамики внутренних процессов живой системы является нормальное распределение ее жизненно важных параметров [2]. Гипотеза достижения ценозом стационарного состояния принимается в случае тестирования кривой критерием K.-S. Dist. с положительной оценкой (Passed). Отрицательный результат тестирования (Failed) ее опровергает. В последнем случае считали, что в ценопопуляции, которой принадлежит выборка, протекают нестационарные процессы. Невозможность аппроксимировать распределение исследуемой совокупности данных гауссианой понималось как признак слабой организации изучаемой группировки растений. Экспоненциальный тип распределения рассматривался как указание на неравновесное состояние, вызванное преобладанием процессов распада. Результаты аппроксимации эмпирических кривых распределения исследуемых признаков, построенных для локальных фитоценозов и всего экологического ряда, приводятся в табл. 2.

Таблица 2. Итоги аппроксимации распределений эмпирических частот нормальной кривой

№№ пп	Номера постоянных пробных площадей,	Группы типов леса	R ²	Критерии согласия		
				Критерий Колмогорова – Смирнова		
				K.-S. Dist.	P	Оценка гипотезы
1	ППП 10	Д-I	0,93	Нисходящая экспонента		
2	ППП 11	Д-II	0,96	0,290	P<0,001	Failed
3	ППП 12	Д-III	0,88	0,177	P = 0,060	Passed
4	ППП 13	Д-IV	0,76	0,197	P = 0,009	Failed
5	ППП 14	Д-Va	0,90	0,250	P = 0,001	Failed
6	ППП 15	Д-Vб	0,78	0,265	P<0,001	Failed
7	ППП 16	Д-Vв	0,38	Мультипиковая кривая		
8	ППП 16 (класс 1)		0,87	0,137	P>0,200	Passed
9	ППП 16 (класс 2)		0,85	0,227	P = 0,200	Passed
10	ΣППП 11-16		0,96	0,216	P = 0,002	Failed

Статистическое сравнение состояния локальных популяций дуба (в группах типов леса) показывает:

Д-I – это группировка обособленных деревьев дуба, не связанных регуляторными взаимодействиями;

Д-II – организованное сообщество, в котором протекают нестационарные процессы;

Д-III – ценопопуляция, которая находится в стационарном состоянии естественного оптимума;

Д-IV – организованное сообщество, в котором протекают нестационарные процессы;

Д-Va – сообщество, неустойчивое из-за развитых нестационарных процессов;

Д-Vб – нестабильное сообщество, стремящееся к распаду на две ветви;

Д-Vв – две локальные ценопопуляции дуба, находящиеся в стационарном состоянии;

Д-ΣППП 11-16 – функционально единая нестационарная система элементарных популяций (экологический ряд).

При анализе распределения Д-Vв подпрограмма распознавания образов разделила исходное распределение на 2 класса. Эмпирические распределения частот обоих классов аппроксимированы нормальными кривыми. Первая выборка, ППП 16 класс 1, сформирована молодыми деревьями, во вторую, ППП 16 класс 2, вошли средневозрастные деревья. В обоих случаях качество подгонки моделей удовлетворительное. Тестирование критерием Колмогорова – Смирнова подтвердило гипотезу стационарного состояния групп деревьев оценкой $P \geq 0,200$ (Passed).

Дифференциация древостоя Д-Vв на две относительно независимые группы фенотипов интерпретируется как итог локальной неустойчивости, возникающей в растительном покрове из-за гетерогенности условий среды. Очевидно, здесь происходит выработка специализированных фенотипов, адаптирующая популяцию к слишком широкой амплитуде колебаний факторов среды. Сдвиги в генетике популяции, ведущие к появлению двух генетических оптимумов, обеспечивает дизруптивный отбор.

Нестабильность генетических параметров в ценопопуляции высокотравных дубняков не может оставаться изолированным явлением. Свободная миграция генов по всей системе насаждений экологического ряда вызывает нарушения системного гомеостаза других элементарных популяций, инициируя стабилизирующий отбор и сдвиг оптимальных генных частот на новый уровень. Подтвердив повышенный полиморфизм дуба во влажных дубняках, мы получим основание отнести его к числу активно эволюционирующих видов. Но уже сейчас, рассматривая β -разнообразие современных сообществ дуба как результат перманентной адаптации его генофонда к неравновесному состоянию среды, мы вправе понимать экологический ряд дубняков не только как пространственную структуру растительного покрова, но и как ее временной ряд. То есть экологический ряд – это не искусственная конструкция, а вектор адаптивной эволюции, совпадающий с градиентом среды. Обеспечивая глубокую специализацию дуба к физическим условиям ареала, адаптивные перестройки превращают его в эдификатора растительности.

Выполненное в прошлом сравнение чувствительности различных фенотипов дуба к колебаниям факторов внешней среды показало высокую устойчивость гомеостаза в Д-III [4]. Повышенная эффективность процессов биологической автооптимизации была обнаружена также в Д-II и Д-IV, по условиям водного питания граничащих с Д-III. Напротив, фенотипы Д-I и Д-V периферийных областей экологического ареала дуба получили низкие оценки гомеостаза. В конечном итоге высокая стабильность работы функциональных систем дуба в Д-III послужила основанием считать доминирующий там фенотип модальным, а параметры увлажнения его эдатопа видовым оптимумом условий существования.

Результаты статистического анализа пространственной динамики состояния метасистемы дуба в целом не противоречат данному выводу. Аппроксимировав распределения деревьев по ступеням толщины в Д-II, Д-III и Д-IV нормальной кривой, мы получили право признать состояние ценопопуляций

этих типов леса стационарным или близким к таковому. Иными словами, фенотипы центральной части экологического ряда проявляют свойства, характерные для устойчивых комплексов более или менее тесно взаимодействующих объектов. В живой природе такого рода комплексы возникают в результате объединения неустойчивых процессов в устойчивую систему, т.е. путем самоорганизации. Экологический ряд дубняков – это надорганизменная система, возникшая в результате макроэволюционной самоорганизации популяции дуба монгольского в неравновесной среде. Она состоит из двух подсистем.

Ценопопуляция Д-V – термодинамическая система с открытым информационным стереотипом, которая функционирует в неравновесной среде и сама находится вдали от равновесия. Адаптируясь к колебаниям экологических факторов среды, она оптимизирует свое состояние, превращая периодичность внешней среды во внутренние ритмы. Иными словами, извлекая информацию из внешней среды, она усваивает ее и превращает во внутреннюю информацию. Поступление новой информации порождает в ней внутреннюю неустойчивость, вслед за чем она бифуркирует в две уже устойчивые ветви.

Ценопопуляции Д-II, Д-III и Д-IV – локальная термодинамическая система, стремящаяся к стационарному состоянию. Тенденцию к достижению стационарного состояния в полной мере реализует ценопопуляция Д-III, которая обладает модальностью по отношению к ценопопуляциям граничащих с ней типов леса. Информационный стереотип Д-III прямому воздействию информационных сигналов из физической среды не подвержен. О динамике условий его информируют миграции, прежде всего, поток генов из ценопопуляции Д-V. В функционально единой системе склоновых ценопопуляций дуба популяция Д-III, стационарная во времени и пространстве, может играть роль управляющего звена.

Группировка дуба Д-I – чистые или почти чистые древостои дуба очень сухих мест обитания – в настоящее время не могут быть признаны одной из субпопуляций единой популяционной системы. Нарушение генеративного процесса ставит под сомнение генетическое единство группировки дуба рододендроновых дубняков, а результаты статистического анализа подтверждают эту гипотезу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефимов Н.В. Справочник таксатора. Хабаровск, 1955. 132 с.
2. Зайцев Г.Н. Оптимум и норма в интродукции растений. М.: Наука, 1983. 267 с.
3. Любищев А.А. Проблемы формы, систематики и эволюции организмов. М.: Наука, 1982. 280 с.
4. Прилуцкий А.Н. Явление самоорганизации в сообществах дуба монгольского // Комаровские чтения. Вып. 52. Владивосток: Дальнаука, 2006. С. 188-198.
5. Федоров В.Д. Особенности организации биологических систем и гипотеза «вспышки» вида в сообществе // Вестник МГУ. Сер. биол., почвовед. 1970, 2. С. 71-81.

УДК 630*

ВЗРЫВ ЛЕСООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В КАРЛИКОВЫХ ЛЕСАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В.Н. СЕДЫХ

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Новосибирск

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается состояние сообществ из низкорослой сосны на болотах в районах нефтегазового комплекса Западной Сибири и замещения их высокопродуктивными насаждениями, возникшими на техногенных формах рельефа. Акцентируется внимание на особенности техногенных проявлений в лесообразовательном процессе в карликовых лесах.

На равнине Западной Сибири низкопродуктивные леса V, Va и Vб классов бонитета занимают около 54 % площади, покрытой лесом, или 33,5 млн га, что указывает на низкие качества лесорастительных условий на значительных пространствах этого региона. Из них насаждения Va и Vб классов бонитета приурочены преимущественно к заболоченным территориям.

Участки, примыкающие к суходолам, покрыты насаждениями Va класса бонитета, а периферические части их заняты обычно насаждениями Vб класса бонитета, переходящими в верховые болота с сомкнутыми сообществами из низкорослой сосны с примесью березы и кедра. Эти сообщества ни при лесоустройстве, ни при иных обследовательских работах не выделяются как леса и соответственно не картографируются. В связи с этим до сих пор остаются совершенно неизвестными громадные площади лесов продуктивностью ниже Vб класса бонитета, которых иначе как карликовыми не назовешь. Эти леса в большинстве своем состоят из чистых древостоев сосны. В лесной зоне Западной Сибири они распространены повсеместно, занимая торфяную залежь мощностью 0,5-2 м, подстилаемую

песчаными, супесчаными и суглинистыми отложениями озерно-аллювиального происхождения. Их развитие лимитируется сильной влагообеспеченностью местообитаний и практически отсутствием дренажа, что и является причиной низкой продуктивности насаждений.

Карликовые леса обычно разновозрастные, состоящие из особей возрастом 50-250 лет. Высота деревьев варьирует в пределах 1-7 м, диаметр соответственно – 2-20 см. Наиболее распространенными являются насаждения со средним возрастом 100-150 лет, высотой 2-5 м, диаметром 4-12 см, полнотой 0,3-0,6 с запасом 20-50 м³/га. Средний прирост деревьев по высоте составляет всего 2-4 см, что в 7-10 раз ниже среднего прироста суходольных сосняков V класса бонитета (табл. 1).

Таблица 1. Таксационная характеристика древостоев карликовых лесов

№ п/п	Состав	Возр., лет	Ср. выс., м	Ср. д., см	Кол-во дер. шт/га	Σ пл. сеч., м ² /га	Запас, м ³ /га	Ср. прирост по выс., см	МОДЕЛИ				
									Порода	Возр., лет	Высота, м	Д., см	Ср. прирост по выс., см
1	10С ед К	140	3	5	3500	7,1	10	2	С	124	3,5	3,6	3
									С	175	3,7	7,3	2
									С	132	2,7	3,2	2
2	10С ед К	180	3	5	3900	7,8	10	2	С	129	3,3	6,7	3
									С	177	4,7	10,6	3
									С	145	2,1	3,3	1
3	С	140	5	6	5300	17,5	40	4	С	125	5,4	8,5	4
									С	205	7,4	13,8	4
									С	86	3,0	2,6	3

Наряду с абсолютно разновозрастными древостоями нередко встречаются насаждения, состоящие из 2-3 поколений деревьев. Это, видимо, связано с климатическими колебаниями, приводящими к одновременной гибели какой-то части деревьев и дальнейшему одновременному появлению новых поколений. Нередко встречаются также насаждения, образованные относительно одновозрастными древостоями. Их появление обусловлено пожарами, приходящими из суходольных лесов в засушливые периоды времени. Напочвенный покров из осоки, багульника, кассандры и подбела в засуху становится активным проводником горения, что приводит на небольших площадях к сгоранию верхнего очеса торфяной залежи. После пожара тонкий зольный покров активно заселяется сосной, что и приводит впоследствии к образованию относительно одновозрастных древостоев в карликовых лесах.

Подрост в карликовых лесах присутствует повсеместно: возрастом 10-50 лет, высотой до 0,5 м в количестве от 500 до 5000 шт./га. В нем обычно доминирует сосна с примесью березы и кедра. Подрост характеризуется высокой жизнеспособностью, позволяющей ему надежно замещать отпад старовозрастных деревьев.

Подлеска в карликовых лесах обычно нет. Изредка встречаются некоторые виды ив, которые никаких группировок не образуют.

Нередко в составе карликовых лесов присутствуют сухостой и валеж, состоящий из деревьев, значительно превышающих размером сырораствующие деревья. Это свидетельствует о том, что карликовые леса возникли на месте насаждений Vб, Va и V классов бонитета в процессе заболачивания пологих склонов суходолов [2, 5, 1, 4, 3 и др.]. Процесс болотообразования протекал и протекает в течение всего голоцена, не испытывая влияния каких-либо катастрофических факторов. И только сейчас, в последние 50 лет, в центральной части Западной Сибири в результате освоения нефтегазовых месторождений эти леса подверглись резкому воздействию техногенных факторов в процессе прокладки дорог и трубопроводов, при строительстве различных площадных сооружений. Это привело к образованию техногенных форм рельефа в виде валов, бугров, гряд, сложенных субстратами, состоящими из торфа и песчаных грунтов, которые в настоящее время покрыты насаждениями из сосны, березы и осины, по продуктивности значительно превышающими фоновые суходольные и карликовые леса. Появление этих лесов естественным путем не назовешь иначе как взрывом лесообразовательного процесса в карликовых лесах, вызванных техногенным преобразованием лесорастительных условий карликовых лесов. Валы шириной 10-15 м и высотой 1-3 м в настоящее время заняты сосново-березово-осиновыми насаждениями возрастом 20-30 лет, полнотой 0,3-1,0 с запасом 20-50 м³/га. Они характеризуются таксационными показателями, равными насаждениям II-III класса бонитета. В возрасте 20 лет деревья в этих насаждениях могут достигать более 11 м – в местных лесах деревья не имели и не имеют такого размера. Средний прирост в этих насаждениях составляет 20-30 см, что в два раза превышает прирост суходольных лесов на гарях и в 5-10 раз превышает средний прирост в карликовых лесах (табл. 2).

Таблица 2. Таксационная характеристика древостоев, естественно возникших на валах

№ п/п	Состав	Возр., лет	Ср. выс., м	Ср. д., см	Кол-во дер., шт/га	Σ пл. сеч., м²/га	Запас, м³/га	Ср. прирост по выс., см	МОДЕЛИ				
									Порода	Возр., лет	Высота, м	Д., см	Ср. прирост по выс., см
вал высотой 1,0-1,5 м, шириной 8 м													
1	10С+Б ед.Ос	17	5,0	7,0	2800	10,4	30	29	С	14	3,1	2,3	22
									С	17	5,4	7,9	32
									С	19	7,0	10,5	37
вал высотой 1,5-3,0 м, шириной 10 м													
2	10С+Б, Ос	19	6,0	8,0	6700	16,3	50	32	С	18	3,8	4,5	21
									С	18	7,5	6,6	42
									С	20	11,4	6,3	51
вал высотой 1,0-1,5 м, шириной 8 м													
3	С	30	7,0	10	6850	25,2	110	27	С	26	2,9	1,8	11
									С	31	8,8	11,8	28
									С	34	9,0	14,0	26

Наряду с обильным подростом сосны, березы, осины повсеместно присутствует кедр, что указывает на будущую смену сосново-лиственных сообществ на кедровые насаждения. В подлеске повсеместно присутствуют шиповник и рябина, которые совместно с живым напочвенным покровом, состоящим из растений суходольных лесов, указывают на процесс образования насаждений высокой продуктивности.

Насаждения на валах стали благоприятным местом для обитания зайцев, грызунов, боровой дичи в результате появления на болотах кормовых ресурсов.

Таким образом, возникновение лесных экосистем техногенного происхождения не только увеличивает лесистость заболоченных территорий районов нефтегазового комплекса, но также и повышает продуктивность лесов в целом и их биологическое разнообразие. Причиной всему этому являются новые техногенные образования, характеризующиеся большой теплоемкостью, азрированностью рыхлого песчано-торфяного субстрата и дренажом, что и создало наиболее благоприятную среду для возобновления и развития лесной растительности. Несомненно, появление новых лесорастительных условий призывает к необходимости глубокого изучения этого явления и использования простых технических средств в деле повышения продуктивности лесов на заболоченных территориях. Это избавляет от использования сложных технологий воспроизводства лесов, которые в северных районах до сих пор себя не оправдали.

Пока неизвестно, как будут развиваться эти леса, но со всей очевидностью можно утверждать, что разрушительное воздействие техногенных факторов на болотных территориях с торфяной залежью небольшой мощности ведет к замещению болотных экосистем на лесные, что следует считать положительным явлением в районах нефтегазового комплекса Западной Сибири.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глебов Ф.З. Болота и заболоченные леса лесной зоны Елисейского левобережья. М.: Наука, 1969. С. 132.
2. Городков Б.Н. Движение растительности на севере лесной зоны Западно-Сибирской низменности // Проблемы физической географии. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1946. С. 81-105.
3. Малик Л.К. Роль современной лесной сети в прогрессирующем заболачивании территории // Научные предпосылки освоения болот Западной Сибири. М.: Наука, 1977. С. 104-124.
4. Нейштадт М.И. Возникновение и скорость развития процесса заболачивания // Научные предпосылки освоения болот Западной Сибири. М.: Наука, 1977. С. 39-47.
5. Пьявченко Н.И. Лесное болотоведение. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 292 с.

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ДРЕВОСТОЯ КАК ВАЖНЫЙ ЭТАП ЛЕСООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

И.В. СЕМЕЧКИН, А.Е. ПЕТРЕНКО, Е.С. ПЕТРЕНКО

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Лесообразовательный процесс рассматривается как механизм функционирования лесного биогеоценоза. Приводятся дефиниции терминов «лесообразовательный процесс» и «древостой».

Непременным условием анализа природных систем является четкое определение содержания (дефиниции) используемых терминов. Их неопределенность, различное толкование (нередко противоречивое) делают обсуждение малопродуктивным, а иногда и бессмысленным. К сожалению, отдельным лесоведческим терминам, в том числе широко используемым в научных публикациях, присущ этот недостаток. На это неоднократно обращали внимание исследователи [5, 8].

Примером явной неопределенности служит представление о лесообразовательном процессе. Этот термин нередко используется авторами статей и книг. Вкладываемый в него смысл характеризуется невероятно «либеральным» диапазоном. Крайним выражением сказанного является его отсутствие в «Лесной энциклопедии» [3], равно как и в ведомственных терминологических словарях. Большинство авторов, использующих этот термин, соотносят его с закономерными типологическими изменениями в лесном покрове [1, 7], игнорируя другие динамические явления в лесных сообществах (повреждение огнем, насекомыми-фитофагами, воздействие экстремальных погодных условий и т.п.).

На наш взгляд, причина такого «разночтения» термина «лесообразовательный процесс» кроется в его отрыве от концепции леса как природной системы, т.е. от лесного биогеоценоза и наиболее близким к нему представлениям о «насаждении» и «элементе леса». Известно, что В.Н. Сукачев [9] термин «лесообразовательный процесс» рассматривал расширительно, предпочитая идентифицировать его с «лесозэволюционным» процессом. Очевидно, это носило акцент большей взаимосвязанности, взаимозависимости отдельных элементов (частей) лесного сообщества, которая реализовалась впоследствии в концепцию лесного биогеоценоза. Если концепция лесного биогеоценоза выражает систему взглядов на природную (лесную) систему, то *лесообразовательный процесс* есть не что иное как *механизм функционирования лесного биогеоценоза* (насаждения, элемента леса) на всех этапах его развития под воздействием природных и антропогенных факторов.

Сложность, обусловленная наличием в лесном биогеоценозе ряда компонентов со специфическими взаимосвязями между ними, затрудняет исследование в целом всего сообщества и вынуждает ограничиваться анализом отдельных явлений. В еще большей степени это относится к изучению лесообразовательного процесса, характеризуемого количественными показателями.

Чаще всего, когда работа ведется одним исследователем или небольшой группой, предметом изучения становятся фрагменты лесного сообщества. Результаты таких усилий пополняют или уточняют наши представления о лесном биогеоценозе, особенно когда они проводятся в рамках научной концепции, предусматривают адресное включение полученной научной информации в общую мозаичную ткань лесного биогеоценоза. Как подчеркивал Н.В. Тимофеев-Ресовский [10], исследованиям, выполненным вне рамок научной концепции, уготовано короткое существование. Иными словами, они лишь кратковременно усиливают «информационный» шум.

Изучение лесообразовательного процесса в его биогеоценозическом разнообразии и полноте под силу лишь научным коллективам, имеющим в своем составе специалистов, способных квалифицированно оценить особенности взаимосвязей и взаимодействие основных компонентов лесных биогеоценозов в различных ландшафтно-экологических условиях. Такие работы наиболее объективно характеризуют уровень исследований научных коллективов. Процесс познания лесообразовательного процесса длителен, а осмысление совокупности научной информации трудоемко, требует коллективных усилий исследователей-единомышленников. Между тем лишь в последнее время в научных публикациях появилось обращение к этой фундаментальной задаче [6, 7].

Такое положение отчасти связано с упором в последние годы на краткосрочные, так называемые «ориентированные» исследования, результат которых прочитывается заранее. Близки к этому и условия получения грантов. Другая причина, упоминавшаяся ранее, заключается в размытости понятий, заключенных в терминах. Так, авторы столкнулись с неопределенностью одного из самых важных в лесном деле понятий, каким является «древостой».

При изучении дендрохронологическими методами изменений в структуре чистых средневозрастных древостоев сосны искусственного и естественного происхождения в Красноярской

лесостепи возник вопрос о периоде превращения молодых древесных растений в деревья. Согласно «Лесной энциклопедии» [3], древостой обозначен как «совокупность деревьев, образующих более или менее однородный лесной участок, основной компонент насаждения» (с. 283). Древостой предшествуют в насаждении этапы молодняка и жердняка. В справочниках они фигурируют как «возрастные этапы древостоя». Более того, молодняк – «первый возрастной период древостоя», он начинается «с образования подроста до жердняка». «Базой» же подроста являются всходы и самосев. Следуя формальной логике, древостой начинается с первого года жизни древесного растения. В такой системе представлений о древостое анализировать не только его строение (структуру) но и в целом лесообразовательный процесс крайне затруднительно.

Более плодотворен биологический подход. Есть все основания рассматривать древостой как популяцию древесных растений, точнее, как ценопопуляцию – «совокупность особей одного вида в пределах фитоценоза» [4]. В свою очередь, популяция – «это совокупность особей одного вида, которые более или менее длительное время занимают определенное пространство и *воспроизводят себя* в течение большого числа поколений». Способность воспроизводить себя – важнейший признак популяции. Следовательно, сообщество древесных растений приобретет признак популяции (ценопопуляции), то есть древостой лишь после начала семяношения.

Таким образом, древостой следует рассматривать как совокупность деревьев, вступивших в период плодоношения. В Красноярской лесостепи он совпадает с концом второго – началом третьего класса возраста. Естественно, что для разных пород и в различных ландшафтно-экологических условиях возраст превращения древесных растений в деревья и образование древостоя может значительно отличаться.

Возраст деревьев в исследованных культурах и естественном насаждении близок: 53 и 57 лет соответственно. Анализ структуры древостоя (по наличным деревьям), который имел место 30 лет назад, затрагивает период до окончательного сложения древостоя. Он характеризуется активной дифференциацией деревьев по диаметру, выражением которой являются значительные ранговые переходы деревьев (рис. 1).

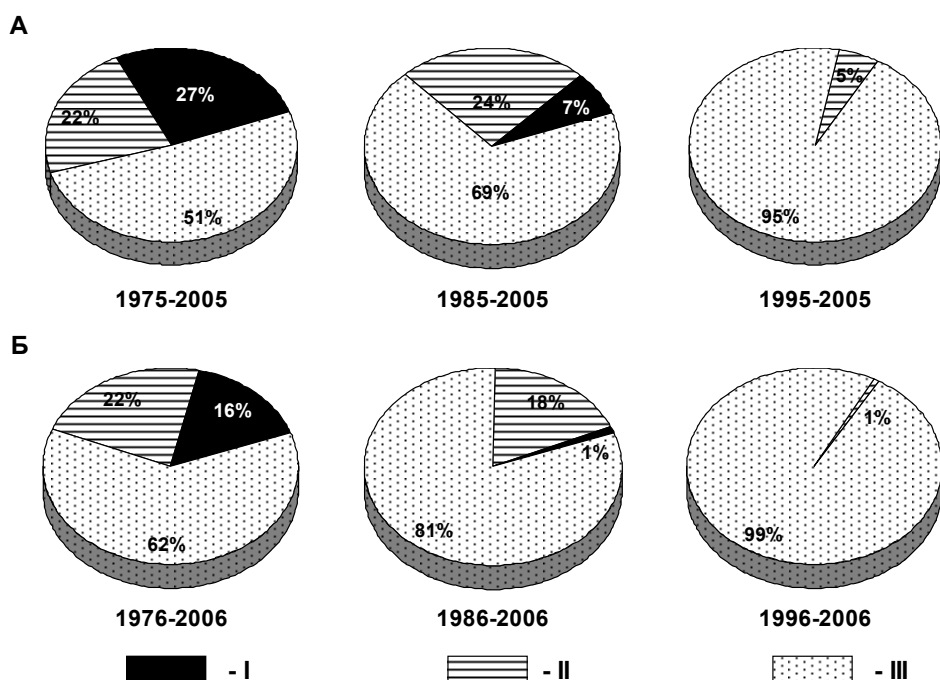


Рис. 1. Изменение рангового положения деревьев в средневозрастном древостое сосны в различные периоды роста: А – культуры, Б – естественное насаждение, I – III – доля изменения рангов в пределах I – 20-30; II – 10-20; III < 10 единиц

Так, в культурах за тридцатилетний период ранговое положение значительно (на 20-30 единиц) изменило 27 % деревьев, на 10-20 единиц – 22 %. Относительно незначительные переходы (менее 10 единиц) составили 51 %. В естественном насаждении эти показатели равны 16; 22 и 62 % соответственно. Несколько «умеренные» показатели в естественном насаждении, вероятно, связаны с более активной дифференциацией деревьев в раннем возрасте из-за повышенной конкуренции. В культурах она всегда меньше вследствие более равномерного размещения деревьев. Это можно расценивать как проявление специфики лесообразовательного процесса в различных экологических

условиях.

В период последних 20 лет показатели дифференциации деревьев в обоих древостоях снижаются. В культурах ранговые переходы от 20 до 30 единиц составили 7 %, с 10 до 20 – 24 % и менее 10 единиц – 69 %. Иными словами, у более чем 2/3 деревьев активность ранговых переходов не превышала 10 единиц. Это свидетельствует об усилении стабилизации структуры древостоя. В естественном насаждении снижение активности в ранговых переходах еще более наглядно: всего 1 % деревьев изменил ранговое положение более чем на 20 единиц. Сектор «стабильности» вырос до 81 %. В последнее десятилетие стабилизация структуры древостоя демонстрировала близость к завершению. В культурах и в естественном насаждении ранговые переходы менее 10 единиц составляли 95 и 99 % соответственно.

Стабилизация структуры древостоев является важным этапом лесообразовательного процесса. Она свидетельствует о соответствии густоты и размещения деревьев на площади, развития полога (ассимиляционного аппарата), приемлемого размещения горизонтальных корней и ряда других показателей условиям среды, т.е. оптимизации условий жизнеобеспечения. Можно предположить, что стабилизация структуры древостоя сопровождается соответствующими изменениями в живом напочвенном покрове, состоянии подроста и подлеска и т.п., что требует дополнительных исследований.

Приведенный пример анализа стабилизации структуры древостоя в высокопродуктивных (I и Ia классы бонитета) средневозрастных насаждениях сосны представляет собой характеристику лишь одного этапа (фрагмента) лесообразовательного процесса. В дальнейшем древостои переходят к новому этапу – формированию количественной спелости, возраст которой в этих условиях наступает в 87 лет [2]. Вслед за этим идут этапы «созревания» древостоев и вероятного появления нового поколения леса. Изменения в древостое сопровождаются изменениями в других компонентах лесного биогеоценоза, так как при этом заметно меняются экологические условия (световой, температурный и гидрологический режимы и т.д.). Изучение лесных биогеоценозов на всех этапах их развития (функционирования) – единственная возможность получить объективную характеристику лесообразовательного процесса в конкретных ландшафтно-экологических условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колесников Б.П. Генетический этап в лесной типологии и его задачи // Лесоведение, 1974, 2. С. 3-20,
2. Кузьмичев В.В., Семечкин И.В., Тетенькин А.Е. О возрастах рубки в лесах Сибири // Лесное хоз-во, 1973, 12. С. 20-23.
3. Лесная энциклопедия. Т. 1. М.: Советская энциклопедия, 1985. 563 с.
4. Миркин В.М., Розенберг Г.С. Толковый словарь современной фитоцитоологии М.: Наука, 1983. 134 с.
5. Плотников В.В. Эволюция структуры растительных сообществ. М: Наука, 1979. 276 с.
6. Рожков В.А. Аналогия понятий структур почвенного и лесного покрова // Лесное хоз-во, 2009, 2. С. 47- 51.
7. Седых В.Н. Лесообразовательный процесс (понятия, термины, методы исследования). Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 2006. 32 с.
8. Семечкин И.В. Иерархическая структуризация леса и ее значение для лесной таксации и природопользования // Лесная таксация и лесоустройство, 2007, 1 (37). С. 55-59.
9. Сукачев В.Н. Избранные труды. Основы лесной типологии и биоценологии. Т. 1. Л: Наука, 1972. 418 с.
10. Тимофеев-Ресовский Н.В. Генетика, эволюция, значение методологии в естествознании. Лекции, прочитанные в Свердловске в 1964 году. Екатеринбург: Токмас-Пресс, 2009. 240 с.

УДК 630*181.28:581.824.1:581.824.2

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА НА ГОМЕОСТАЗ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

Л.Н. СКРИПАЛЬЩИКОВА¹, В.В. СТАСОВА¹, О.Н. ЗУБАРЕВА¹, А.И. ТАТАРИНЦЕВ²

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

²Сибирский государственный технологический университет, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Приведены обобщенные результаты многолетних исследований по экологической оценке пригородных сосновых и березовых насаждений г. Красноярска. Выявлено, что комплекс техногенных и рекреационных нагрузок вызывает ослабление и деградацию пригородных лесных экосистем.

В настоящее время, в условиях возрастающего антропогенного воздействия на лесные экосистемы, актуальна проблема их экологического равновесия, устойчивости. Экологические функции лесных экосистем и стабилизирующие связи способствуют сохранению важных для человека и всего

живого компонентов биосферы – воздуха, воды и почвы. Особую роль в решении этой проблемы занимают лесные насаждения зеленых зон крупных промышленных центров, которые длительно используются в рекреационных целях и испытывают разнообразное техногенное воздействие. Лесные экосистемы зеленой зоны г. Красноярска продуцируют в сложных экологических условиях сопряженного влияния выбросов промышленности города и увеличивающихся рекреационных нагрузок. Полная экологическая их оценка отсутствует. Поэтому цель наших исследований заключалась в комплексной экологической оценке нарушенности лесных экосистем Красноярской лесостепи, длительное время подвергающихся техногенным и рекреационным нагрузкам г. Красноярска.

Экологическая оценка осуществлялась на основе результатов многолетних наблюдений за изменениями в лесных сосновых и березовых фитоценозах Красноярской лесостепи, произрастающих по градиенту загрязнения выбросов города и в чистых фоновых условиях. Для полной экологической оценки исследуемых насаждений с выявлением степени современного нарушения их равновесия использовались как стандартные лесо-экологические методики [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7], так и интегрированная экспертная оценка [8] и матричный метод оценки воздействия на окружающую среду [9]. Матрица включает по вертикали выделяемые характеристики природной среды, а по горизонтали – виды воздействия на них. В пересечениях проставляются балльные оценки интенсивности воздействия и его весомости.

В качестве объектов исследований изучались сосновые и березовые насаждения наиболее распространенной разнотравной группы типов леса, произрастающих в Красноярской лесостепи в зонах концентраций промышленного и рекреационного влияний г. Красноярска и в экологически чистых условиях.

Рассчитанная интегрированная оценка компонентов сосновых и березовых насаждений пригородов составила 2 и по методике [8] указывает на необходимость проведения в них природоохранных мероприятий с учетом синергического воздействия на них техногенных и рекреационных нагрузок.

В целом результаты многолетних исследований изменений, происходящих в пригодных насаждениях г. Красноярска, представлены в виде матрицы, которая отражает причинно-следственные зависимости между воздействием комплекса и отдельно взятых техногенных и рекреационных нагрузок на компоненты сосновых и березовых фитоценозов (табл. 1). Как видно из таблицы, в исследуемых насаждениях происходит ослабление и деградация всех компонентов. Особенно это касается древостоев в Березовском и Есаульском борах, где изменения отмечены, по последним данным, на тканевом и клеточном уровнях. Все это свидетельствует о снижении продукционного процесса и средообразующих функций сосновых и березовых насаждений Красноярской лесостепи и подтверждает ранее установленное отрицательное [10, 11] синергическое влияние антропогенных стрессоров на процессы динамического равновесия на уровне фитоценоза в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анучин Н.П. Лесная таксация. М.: Лесная пром-ть, 1982. 552 с.
2. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение, 1989, 4. С. 51-57.
3. Алексеев В.А. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука, 1990. 200 с.
4. Детри Ж. Атмосфера должна быть чистой. М.: Прогресс, 1973. С. 380.
5. Еремин В.М. Анатомия коры видов рода *Pinus* Советского Союза // Ботанический журнал, 1978, т. 63, 5. С. 649-663.
6. Кузьмина Г.П. Влияние рекреации на сосновые леса зеленой зоны г. Красноярска: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 1982. 24 с.
7. Лотова Л.И. Анатомия коры хвойных. М.: Наука, 1987. 152 с.
8. Кормилицин В.И., Цицкишвили М.С., Яламов Ю.И. Основы экологии. М.: Интерстиль, 1997. 368 с.
9. Дончева А.В. Экологическое проектирование и экспертиза. М.: Аспект Пресс, 2005. 283 с.
10. Скрипальщикова Л.Н., Пиеничникова Л.С. Влияние длительной антропогенной нагрузки на радиальный прирост древостоя. Актуальные проблемы лесного комплекса. Сб. науч. тр. Вып. 9. Брянск, 2004. С. 33-36.
11. Татаришцев А.И., Скрипальщикова Л.Н. Сосновые фитоценозы в зоне многолетнего воздействия антропогенных нагрузок // География и прир. ресурсы, 2003, 3. С. 53-57.

Таблица. Матрица оценки нарушения гомеостаза лесных экосистем Красноярской лесостепи

Лесные экосистемы	Источники загрязнения г. Красноярска	Уровни техногенной нагрузки	Стадии рекреационной депрессии	Признаки нарушения экологического равновесия гомеостаза лесных экосистем	Оценка влияния
Березовский бор. Сосняки разноотравно-осочковые, зеленомошно-осочковые.	КрасГЭЦ, КраАЗ, промышленность правого берега города	Высокие (превышение ПДК по фтору и тяжелым металлам в хвое и почве)	Критические III-IV	Жизненное состояние – ослабленное и очень ослабленное. Крайне неудовлетворительный процесс возобновления, изменения морфологических показателей хвой, смена флористического состава травянистых растений, изменения морфометрических показателей проводящих тканей стволов сосен: снижение ширины годичных приростов ксилемы и флоэмы, особенно на наветренной опушке, уменьшение толщины клеточных стенок поздних трахеид, падение соотношения ксилема:флоэма до 2.5	5
Есаульский бор. Сосняки разноотравно-осочково-зеленомошно-осочковые, зеленомошно-осочковые.	КрасГЭЦ, ТЭЦ-3, КраАЗ, промышленность правого берега города	Высокие (превышение ПДК по фтору и тяжелым металлам в хвое и почве)	Критические III-IV	Жизненное состояние – ослабленное и очень ослабленное. Крайне неудовлетворительный процесс возобновления, изменения морфологических показателей хвой, смена флористического состава травянистых растений, изменения морфометрических показателей проводящих тканей в стволах сосен: снижение ширины годичных приростов ксилемы и флоэмы, особенно на наветренной опушке, уменьшение толщины клеточных стенок поздних трахеид, падение соотношения ксилема:флоэма до 2.5	5
Погорельский бор. Сосняки кустарничково-разноотравно-зеленомошные.	Локальное загрязнение города	Средние (эпизодически зафиксированы повышенные содержания фтора и тяжелых металлов в хвое и почве)	Высокие III	Древостой здоровый. Неудовлетворительный процесс лесовозобновления, повышенные содержания токсичных микроэлементов в хвое древостоя и подроста, живом напочвенном покрове, лесной почве. Морфометрические показатели проводящих тканей в стволах сосен: незначительное снижение ширины годичных приростов ксилемы и флоэмы, размеры трахеид не отличаются от контроля, уменьшение соотношения ксилема:флоэма до 3.5	3
Караульская лесная дача. Сосняки зеленомошно-группанковые, осочковые, орляково-осочковые	Локальное загрязнение города	Средние (эпизодически зафиксированы повышенные содержания фтора и тяжелых металлов в хвое и почве)	Высокие III	Жизненное состояние ослабленное. Неудовлетворительный процесс лесовозобновления. Смена флористического состава травянистых растений в живом напочвенном покрове. Морфометрические показатели проводящих тканей в стволах сосен: незначительное снижение ширины годичных приростов ксилемы и флоэмы, размеры трахеид не отличаются от контроля, уменьшение соотношения ксилема:флоэма до 3.5	3
Южеевский бор. Сосняки орляково-осочковые, осочково-разноотравно-зеленомошно-осочковые, разноотравно-злаковые	Фон	Содержание фтора, тяжелых металлов на уровне кларков		Насаждение здоровое, возобновление под пологом хорошее, живой напочвенный покров не нарушен, в нем преобладает лесное разноотравье, морфологические характеристики хвой и проводящих тканей стволов сосны в норме	0

Байская лесная дача. Березняки разноотравно- злаковые, разноотравно- орляковые и осочково- злаковые	ТЭЦ-2, Цементный и химико-механический заводы, известняковый карьер	Критические пылевые нагрузки	Невысокие I	Насажение ослабленное. Возобновление отсутствует. Изменения биометрических характеристик листьев и морфометрических проводящих тканей ствола, смена флористического состава. Уменьшение ширины годичных приростов древесных в стволах берез	5
Березняки злаково- разнотравные и разнотравно-злаковые	ТЭЦ-1, алюминийный завод	Значительные содержания пыли, тяжелых металлов и фтора	Критические III- IV	Возобновление отсутствует, изменения в биометрических и морфометрических характеристиках, смена флористического состава	5
Березняки разноотравно- злаковые	ТЭЦ-1, алюминийный завод	Значительные содержания пыли, тяжелых металлов и фтора	Высокие III	Относительно здоровые насаждения. Возобновление отсутствует, изменения в биометрических и морфометрических характеристиках, смена флористического состава	5
Березняк, примыкающий к п. Есуглово	ТЭЦ-1, алюминийный завод	Критические пылевые нагрузки	Высокие III	Относительно здоровые насаждения. Возобновление отсутствует, изменения в биометрических и морфометрических характеристиках	5
Березняки, примыкающие к п. Березовка	КрасТЭЦ, алюминийный завод, промзона правого берега г. Красноярска Рекреационные и пассажные нагрузки	Значительное содержание пыли, тяжелых металлов и фтора	Высокие III	Возобновление отсутствует, смена флористического состава, высокие содержания фтористых соединений и тяжелых металлов, пыли как в листьях, так и в лесной почве	5
Березняки в районе д. Погорелка	Локальное загрязнение города Условный фон Рекреационные нагрузки	Средние, эпизодически зафиксированы повышенные содержания фтора и тяжелых металлов в хвое и почве	Высокие III	Жизненное состояние – здоровые. Возобновление отсутствует, изменения в биометрических и морфометрических характеристиках	3
Березняки Академгородка	Техногенные нагрузки отсутствуют		Высокие III	Жизненное состояние – относительно здоровые. Возобновление отсутствует, изменения в биометрических и морфометрических характеристиках хвой и древесостоя	2

5 – очень сильное; 4 – сильное; 3 – существенное; 2 – значительное; 1 – опутимое

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕРЕВЬЕВ ПО БИОМЕТРИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ В РАЗНОГУСТОТНЫХ СОСНОВЫХ МОЛОДНЯКАХ ЕСТЕСТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Д.С. СОБАЧКИН, В.Е. БЕНЬКОВА, А.В. БЕНЬКОВА, Р.С. СОБАЧКИН

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты исследования рядов распределения деревьев по диаметру, высоте и протяженности кроны в сосновых молодняках естественного происхождения второго класса возраста (юго-западное Приангарье). Ряды распределения составлены из 19 вариантов густоты (1826-33381 шт. га⁻¹). Установлены зависимости от густоты стандартного отклонения, асимметрии, эксцесса и положения вершины распределений. С использованием уравнения χ^2 Пирсона установлены темпы уменьшения гетерогенности строения ценозов при увеличении густоты.

Введение

Решающим периодом в формировании лесных фитоценозов являются первые 30 лет жизни, поэтому именно молодняки представляют собой объект для наиболее эффективного управления ростом и развитием насаждений. Однако задачи по установлению закономерностей распределения деревьев в молодняках решаются гораздо труднее, чем в спелых древостоях. В молодняках нет «среднего» дерева, которое одновременно было бы «средним» по всему набору таксационно-биометрических показателей. Изменение распределения деревьев в ценозе по какому-то из показателей далеко не всегда сопровождается изменением среднего значения этого показателя. Последнее может иметь место (с некоторым приближением) в здоровом, спелом, чистом, одновозрастном древостое, характеризующемся близким к нормальному распределением биометрических характеристик деревьев [1]. Среди немногочисленных работ по исследованию молодняков особое место занимают монографии А.И. Бузыкина, Л.С. Пшеничниковой, В.Г. Суховольского [2] и В.С. Моисеева [6]. Большая часть последней посвящена изучению закономерностей распределения деревьев в молодняках по возрасту, диаметру, высоте, объему стволов в лесах европейской части РСФСР, однако фактор густоты в ней не рассматривался. Цель настоящей работы: на основе лесоводственно-таксационного исследования разнотравных сосновых молодняков естественного происхождения выявить закономерности густотных рядов распределения в них деревьев по основным биометрическим показателям — диаметру, высоте и протяженности кроны.

Объекты и методика

Исследовались молодняки второго класса возраста с 19 вариантами густоты, формирующиеся на территории Почетского лесничества Красноярского края. Густота изменялась в пределах 1826-33381 шт. га⁻¹ (более подробно информация об объектах исследования, месте произрастания и методике сбора первичных данных изложена в [7]). Эмпирические распределения деревьев в молодняках по диаметру, высоте и протяженности кроны анализировались по основным статистическим характеристикам: стандартному отклонению, коэффициенту вариации, значениям асимметрии и эксцесса E_s , которые вычислялись по совокупности результатов измерений с использованием Microsoft Excel.

Эмпирические густотные ряды распределений выравнивали с использованием распределения χ^2 Пирсона:

$$f(\chi^2, \nu) = \frac{(\chi^2)^{\nu/2-1} e^{-\chi^2/2}}{2^{\nu/2} \Gamma(\frac{\nu}{2})}, \quad \chi^2 > 0 \quad (1)$$

Плотность распределения χ^2 непрерывна, асимметрична, унимодальна и зависит от числа степеней свободы ν . Этот параметр определяется количеством случайных величин, сумма квадратов которых составляет χ^2 . Распределение χ^2 Пирсона имеет очень широкий спектр применения. По нему можно выравнивать эмпирические кривые распределения разного вида — от резко асимметричного (включая J-образную кривую) до близкого к нормальному. Используя только один тип теоретического распределения, мы выравнивали эмпирические ряды распределения по диаметру, высоте и протяженности кроны, что позволило провести по ним сравнительный анализ. Оценка достоверности различия между распределениями (эмпирическим и теоретическим) проводилась по общему правилу оценки расхождений между гипотезой и данными наблюдений с помощью специальной таблицы χ^2 -распределения [3, 5].

Результаты и обсуждение

Установлены зависимости от густоты основных статистических характеристик густотных рядов распределения по диаметру D , высоте H и протяженности кроны L : стандартного отклонения σ , асимметрии As , эксцесса Es и положения вершины распределений.

С использованием критерия Фишера показано, что убывание σ_D , σ_H , σ_L с увеличением густоты x достоверно. Следовательно, ценозы с увеличением густоты становятся более однородными по всем трем биометрическим показателям. Сравнение показало, что темпы уменьшения гетерогенности строения ценозов по диаметру, высоте и протяженности кроны достоверно не отличаются:

$$\sigma_D = 8,28 x^{-0,15} (R^2 = 0,42); \sigma_H = 8,68 x^{-0,18} (R^2 = 0,58); \sigma_L = 4,7 x^{-0,18} (R^2 = 0,52). \quad (2)$$

Коэффициенты вариации биометрических показателей (CV) принимают довольно высокие значения во всем густотном диапазоне и фактически не зависят от густоты. Это, очевидно, является следствием того, что оба параметра, т.е. стандартное отклонение и среднее значение [7], через которые определяется коэффициент вариации, являются убывающими функциями густоты. Важно отметить, что степень изменчивости протяженности кроны (30-50 %) выше, чем высоты (22-37 %), но значительно ниже, чем диаметра (42-59 %). Таким образом, исследованные ценозы наименее однородны по диаметру и наиболее однородны по высоте деревьев.

Распределения по диаметру, высоте и протяженности кроны имеют правостороннюю асимметрию ($As_D, As_H, As_L > 0$). Это значит, что вершина распределений сдвинута влево от положения среднего дерева. Распределения слабо и умеренно эксцессивны; в «низкогустотных» ценозах (1826-7515 шт. га⁻¹) они плосковершинны, а в загущенных (густотой более 25000 шт. га⁻¹) – островершинны:

$$As_D = -2 \cdot 10^{-9} x^2 + 10^{-4} x - 0,295 (R^2 = 0,76); As_H = -3 \cdot 10^{-9} x^2 + 10^{-4} x + 0,36 (R^2 = 0,74);$$
$$As_L = -2 \cdot 10^{-9} x^2 + 10^{-4} x - 0,070 (R^2 = 0,87). \quad (3)$$

$$Es_D = 9 \cdot 10^{-5} x - 1,65 (R = 0,67); Es_H = 10^{-6} x - 0,27 (R = 0,015); Es_L = 7 \cdot 10^{-5} x - 1,42 (R = 0,83). \quad (4)$$

В работах Иогансена (1933) и Константинова (1952) (цит. по [4]) высказана гипотеза, что асимметрия и эксцесс могут возникать у распределений вследствие модифицирующих влияний условий среды обитания популяций, например, засухи и неоднородности питания. В нашем случае в числе главных модифицирующих факторов следует, очевидно, рассматривать молодой возраст и густоту.

Выравнивающие распределения χ^2 Пирсона по диаметру, высоте и протяженности кроны (рис. 1) имеют те же особенности, что и эмпирические. Они асимметричны и эксцессивны, имеют один выраженный максимум, с увеличением густоты становятся выше и уже; вершина распределений, составляющих густотные ряды по биометрическим показателям, сдвигается в сторону меньших значений показателя. Зависимости от густоты положения вершины в рядах распределения деревьев по диаметру, высоте и протяженности кроны описаны через следующие параметры: D_c, H_c, L_c – наивероятнейшие значения диаметра, высоты и протяженности кроны; N_D, N_H и N_L – количество деревьев (%), встречавшихся с этими показателями в ценозе с густотой x :

$$D_c = 132,9 x^{-0,40} (R^2 = 0,97); H_c = 48,3 x^{-0,26} (R^2 = 0,82); L_c = 35,2 x^{-0,31} (R^2 = 0,93), \quad (5)$$

$$N_D = 0,32 x^{0,5} (R^2 = 0,90); N_H = 2,07 x^{0,32} (R^2 = 0,72); N_L = 0,77 x^{0,41} (R^2 = 0,87). \quad (6)$$

С использованием выравнивающих распределений проведен анализ хода и темпов дифференциации деревьев в ценозах под воздействием фактора густоты. Сравнительно низкогустотные ценозы (1836-10000 шт. га⁻¹) наиболее чувствительны, а перегущенные (выше 20000 шт. га⁻¹) теряют чувствительность к фактору густоты. Разную чувствительность к густоте имеют и биометрические показатели: наивероятнейшая ступень толщины более чувствительна по сравнению с наивероятнейшими ступенями высоты и протяженности кроны (что также присуще только «низкогустотным» ценозам). У деревьев с этими показателями, представляющими большинство в ценозе, с увеличением густоты диаметр уменьшается быстрее, чем высота и протяженность кроны. Очевидно, что при увеличении густоты обостряется, прежде всего, конкуренция за свет, вследствие чего продукты фотосинтеза тратятся в первую очередь на прирост в высоту и поддержание фотосинтетического аппарата, обеспечивающего прирост в высоту, и только после – на радиальный прирост.

Заключение

Показано, что под воздействием фактора густоты ценозы становятся более тонкомерными, низкими, обладают неглубоким пологом; однородность строения ценозов увеличивается вследствие того, что уменьшаются размеры самых крупных деревьев, входящих в ценоз, и увеличивается количество самых мелких деревьев с недоразвитой кроной. Сравнительно низкогустотные ценозы (1836-10000 шт. га⁻¹) наиболее чувствительны, а перегущенные (выше 20000 шт. га⁻¹) теряют чувствительность к фактору густоты. Наивероятнейшая ступень толщины убывает более быстрыми темпами по сравнению с наивероятнейшими ступенями высоты и протяженности кроны. Очевидно, что при увеличении густоты обостряется, прежде всего, конкуренция за свет, вследствие чего продукты фотосинтеза тратятся в первую очередь на прирост в высоту.

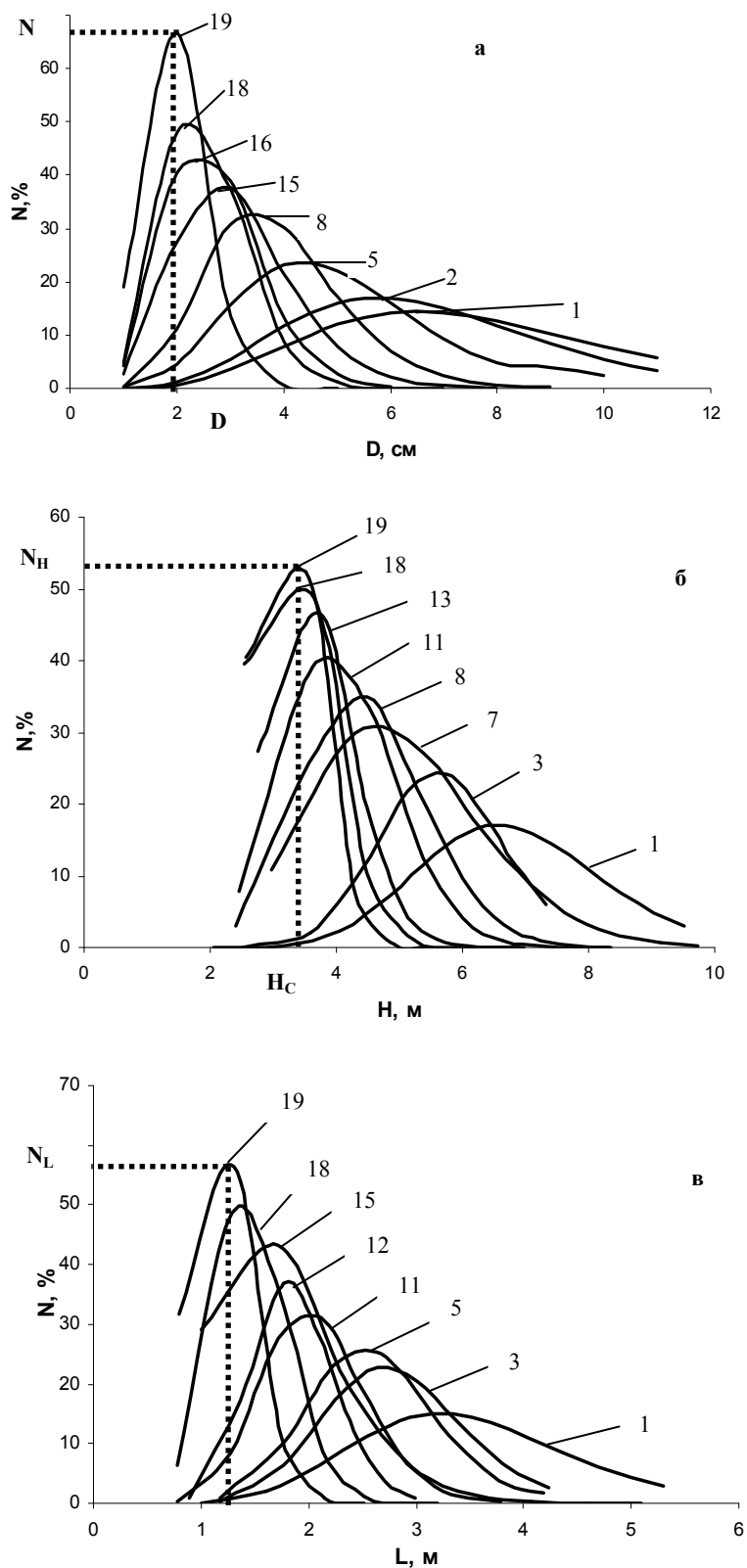


Рис. 1. Густотные ряды распределения деревьев по диаметру D (а), высоте H (б) и протяженности кроны L (в) в ценозах с 19 вариантами густоты (значения густоты приведены в [7]): D_c, N_D (а); H_c, N_H (б); L_c, N_L (в) – характеристики максимума распределений

Авторы искренне признательны **Алексю Ивановичу Бузыкину**, руководителю выполняемых в Ин-т леса СО РАН работ по изучению влияния густоты на процесс формирования молодняков

естественного и искусственного происхождения, за ценные советы и замечания в течение всего периода исследований.

Работа выполнялась при финансовой поддержке РФФИ: (09-04-00179) и (09-04-00803).

ЛИТЕРАТУРА

1. Абаимов А.П., Бондарев А. И. Зырянова О. А., Шитова С. А. Леса Красноярского Заполярья. Новосибирск: Наука, 1997. 208 с.
2. Бузыкин А. И., Пиеничникова Л. С., Суховольский В. Г. Густота и продуктивность древесных ценозов. Новосибирск: Наука, 2002. 151 с.
3. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. М.: Физматлит, 2006. 813 с.
4. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1973. 343 с.
5. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений. М.: Наука, 1971. 576 с.
6. Моисеев В. С. Таксация молодняков. Л.: ЛТА, 1971. 344 с.
7. Собачкин Д.С., Бенькова В.Е., Собачкин Р.С., Бузыкин А.И. Структура и продуктивность разногустотных сосновых молодняков в юго-западном Приангарье // Лесоведение, 2009, 2. С. 1-7.

УДК 630х231.4

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕРЕВЬЕВ ПО ОСНОВНЫМ БИОМЕТРИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ В РАЗНОГУСТОТНЫХ СОСНОВЫХ МОЛОДНЯКАХ

Д.С. СОБАЧКИН, Р.С. СОБАЧКИН

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Изучалась структура и гетерогенность молодняков сосны обыкновенной в юго-западном Приангарье на вырубках, их распределение по основным биометрическим показателям. Ценозы имели густоту 1826-33381 шт./га. Все кривые, составляющие ряды распределения деревьев по диаметру, высоте и протяженности кроны, имеют правостороннюю асимметрию ($As > 0$), слабо и умеренно эксцессивны.

Среди факторов, влияющих на формирование молодняков, огромная роль принадлежит густоте. Этот фактор играет фундаментальную экологическую роль в функционировании лесных экосистем и имеет важное хозяйственное значение. Густота определяет структуру молодняков, характеризует продукционный процесс, процесс формообразования стволов, конкурентные и кооперативные взаимоотношения деревьев.

Район исследования располагается в естественных разногустотных сосновых молодняках юго-западного Приангарья (Красноярский край, Абанский лесхоз). Согласно В.Г. Крылову [1], район исследования входит в Чуно-Ангарскую подпровинцию лиственнично-сосновых лесов, являющуюся одной из богатейших по запасам сосновой древесины. Большую часть лесов формируют одновозрастные или условно одновозрастные насаждения. Территория относится к очень прохладному агроклиматическому району.

Изучение формирования и структуры молодняков осуществлялось на временных пробных площадях с рубкой, обмером и анализом хода роста модельных деревьев. При сборе исходных данных использованы общепринятые методики [1, 2, 3, 4].

Для выявления особенностей дифференциации деревьев в молодняках и тенденций ее изменения с густотой использовался анализ густотных рядов распределения деревьев в ценозах по основным биометрическим показателям – диаметру стволов на высоте 1,3 м, высоте и протяженности кроны деревьев.

Исследовались ценозы естественных сосновых молодняков, которые имели густоту 1826-33381 шт./га. Эти ценозы были разделены на две группы: «низкогустотные» (1826-7515 шт./га) и «высокогустотные» (9172-33381 шт./га). Анализ рядов распределения проводился отдельно для обеих групп.

Для сравнения эмпирических распределений с нормальным использовали две типичные характеристики: асимметрию As и эксцесс Es . Кривая нормального распределения всегда симметрична ($As = 0$) и имеет эксцесс, равный нулю. Асимметрия и эксцесс эмпирической кривой в ряде случаев характеризуют важные биологические особенности объектов исследования. Поэтому изучение степени и характера асимметрии и эксцесса стало специальной задачей исследования.

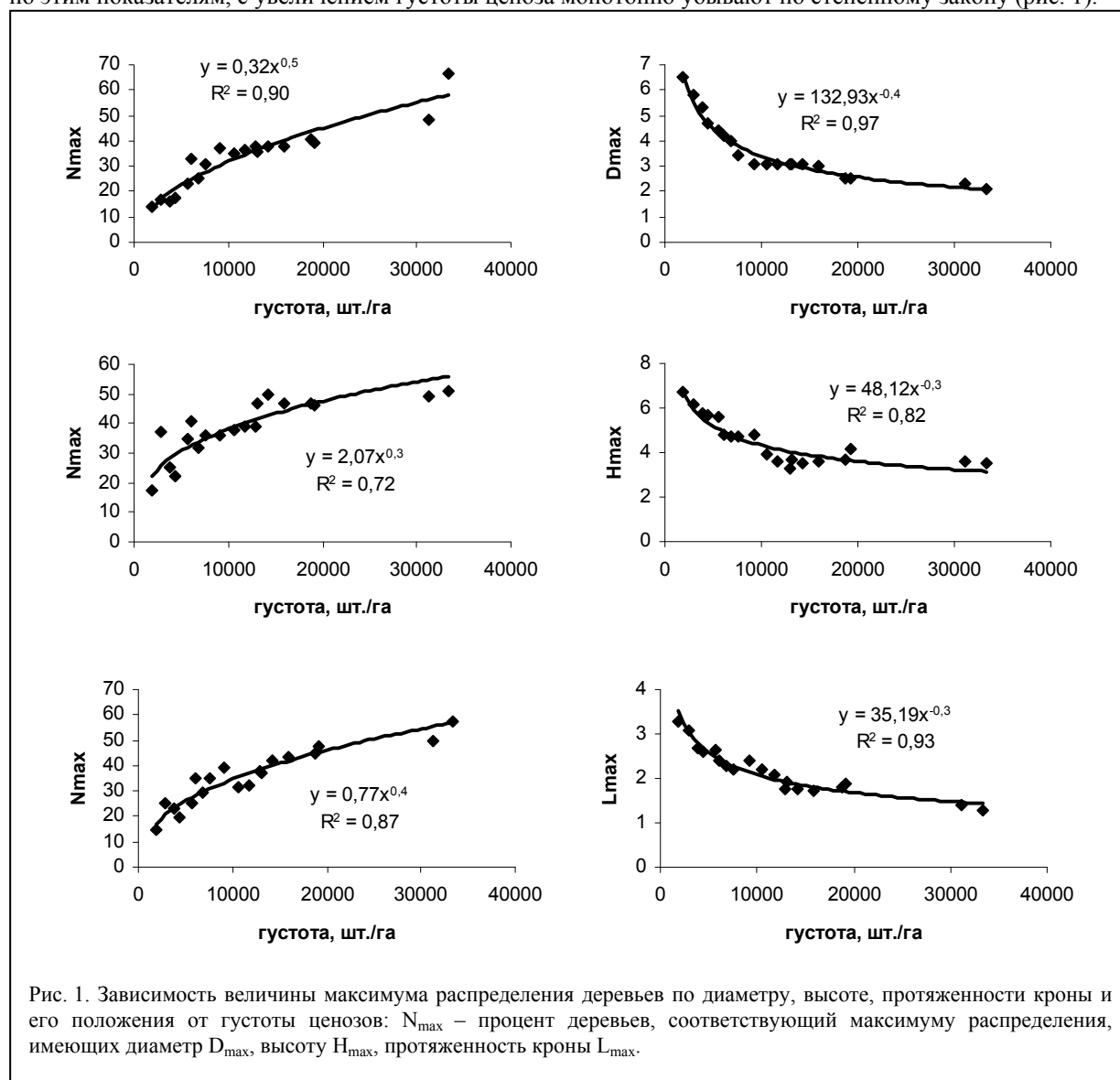
Выявлено, что большинство кривых, составляющих эмпирические густотные ряды распределения деревьев по диаметру, высоте и протяженности кроны в естественных сосновых молодняках,

характеризуются одним четко выраженным максимумом. Распределения асимметричны и эксцессивны; с увеличением густоты они становятся уже. Асимметрия в большинстве случаев правосторонняя ($As > 0$). Плосковершинность характеризует распределение деревьев в «низкогустотных» ценозах, а островершинные распределения характерны для сильно загущенных ценозов.

Все кривые, составляющие ряды распределения деревьев по диаметру, высоте и протяженности кроны, имеют правостороннюю асимметрию ($As > 0$). Асимметрия плавно возрастает с увеличением густоты от 1826 до 22000-26000 шт./га, изменяясь в пределах $(-0,5—2)$. При дальнейшем увеличении густоты до 33381 шт./га асимметрия слабо убывает. Изменение асимметрии с густотой аналитически описано квадратичным уравнением. Плосковершинность ($Es < -0,5$) характерна для распределений деревьев по высоте в «низкогустотных» ценозах и наиболее «высокогустотных» ценозах (18741-33381 шт./га).

Все кривые, составляющие ряды распределения деревьев по диаметру, высоте и протяженности кроны, слабо и умеренно эксцессивны. Плосковершинность характерна для распределений по диаметру, высоте и протяженности кроны деревьев в «низкогустотных» ценозах (1826-7515 шт./га), а также для распределений по высоте в перегущенных ценозах. Островершинность присуща распределениям деревьев по диаметру и протяженности кроны в перегущенных ценозах (густотой более 25000 шт./га).

Положение максимума в густотных рядах распределений деревьев по диаметру, высоте и протяженности кроны с увеличением густоты сдвигается в сторону меньших значений этих показателей. Значения диаметра, высоты и протяженности кроны, соответствующие вершине кривой распределения по этим показателям, с увеличением густоты ценоза монотонно убывают по степенному закону (рис. 1).



Из характера графиков становится очевидным, что диаметр самой многочисленной группы

деревьев в ценозах убывает при увеличении густоты гораздо быстрее, чем высота и протяженность кроны, а высота – гораздо медленнее, чем упомянутые показатели.

Значение максимума на кривых распределения по диаметру ($N_{\max}^D$), высоте ($N_{\max}^H$) и протяженности кроны ($N_{\max}^L$), характеризующего количество деревьев, составляющих большинство в ценозах по этим показателям, с увеличением густоты увеличивается также по степенному закону.

Понимая дифференциацию деревьев, составляющих древостой, как статистически значимое отклонение какого-либо признака для отдельного дерева (или группы деревьев) от среднего для древостоя, можно характеризовать дифференциацию в ценозе (другими словами, гетерогенность ценоза) через коэффициенты вариации биометрических показателей. Чем они выше, тем большей гетерогенностью по этим показателям характеризуется ценоз.

Коэффициенты вариации диаметра, высоты и протяженности кроны деревьев в ценозах разной густоты приведены на рис. 2.

Диаграмма показывает, что соотношение коэффициентов вариации перечисленных ростовых характеристик между собой сохраняется неизменным в рассмотренном диапазоне изменения густоты. Так, самые высокие значения коэффициентов вариации характеризуют средний диаметр ценозов, а самые низкие значения имеет средняя высота. Таким образом, неоднородность (или гетерогенность) ценозов по радиальному росту деревьев в ценозах оказалась заметно выше, чем по росту в высоту.



Между тем на диаграмме нет выраженной тенденции к возрастанию или убыванию коэффициентов вариации показателей с густотой. Как известно, коэффициент вариации биометрического показателя, характеризующего определенный ценоз, есть частное от деления стандартного отклонения на среднее его значение. Очевидно, что убывание их соизмеримо, так что коэффициент вариации оказался нечувствительным к изменению густоты. Таким образом, коэффициенты вариации констатируют наличие дифференциации деревьев по биометрическим показателям, но не содержат информации о ходе дифференциации, другими словами, об изменении степени гетерогенности ценозов под влиянием густоты. Следовательно, основной характеристикой хода дифференциации деревьев в ценозах являются густотные ряды распределений по биометрическим показателям. Особенно важен ряд распределения по ступеням толщины, поскольку он служит основой для составления многих таксационных таблиц.

По нашим результатам, с увеличением густоты «сглаживается» дифференциация растений в молодняках: по ростовым характеристикам они становятся более однородными. С уплотнением ценозов постепенно исчезают наиболее крупные деревья с хорошо развитой кроной, в то же время количество невысоких деревьев с малыми диаметрами и слабо развитым фотосинтетическим аппаратом увеличивается.

Следует отметить, что дифференциация деревьев по росту в высоту, радиальному росту и росту кроны изменяется с густотой с разной скоростью. Степень неоднородности (или гетерогенности) ценозов по диаметру уменьшается быстрее, чем по высоте и протяженности кроны, а по высоте – наиболее медленно. Таким образом, высота деревьев в ценозе оказалась наименее чувствительной, а диаметр – наиболее чувствительной к изменению густоты ростовой характеристикой (в исследуемых пределах изменения густоты).

Если сравнивать «низкогустотные» и «высокогустотные» ценозы, то в последних слабее проявляется дифференциация стволов по ростовым характеристикам, сильнее «сжат» ряд распределения. С увеличением густоты диаметр, высота и протяженность кроны группы деревьев, составляющих большинство в «высокогустотных ценозах», убывают гораздо медленнее, чем в «низкогустотных».

Все вышесказанное подтверждает, что густота является сдерживающим фактором для индивидуального роста и развития древесных растений, влияющим на ход их дифференциации в ценозе. Анализ густотных рядов распределений деревьев по биометрическим показателям в сосновых молодняках естественного возобновления на вырубках дал возможность получить информацию об их гетерогенности, т.е. о соотношении в них деревьев с разной энергией роста. Он также позволил выявить характер и описать основные закономерности изменения гетерогенности (хода дифференциации) с густотой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крылов Г.В. Леса Сибири и Дальнего Востока, их лесорастительное районирование. М.-Л.: Гослесбуиздат, 1960. 157 с.
2. Моисеев В.С. Таксация молодняков. Уч. пособие. Л.: ЛТА, 1971. 341 с.
3. Молчанов А.А., Смирнов В.В. Методика изучения прироста древесных растений. М.: Наука, 1967. 99 с.
4. Побединский А.В. Изучение лесовосстановительных процессов. 2-е изд. М.: Наука, 1966. 60 с.

УДК 630*232.324.3:630*560

ВЛИЯНИЕ ГУСТОТЫ ДРЕВОСТОЯ НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗНОГУСТОТНЫХ МОЛОДЫХ ЦЕНОЗОВ ЕЛИ СИБИРСКОЙ

Р.С. СОБАЧКИН, Д.С. СОБАЧКИН

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

В искусственных молодых ценозах ели сибирской с 18 вариантами первоначальной густоты (от 0,5 до 128,0 тыс. шт./га) исследована реакция культур на собственную плотность в возрасте 25 лет. При фактической густоте от 0,3 до 32 тыс. шт./га биометрические показатели деревьев изменяются в диапазоне: диаметр – от 1 до 27 см, высота – от 1,8 до 15,4 м, протяженность кроны деревьев – от 0,2 до 12,4 м, диаметр кроны деревьев – от 0,3 до 6,9 м. Существенно различаются и относительные показатели роста деревьев: относительная высота (Н/Д) – от 43 до 360 и $L_{кр}/D_{кр}$ – от 1,8 до 4,2.

Исследования густотного режима лесовыращивания имеют достаточно длительную историю [1, 2, 4, 6, 11, 12, 14, 15]. Эти работы касаются, как правило, сосновых посадок и молодняков естественного происхождения. Работы о влиянии плотности ценоза на биометрические показатели и структуру посадок ели носят единичный характер [3, 5, 7, 9].

Практически во всех экспериментах и наблюдениях отсутствуют данные, характеризующие свободное стояние деревьев и сильное загущение, что затрудняет однозначно оценить экологическую роль густоты в формировании древесных ценозов. Заменить экспериментальное лесовыращивание при разной густоте набором пробных площадей в естественных древостоях невозможно, т. к. одна и та же текущая густота может отражать разную историю формирования и роста ценозов [13].

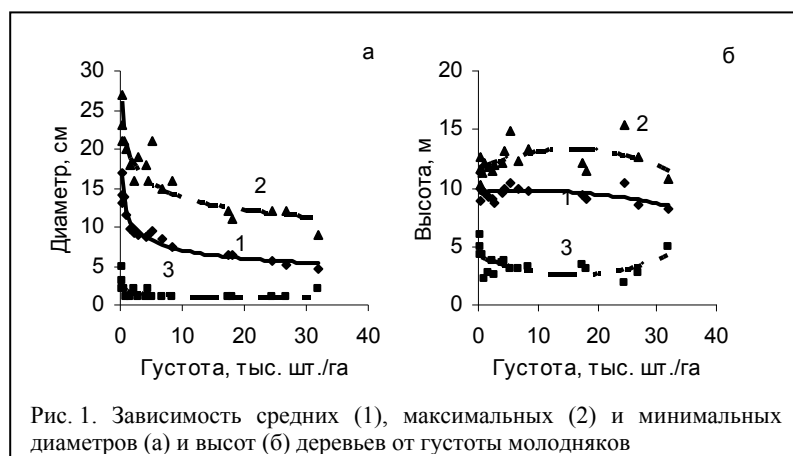
К настоящему времени уже в достаточной степени изучены преимущества и недостатки густых и редких культур. Вместе с тем пока нет еще единого представления о влиянии густоты на высоту культур, общую производительность, запас древесины к моменту главной рубки, дифференциацию деревьев по высоте, диаметру и другим биометрическим показателям.

Объект исследований представляет собой культуры ели сибирской, созданные в 1982 г. в подзоне южной тайги (Большемуртинский лесхоз Красноярского края) на серых лесных почвах в однородных лесорастительных условиях из 18 вариантов густоты (от 0,5 до 128,0 тыс. шт./га). Площадь под опытные посадки, на которой в прошлом произрастали темнохвойные древостои с участием сосны обыкновенной и лиственницы сибирской, длительное время находилась в сельскохозяйственном обороте. Для посадки по квадратной схеме использовали двухлетние сеянцы. Площадь каждого варианта определялась густотой и равнялась 0,01-1,0 га с посадкой не менее 500 растений. Участки примыкали друг к другу без разрывов, образуя целостный блок. Исследования проводились по общепринятым методикам [8, 10]. На участках каждого варианта густоты была проведена таксация: пересчет деревьев, замеры высот по ступеням толщины, высот прикрепления крон деревьев, протяженности (длины) и диаметра крон. Опушечные ряды исключались из общего пересчета.

Различия в таксационных показателях молодняков определяются ценотическими эффектами,

обусловленными разной густотой. Если снижение величины среднего диаметра в загущенных ценозах происходит за счет накопления тонкомера и уменьшения числа крупных особей вследствие конкурентного взаимодействия, то в относительно редких посадках увеличение толщины стволов является результатом отсутствия или слабого ценогического взаимодействия между деревьями. Диаметр деревьев наиболее четко фиксирует конкурентные условия роста. С увеличением густоты от состояния свободного роста до сильного загущения ценозов средний диаметр снижается (рис. 1а) от $16,8 \pm 0,9$ см (0,3 тыс. шт./га) до $4,6 \pm 0,5$ см (32 тыс. шт./га). Зависимость среднего диаметра деревьев от густоты ценозов очень тесная ($R^2 = 0,96$) и аппроксимируется степенным уравнением. В разногустотных посадках амплитуда диаметра деревьев с увеличением густоты уменьшается. В редких по густоте посадках диаметр деревьев-лидеров достигает 27 см, в перегущенных молодняках этот показатель в 3 раза меньше (9 см). Зависимость максимальных диаметров деревьев от густоты древостоя тесная ($R^2 = 0,84$), аппроксимируется степенным уравнением. Деревья с минимальными диаметрами в густотном ряду имеют амплитуду от 1 до 5 см, причем наиболее представлены деревья диаметром 1 см. Теневыносливость ели позволяет длительное время сохраняться внутри ценоза деревьям, сильно отставшим в росте, с плохо развитой кроной. Связь деревьев минимального диаметра с плотностью ценозов невысокая ($R^2 = 0,36$).

Средняя высота деревьев в посадках ели колеблется в пределах от $8,2 \pm 0,4$ (32 тыс. шт./га) до $11,3 \pm 0,4$ м (0,5 тыс. шт./га) (рис. 1б). Достоверного увеличения или уменьшения средней высоты деревьев с возрастанием густоты древостоя не прослеживается, связь слабая ($R^2 = 0,20$). Максимальные значения высот в густотном ряду посадок ели изменяются в пределах от 10,2 до 15,4 м, что существенно превышает средние показатели; минимальные значения высот варьируют от 1,8 до 6 м. Наибольшие значения этого показателя встречаются в относительно редких (из-за отсутствия острой конкуренции между деревьями) и в перегущенных посадках из-за более интенсивного процесса «подгонки» деревьев в высоту в борьбе за свет. В средних по густоте молодняках наблюдается некоторое снижение высоты деревьев ели.



Ряды распределения относительного количества деревьев по диаметру в молодняках невысокой густоты характеризуются большей растянутостью по сравнению с загущенными за счет широкой представленности примерно в равном отношении как крупных, так и мелких деревьев. С увеличением густоты за счет накопления тонкомера и снижения числа крупных стволов ряды распределения смещаются в сторону меньших диаметров; в

посадках невысокой густоты они имеют вид широкого колокола. Это происходит вследствие низкой дифференциации деревьев и слабого проявления механизма регуляции роста и численности деревьев.

Ряды распределения деревьев по высоте показали, что относительно редкие по густоте ценозы характеризуются слабой дифференциацией деревьев по высоте (0,3-0,5 тыс. шт./га). Количество деревьев с предельно максимальными и минимальными высотами единично. Основная доля деревьев в них (до 70 %) имеют высоту, близкую к средней. По мере увеличения густоты древостоя ряды распределения по высоте становятся более широкими (24,7 тыс. шт./га) за счет увеличения доли деревьев очень высоких и очень низких (высокая степень дифференциации) вследствие очень острой конкуренции между деревьями за свет еще на ранних этапах формирования ценоза либо имеют форму «односторонней» кривой (32 тыс. шт./га) из-за того, что большая часть угнетенных деревьев перешла в отпад. Не последнюю роль здесь играет способность каждого дерева адаптироваться к условиям роста и конкурировать за ресурсы среды, в данном случае в большей степени за свет.

Для оценки конкурентных взаимоотношений между деревьями в разногустотных ценозах мы использовали показатель протяженности (длины) кроны. С увеличением густоты молодняков наблюдается уменьшение этого показателя из-за увеличивающейся конкуренции между деревьями за свет. Происходит процесс очищения ствола от сучьев, и процесс этот протекает тем интенсивнее и быстрее, чем больше фактическая густота молодняков. Средний показатель протяженности кроны деревьев ели уменьшается с увеличением густоты примерно в 3,1 раза (от $11,0 \pm 0,4$ до $3,6 \pm 0,6$). Связь между протяженностью кроны деревьев и густотой молодняков очень тесная ($R^2 = 0,91$), аппроксимируется полиномиальным уравнением. Максимальная протяженность кроны деревьев в

разногустотных посадках превышает 12 м и выявлена в редких по густоте ценозах (0,3-0,5 тыс. шт./га); наименьшая – соответствует перегущенным вариантам (24,7-26,7 тыс. шт./га) и составляет 0,2-0,6 м. При увеличении густоты молодняков амплитуда протяженности кроны деревьев возрастает; если в редких посадках разница между минимальными и максимальными размерами кроны составляет всего 54 % (с 5,7 до 12,4 м), то в перегушенных доходит до 92 % (с 0,6 до 8,3 м).

В ряду от редких к загущенным вариантам уменьшается диаметр кроны деревьев (рис. 2а). Наибольший средний диаметр кроны деревьев зафиксирован в посадках минимальной плотности (0,3 тыс. шт./га) и составляет $5,3 \pm 0,2$ м, наименьший – $1,2 \pm 0,1$ м – соответствует перегушенным молоднякам (24,7 тыс. шт./га), т.е. они различаются в 4,4 раза. Связь среднего диаметра кроны деревьев с плотностью молодняков очень тесная ($R^2 = 0,97$). Максимальные диаметры крон деревьев, которые встречаются в разногустотных молодняках, изменяются в пределах от 1,5 до 6,9 м, что превышает средние показатели на 13 и 23 % соответственно. Деревья с такими показателями развиваются в самых редких (0,3 тыс. шт./га) и в загущенных вариантах (24,7 тыс. шт./га). Наименьшие диаметры крон в густотном ряду изменяются от 0,3 до 2,9 м и свойственны очень угнетенным, ослабленным и сильно отстающим в росте деревьям.

Показатель относительной высоты как отношение средней высоты древостоя к его среднему диаметру (Н/Д) использовался для оценки степени сопряженного роста в высоту и по диаметру [14]. Он фиксирует особенности роста в высоту и по диаметру и отражает результат реакции деревьев на ценоотические условия в молодняках разной густоты. На увеличение плотности ценоза деревья реагируют повышенной относительной высотой (рис. 2б). Средняя относительная высота от редких к загущенным вариантам увеличивается примерно в 3 раза. Связь средней относительной высоты с густотой очень тесная ($R^2 = 0,95$), зависимость описывается полиномиальным уравнением. Амплитуда Н/Д в разногустотных молодняках находится в пределах от 43 до 360, причем она наименьшая у толстых деревьев в редких посадках и наибольшая – у тонких в загущенных вариантах. Диапазон средней Н/Д

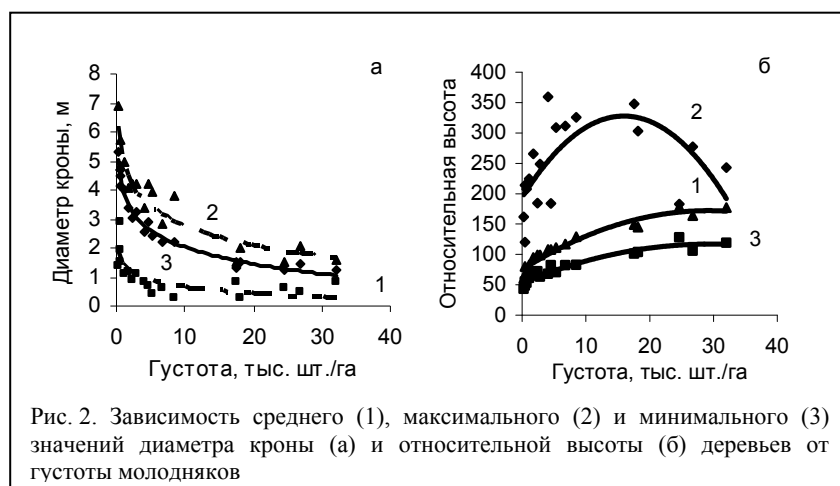


Рис. 2. Зависимость среднего (1), максимального (2) и минимального (3) значений диаметра кроны (а) и относительной высоты (б) деревьев от густоты молодняков

изменяется в гораздо меньших пределах (от $60 \pm 2,4$ до $178 \pm 4,5$). Увеличение показателей относительной высоты с густотой свидетельствует о функционировании ценоотического механизма регуляции роста и численности деревьев, причем чем больше начальная густота посадки, тем раньше и с большей интенсивностью происходит уменьшение количества деревьев в процессе естественного изреживания.

В сильно загущенных посадках у значительного числа деревьев наблюдается диспропорция роста в высоту и по диаметру, вследствие чего и происходит отмирание этих особей.

Другой биометрический показатель, характеризующий остроту взаимоотношений между деревьями в разногустотных молодняках, – это отношение протяженности кроны деревьев к ее диаметру ($L_{кр}/D_{кр}$). Данный параметр показывает, как изменяются характеристики кроны деревьев с увеличением конкуренции между деревьями. По мере возрастания плотности молодняков с 0,3 до 32,0 тыс. шт./га $L_{кр}/D_{кр}$ увеличивается в пределах от 1,8 до 4,2, т.е. деревья из редких ценозов отличаются от загущенных по диспропорции роста на 57 %. Связь показателя $L_{кр}/D_{кр}$ с густотой молодняков умеренная ($R^2 = 0,71$), максимальные значения этого показателя находятся в диапазоне густоты от 17,5 до 24,7 тыс. шт./га, зависимость описывается полиномиальным уравнением.

Таким образом, выявлено существенное различие биометрических показателей 25-летних посадок ели сибирской. С увеличением густоты от 0,3 до 32,0 тыс. шт./га биометрические показатели деревьев изменяются в диапазонах: диаметр ствола – от 1 до 27 см, высота – от 1,8 до 15,4 м, протяженность кроны – от 0,2 до 12,4 м, диаметр кроны – от 0,3 до 6,9 м. Существенно различаются и относительные показатели роста деревьев: Н/Д – от 43 до 360, $L_{кр}/D_{кр}$ – от 1,8 до 4,2, т.е. густота в значительной степени регулирует рост и общую морфоструктуру молодых ценозов ели сибирской.

Индивидуальные и средние параметры роста деревьев и ценозов (диаметр и высота, протяженность кроны и диаметр кроны) определяются густотой вследствие обострения конкурентных взаимоотношений между деревьями за ресурсы среды, приходящиеся на одну особь. В редких же по

густоте молодняках биометрические показатели не взаимодействующих друг с другом отдельных деревьев и их совокупностей, вероятно, отражают генетическую компоненту и ее полиморфизм в регулировании роста и продуктивности древесных растений.

Густота древесных ценозов является объективным показателем прижизненных взаимодействий особей в популяции и одной из главных характеристик оценки структуры и продуктивности. Она отражает степень использования ресурсов среды и оказывает непосредственное влияние на дифференциацию биометрических показателей деревьев в ценозах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бузыкин А.И., Пиеничникова Л.С. Влияние густоты на морфоструктуру и продуктивность культур сосны // Лесоведение, 1999, 1. С. 38-43.
2. Бузыкин А.И., Пиеничникова Л.С., Суховольский В.Г. Густота и продуктивность древесных ценозов. Новосибирск: Наука, 2002. 152 с.
3. Вагин В.А. Моделирование оптимальной густоты еловых древостоев // Лесная пром-ть, 1996, 1. С. 28-33.
4. Гордиенко М.И., Штаблій И.В., Гордиенко Н.М. Влияние густоты посадки культур на производительность насаждений // Лесохозяйственная информация, 1992, 11. С. 42-43.
5. Кайрюкитис Л.А., Юодвалкис А.И. Оптимальная густота еловых молодняков // Тезисы докладов Всесоюз. науч. конф. по проблемам лесовосстановления. М., 1974. С. 128-131.
6. Мартынов А.Н. Густота культур хвойных пород и ее значение. М.: ЦБНТИ Гослесхоз СССР, 1974. 60 с.
7. Мерзленко М.Д., Мельник Г.Г. Влияние густоты культур ели на их рост и производительность // Доклады ТСХА, 1998, 269. С. 344-347.
8. Моисеев В.С. Таксация молодняков. Л.: ЛТА, 1971. 344 с.
9. Петров Н.П. Особенности выбора шага посадки и ширины междурядий при выращивании еловых культур в Среднем Поволжье // Лесохозяйственная информация, 1997, 3. С. 30-32.
10. Побединский А.В. Изучение лесовосстановительных процессов. М.: Наука, 1966. 60 с.
11. Рябоконь А.П. Определение биологического оптимума густоты сосновых древостоев в условиях свежей субори // Лесоведение, 1979, 3. С. 16-23.
12. Титов Ю.Ф. Эффект группы у растений. М.: Наука, 1978. 151 с.
13. Усольцев В.А. Расчленение эдафической и ценогической составляющих продуктивности древостоев по данным густотного эксперимента // Леса Урала и хозяйство в них. Екатеринбург, 1994. С. 77-85.
14. Эйтинген Г.Р. Влияние густоты древостоя (посадки) на рост насаждения // Лесное хоз-во, 1918, вып. 6-8. С. 1-38.
15. Sobachkin R.S., Sobachkin D.S., Buzykin A.I. The influence of stand density on growth of tree conifers species // Tree species effects on soil: implications for global change. NATO Science Series. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2005. Pp. 247-255.

УДК 634.0.18:631.4

ФОРМИРОВАНИЕ ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ В КУЛЬТУРАХ СВЕТЛОХВОЙНЫХ ПОРОД

П.А. ТАРАСОВ, А.Г. ЛУЗГАНОВ

Сибирский государственный технологический университет, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Приводятся основные параметры лесной подстилки (мощность, плотность, запас, состав), которая сформировалась в 60-летних культурах сосны обыкновенной и лиственницы сибирской, произрастающих в однородных условиях. Сделан вывод о более активной трансформации подстилки в культурах лиственницы, что может положительно сказаться на накоплении гумуса в почве и возврате в нее элементов питания.

Расшифровка сложных связей и многообразных взаимоотношений в системе лес – почва является одной из приоритетных задач лесной биогеоценологии. Эти исследования представляют интерес как в общебиологическом плане, так и с позиции решения практических вопросов [13].

В естественных биогеоценозах выделить воздействие на почву отдельных видов древесных пород не представляется возможным из-за труднообразимой пестроты почвенного покрова каждого лесного участка, являющегося результатом сложного и длительного процесса формирования леса [4-6]. В связи с этим еще с начала 70-х годов прошлого века сотрудниками Института леса им. В.Н. Сукачева ведутся комплексные исследования на специально созданных в одинаковых экологических условиях культурах основных лесобразующих пород Сибири с целью выяснения их роли в почвообразовании [10]. Несмотря на уникальность данного научного объекта, размещение саженцев при его создании не соответствовало технологическим схемам, используемым в практике лесокультурного производства. Исходя из этого, свои аналогичные исследования мы проводили в производственных культурах лиственницы сибирской и сосны обыкновенной, произрастающих в однородных почвенно-

климатических условиях зеленой зоны Красноярска, что позволило устранить влияние многих других факторов.

Данные культуры были созданы в 1948 г. методом посева на старопашотных почвах, классифицируемых ранее как дерново-карбонатные типичные известковые среднесуглистые малогумусные тяжелосуглистые [7]. Живой напочвенный покров в культурах, основные таксационные показатели которых представлены в табл. 1, развит слабо и в основном представлен лесными и сорными видами с проективным покрытием 10-20 %.

Таблица 1. Таксационные показатели 60-летних культур

Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Густота, шт./га	Класс бонитета	Полнота	Запас, м ³ /га
Культуры лиственницы сибирской					
15	16	1300	III	0.7	170
Культуры сосны обыкновенной					
20	19	1500	II	0.8	215

Как можно заметить, сосновые культуры несколько превосходят лиственничные по основным показателям. Вероятнее всего, это связано с расположением последних с наветренной стороны и обусловленным этим негативным влиянием ветра на условия их роста и развития.

В данной работе приводятся результаты изучения основных характеристик подстилки, отражающих особенности процесса формирования этого специфического горизонта лесных почв. Известно, что накопление подстилки и последующие превращения зависят от количества, состава и времени поступления опада, а также скорости ее разложения, определяемой климатическим, почвенными и биотическим факторами [9, 16, 17]. Основными характеристиками подстилки, позволяющими судить о соотношении между процессами ее накопления и разложения, являются мощность, плотность, запас, состав и строение [5]. Статистические показатели первых трех из них, полученные стандартными методами [12, 15], приведены в табл. 2.

Таблица 2. Характеристики подстилки в культурах лиственницы (числитель) и сосны (знаменатель)

Характеристики	X	$\pm m_x$	$\pm \sigma$	V, %	P, %	tx	t*
Мощность, см	<u>1,28</u>	<u>0,168</u>	<u>0,531</u>	<u>41,47</u>	<u>13,11</u>	<u>7,63</u>	5,82
	2,52	0,131	0,413	16,39	5,18	19,29	
Плотность, г/см ³	<u>0,115</u>	<u>0,0129</u>	<u>0,041</u>	<u>35,54</u>	<u>11,24</u>	<u>8,90</u>	4,01
	0,062	0,0029	0,009	14,67	4,64	21,56	
Запас, г/м ²	<u>1319</u>	<u>119,64</u>	<u>378,35</u>	<u>28,69</u>	<u>9,07</u>	<u>11,02</u>	1,54
	1558	98,15	310,37	19,92	6,30	15,87	

Анализ таблицы позволяет сделать вывод о более активном накоплении подстилки в культурах сосны, главной причиной которого является большая в сравнении с лиственницей устойчивость соснового опада к разложению, что обусловлено особенностями его химического состава [9].

По мнению Э.П. Поповой и В.Н. Горбачева [14], состав подстилки определяется, с одной стороны, характером насаждений, а с другой – экологическими условиями. Поэтому применительно к нашим исследованиям данная характеристика подстилки, формирующейся в культурах, будет определяться в основном биологическими особенностями сосны и лиственницы. Фракционный состав подстилок, сформировавшихся в исследуемых лесных культурах, представлен в табл. 3. При этом хвою, листья, труху, чешуйки, семена, траву и мелкие (диаметром до 5 мм) ветки объединяют в активную фракцию, которая играет наиболее важную роль в гумусообразовании [5]. В нашем случае в активную фракцию включены все ветки, т.к. их размер не превышал 5 мм.

Таблица 3. Содержание фракций в составе подстилки, % (числитель), и их запас, г/м² (знаменатель)

Кора	Шишки	Мох	Почва	Ветки	Хвоя	Труха, семена, чешуйки	Трава	Активная фракция
Культуры лиственницы сибирской								
<u>3,35</u>	<u>2,59</u>	<u>1,31</u>	<u>3,80</u>	<u>15,93</u>	<u>25,90</u>	<u>45,48</u>	<u>1,51</u>	<u>88,82</u>
44	34	17	50	210	342	600	22	1174
Культуры сосны обыкновенной								
<u>12,04</u>	<u>10,15</u>	<u>4,25</u>	<u>0,51</u>	<u>8,19</u>	<u>16,95</u>	<u>47,87</u>	-	<u>72,98</u>
188	158	66	8	128	264	746	-	1138

Известно, что высокое содержание активной фракции указывает на благоприятные условия для разложения подстилки и высокие темпы этого процесса. Напротив, преобладание полуразложившихся растительных остатков свидетельствует о заторможенной минерализации подстилки [14]. Как видно из

данных табл. 3, почти 89 % подстилки в лиственных культурах представлено активной фракцией, что на 16 % превышает аналогичный показатель культур сосны. При этом как содержание, так и запас трухи в подстилке лиственных культур, напротив, заметно меньше, что является еще одним подтверждением более быстрых, в сравнении с подстилкой под культурами сосны, темпов ее разложения [5, 9].

В немаловажной степени это обусловлено большей населенностью подстилки в лиственных культурах почвенными беспозвоночными, прежде всего, дождевыми червями, играющими важную роль в трансформации органических остатков [1]. Так, по данным И.Н. Безкоровой и З.В. Вишняковой [2], биомасса беспозвоночных в подстилке под культурами лиственницы ($281,9 \text{ мг/м}^2$) почти вдвое превышала аналогичный показатель сосновых культур ($148,3 \text{ мг/м}^2$). В нашем случае о значительном количестве дождевых червей на участке лиственных культур свидетельствует гораздо большее содержание в подстилке частиц почвы, которые заносятся в нее червями [5], а также многочисленные ходы этих беспозвоночных, обнаруженные нами в минеральных горизонтах.

Другим фактором, определяющим более быстрые темпы трансформации подстилки в культурах лиственницы, является большее содержание в ней зольных веществ, обогащенность азотом и благоприятные для почвенных микроорганизмов физико-химические показатели (табл. 4).

Таблица 4. Физико-химические показатели подстилки и содержание в ней углерода и азота

рН водное	Нг	S	V, %	C, %	N общий, %	C:N
	ммоль на 100 г					
Культуры лиственницы сибирской						
6,4	19,1	111,5	85,4	31,8	0,956	33,3
Культуры сосны обыкновенной						
5,8	24,5	55,0	69,2	39,2	0,784	50,0

Как видно из данной таблицы, подстилка в лиственных культурах характеризуется практически нейтральной реакцией, почти на треть меньшей гидролитической кислотностью (H_T), вдвое большей суммой обменных оснований (S) и на 16 % больше насыщена последними (V). В сочетании с лучшей освещенностью лиственных культур это способствует более активному разложению подстилки микроорганизмами. На это указывает более низкое в сравнении с подстилкой в культурах сосны содержание углерода (C). Вследствие этого соотношение C:N, по которому судят о степени минерализации органического вещества, в подстилке лиственных культур составляет 33,3, тогда как в сосновых культурах оно достигает 50, что указывает на очень слабую степень разложения подстилки [3, 11, 17].

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать вывод о более высоких темпах трансформации подстилки в лесных культурах лиственницы сибирской, что может положительно сказаться на накоплении гумуса в почве и возврате в нее элементов питания. Исходя из этого, при создании лесных культур в зеленой зоне г. Красноярска следует шире использовать данную древесную породу, которая к тому же обладает довольно высокими декоративными свойствами и устойчивостью к загрязненным условиям атмосферы [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Безкоровая И.Н. Формирование мезофауны в лесных культурах на старопашотных почвах // Лесоведение, 1994, 5. С. 79-85.
2. Безкоровая И.Н., Вишнякова З.В. Участие почвенной биоты в деструкции подстилок в лесных культурах // Лесоведение, 1996, 2. С. 53-61.
3. Еришов Ю.И. Основы теории почвообразования. Красноярск: КГПУ, 1999. 384 с.
4. Иванушкина КБ., Л.О. Карпачевский. Изменчивость содержания и состава гумуса дерново-подзолистых почв в пределах биогеоценоза // Почвоведение, 1969, 2. С. 58-65.
5. Карпачевский И.О. Лес и лесные почвы. М.: Лесн. пром-ть, 1981. 264 с.
6. Карпачевский Л.О. Пестрота почвенного покрова в лесном биогеоценозе. М.: Изд-во МГУ, 1977. 312 с.
7. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223 с.
8. Лесная энциклопедия: в 2 т. / Г.И. Воробьев и др. Т. 1. М.: Сов. энциклопедия, 1985. 631 с.
9. Мелехов И.С. Лесоведение: Учебник для вузов. М.: Лесн. пром-ть, 1980. 408 с.
10. Моделирование развития искусственных лесных биогеоценозов / Л.С. Шугалей, М.Г. Семечкина, Г.И. Яшихин и др. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1984. 152 с.
11. Мякина Н.Б., Е.В. Аринушкина. Методическое пособие для чтения результатов химических анализов почв. М.: Изд-во МГУ, 1979. 62 с.
12. Павлов Н.В., Смольянов А.С., Вайс А.А. Математические методы в лесном хозяйстве. Красноярск: СибГТУ, 2005. 192 с.
13. Плешиков Ф.И., Рыжова В.А. Особенности взаимосвязи леса и почвы в ленточных борах Минусинской котловины // Плодородие почв Восточной Сибири. Сб. науч. тр. Новосибирск: Сиб. отд-е Россельхозакадемии, 1991. С. 110-119.

14. Попова Э.П., Горбачев В.Н. Особенности формирования и свойства подстилок лесных биогеоценозов Среднего Приангарья // Почвоведение, 1988, 1. С. 109-116.
15. Растворова О.Г. Физика почв (практическое руководство). Л.: Изд-во ЛГУ, 1983. 196 с.
16. Ремезов И.П., Погребняк П.С. Лесное почвоведение. М.: Лесн. пром-ть, 1965. 324 с.
17. Роде А. А., Смирнов В.А. Почвоведение: Учебник для вузов. М.: Высш. шк., 1972. 480 с.

УДК 630* 24

ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ СПОСОБНОСТИ ТЕМНОХВОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЙ СРЕДНЕГО УРАЛА В СВЯЗИ С РУБКАМИ УХОДА

О.В. ТОЛКАЧ¹, С.К. СТЕЦЕНКО¹, Н.Ф. ЧЕРНОУСОВА²

¹Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург

²Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург

АННОТАЦИЯ

На основании экспериментальных рубок ухода 30-летней давности исследованы восстановительные процессы в еловых насаждениях и установлены оптимальные параметры рубок ухода для восстановительной динамики лесных экосистем.

На Среднем Урале доля разновозрастных древостоев составляет 50 % от общей площади эксплуатационных еловых лесов. Их возникновению способствовали не только лесоводственные свойства породы, но и хозяйственная деятельность человека. Возникновение и развитие разновозрастных древостоев в ельниках обусловлено выравниванием возрастов деревьев в результате длительной эксплуатации с применением сплошных рубок или пожарами. Существенных различий между разновозрастными и разновозрастными древостоями по запасу, весовой продуктивности и товарной структуре не установлено. Однако разновозрастным древостоям свойственны более успешный ход лесовосстановительных процессов и лучшие качественные характеристики хвойного подроста, что свидетельствует об их более высокой биологической устойчивости по сравнению с разновозрастными древостоями. Общий экономический эффект от рубок побочного пользования, водорегулирующих функций в разновозрастных древостоях был выше в 1,3-1,5 раза [1]. Вклад в формирование возрастной структуры древостоев может начинаться проведением рубок ухода с оптимальными технологическими параметрами.

С целью выявления влияния интенсивности рубок ухода на восстановительную динамику лесных экосистем исследовались количественные и качественные характеристики подроста в ельнике-сосняке ягодниковом [2] в Среднеуральской низкогорной провинции, южнотаяжском лесорастительном округе. Опытные участки в 19-летнем ельнике были заложены в 1978 г. Рубки проводились в конце октября 1978 г., что исключало заражение патогенами. Интенсивность рубки (прочистки) на разных секциях колебалась от 13 до 61 % по сумме площадей сечения. Через 30 лет там же был сделан повторный учет древостоя и подроста. Интенсивность экспериментальных рубок ухода по числу стволов составила в варианте Б – 15 %, В – 30 %, Г – 45 %, А – контрольный вариант без рубки; по сумме площадей сечений в варианте Б – 19 %, В – 28 %, Г – 61 %; по запасу в варианте Б – 21 %, В – 35 %, Г – 61 %. В момент закладки постоянных пробных площадей (ППП) состав древостоя был 8Е1П1С+Б, возраст древостоя 19 лет, бонитет IV, запас 8,3 м³/га. В 2008 г. возраст древостоя составил 49 лет. Основные таксационные характеристики прошлого и современного периодов приведены в табл. 1.

Из анализа табл. 1 следует, что в насаждениях, не пройденных рубкой, за 30-летний период состав незначительно изменился в сторону снижения доли преобладающей породы, полнота близка к 1, запас древесины – наибольший по сравнению с другими вариантами PPP. При интенсивности рубки по числу стволов 15 и 30 % наблюдается постепенное сближение между собой величин основных таксационных характеристик. По сравнению с состоянием в 1978 г. изменилась в основном густота древостоев. Нарушение пропорций послерубочного состояния древостоев по этому показателю произошло за счет подроста и последующего возобновления. Наибольшие различия наблюдаются между контролем и секцией Г. На последней отмечен наилучший латеральный рост деревьев. Полнота древостоя, несмотря на высокую интенсивность изреживания в прошлом, в настоящее время достигла оптимума; запас хотя и ниже, чем на контроле, но приближается к этому показателю на секциях Б и В. Вполне возможно, что к возрасту спелости большой дифференциации между секциями по запасу наблюдаться не будет. В настоящее время, на наш взгляд, наилучшие условия для роста складываются на секции Г, на что указывает увеличение в ее составе доли ели.

Таблица 1. Основные таксационные характеристики ППП

Показатели	Год	А	Б	В	Г
Состав древостоя	1978	9Е1П+С,Б	8Е1П1Б	7Е1П1С1Б	8Е1П1Б
	2008	8Е1С1П	7Е1С2Б	6Е3С1П	9Е1С+П
Густота, тыс.экз./га	1978	8,95	7,08	4,96	2,80
	2008	4,50	4,90	3,27	3,36
Абсолютная полнота, м ² /га	1978	2,13	1,59	1,59	1,13
	2008	23,24	18,5	18,5	17,1
Относительная полнота	2008	0,997	0,794	0,76	0,698
Запас, м ³ /га	1978	7,2	5,6	5,3	4,11
	2008	135,7	108,0	115,5	106,8
Средний диаметр, см	1978	1,8	1,7	2,0	2,3
	2008	7,71	7,85	7,44	8,58
Средняя высота, м	1978	2,9	2,8	2,9	2,7
	2008	10,7	11,5	12,4	12,1

В контрольном насаждении имеется высокий восстановительный потенциал (рис. 1), но сложившиеся под пологом материнского насаждения микроклиматические условия не соответствуют жизненным потребностям молодых растений, о чем свидетельствует значительная элиминация (рис. 2) подроста, достигшего высоты 1,5 м и выше. При интенсивном изреживании полога (секция Г) формируется генерация подроста, способная в будущем сформировать второй ярус или войти в состав основного полога, а древостой из одновозрастного будет преобразован в разновозрастный. В то же время условия для появления и развития всходов и самосева достаточно пессимальны (рис. 1). Варианты рубок с интенсивностью 15 и 30 % практически равноценны с точки зрения возобновительных процессов. Однако если выбирать из этих вариантов, то предпочтительнее изреживание полога с интенсивностью 15 % (рис. 1, 2).

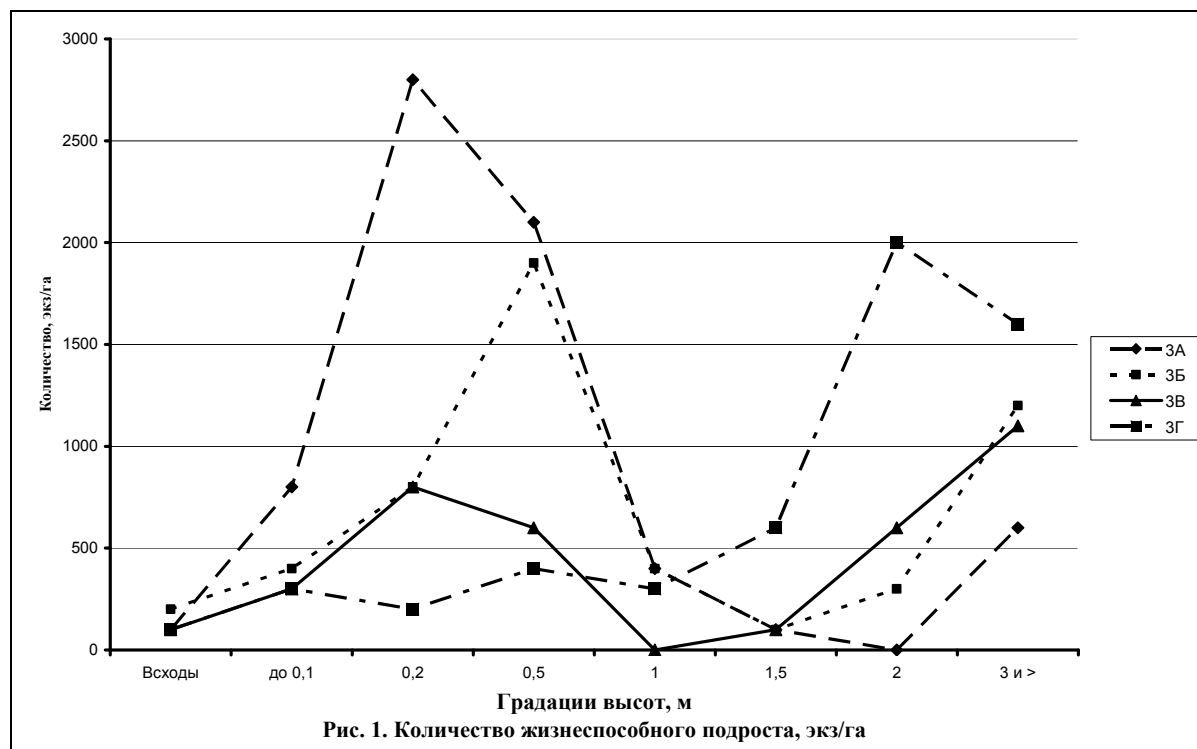
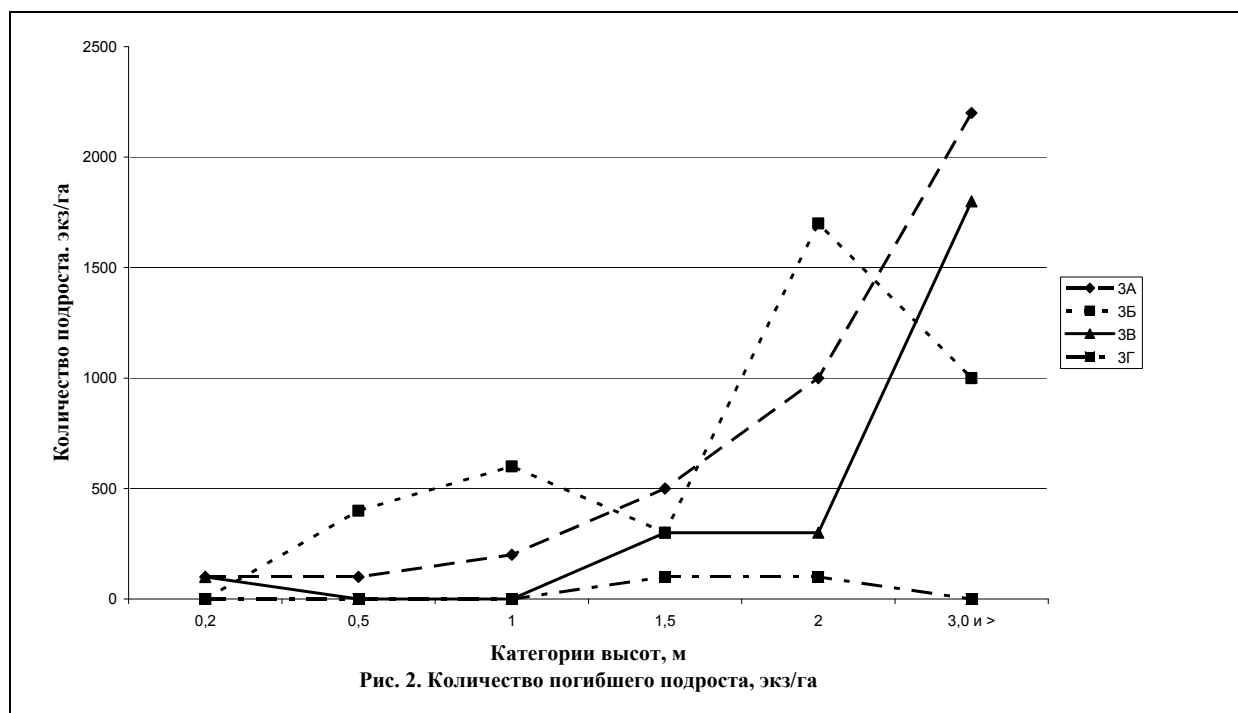


Рис. 1. Количество жизнеспособного подроста, экз/га

Сравнение количества подроста в 19- и 49-летнем насаждениях, возможно, не совсем правомерно, так как в категорию подроста в молодняке могли попасть растения, отставшие в росте. Тем не менее отметим повсеместное, кроме секции В, увеличение количества подроста ели, включая всходы. Оно составило 246 % на контроле, 177 % и 197 % в секциях Б и Г соответственно. При интенсивности рубки 30 % (секция В) отмечено незначительное снижение количества жизнеспособного подроста (12 %).

Таким образом, в еловых молодняках рубки ухода могут наряду с функцией формирования товарных свойств древостоя влиять на возобновительные процессы и в дальнейшем на возрастную структуру насаждений. На основании многолетних исследований для условий Среднего Урала установлено, что высокая степень изреживания (до 45 %) еловых молодняков оптимальным образом

сказывается на восстановительной динамике лесных экосистем.



ЛИТЕРАТУРА

1. Исаева Р.П., Лебедев Ю.В., Толкач О.В. Влияние лесопользования на структуру темнохвойных лесов и их эколого-экономическую ценность // Химико-лесной комплекс: проблемы и решения. Сб. статей по мат. конф. Красноярск: Сиб. гос. техн. ун-т, 2002. С. 137-145.
2. Колесников Б.П. Леса Свердловской области / Леса СССР. Т. 4. 1969. С. 64-124.

УДК 630*228

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПРИЕНИСЕЙСКОЙ СИБИРИ

О.В. ТРЕФИЛОВА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

В работе представлены результаты изучения особенностей структурной и функциональной организации сосняков зеленомошной и лишайниковой групп типов леса в возрастном ряду от 15-20 до 250-260 лет. В основе изучения – анализ показателей структуры (валовой запас углерода, его состав (биомасса, фитодетрит и гумус слоя почвы 0-100 см), соотношение надземной и подземной его составляющих, отношение биомассы и мертвого органического вещества и т.д.) и функционирования экосистем (абсолютный и относительный прирост, коэффициент эффективности прироста фитоценоза, скорость трансформации и оборота органического вещества).

На современном этапе все большее распространение получает выработанная на международном уровне концепция устойчивого развития лесов, базирующаяся на экологических методах управления лесопользованием. Главной идеей концепции является положение о том, что анализ хозяйственного воздействия на леса и прогноз развития экологической ситуации должен основываться на знании закономерностей структурной организации и функционирования лесных экосистем [7].

Среднетаежные сосняки Приенисейской Сибири подвергаются активному промышленному освоению с начала 50-х годов прошлого столетия. В биогеоценотической структуре территории увеличивается доля молодняков и средневозрастных насаждений, восстанавливающихся после рубки.

Изучение особенностей структурно-функциональной организации сосновых насаждений Приенисейской Сибири стало целью нашей работы. Предполагается, что результаты исследований окажутся полезным материалом для обоснования оптимальной биогеоценотической структуры

устойчивого лесопользования в условиях широкомасштабной промышленной вырубки леса.

В работе рассматриваются две преобладающие на данной территории группы типов леса – лишайниковая и зеленомошная. Каждую группу типов леса представляют насаждения ненарушенные, в возрасте 90-100 и 250-260 лет, и восстанавливающиеся после рубки, возрастом 15-20 лет. На месте вырубки лишайниковых сосняков восстановление происходит без смены пород. Для зеленомошных сосняков характерно развитие через стадию мелколиственного, преимущественно березового, молодняка с формированием впоследствии березово-соснового молодого древостоя [6]. Все насаждения пройдены пожарами.

Постоянные пробные площади, характеризующие изучаемые насаждения, расположены в бассейне реки Дубчес. Согласно лесорастительному районированию [5], растительный покров изучаемой территории представляет Сымско-Дубческий лесорастительный округ среднетаежных лесов в пределах Западно-Сибирской равнинной лесорастительной области Западно-Сибирского континентального сектора.

Климат исследуемой территории – континентальный, с абсолютной амплитудой температур 90-95°C и годовым количеством осадков 400-650 мм (ГТК 1,2-1,6), среднегодовая температура воздуха составляет -4,7-4,5°C [6].

Оценка особенностей структуры и функционирования экосистем проводилась по ряду показателей, теоретическое обоснование применения которых для целей нашего исследования приводится в работах [1, 3, 4, 11]:

- 1) валовой запас органического вещества экосистемы (OM) и соотношение надземной (AOM) и подземной (GOM) его составляющих; соотношение между живым и мертвым органическим веществом (B/M). В состав M включены: фитодетрит (подстилка, корневая мортмасса, крупные древесные остатки) и гумус слоя почвы 0-100 см;
- 2) запас фитодетрита (Fd) и соотношение его надземной и подземной составляющих (AFd/GFd);
- 3) гумус в слое почвы 0-100 см (Hum);
- 4) относительный прирост как частное величин чистой первичной продукции и запаса биомассы (NPP/B);
- 5) масса фотосинтезирующих органов фитоценоза;
- 6) индексы эффективности прироста древостоя и насаждения в целом (GEI_s и GEI_f соответственно) как отношение прироста древостоя (насаждения) к массе фотосинтезирующего аппарата древостоя или фитоценоза в целом;
- 7) относительная скорость трансформации органического вещества как частное запасов фитодетрита к величине годичной продукции (Fd/NPP);
- 8) скорость оборота органического вещества в экосистеме как отношение суммы всего живого и мертвого органического вещества к годичной продукции ($(M+B)/NPP$).

Все исходные данные для определения показателей структуры и функционирования экосистем получены общеизвестными методами в результате полевых исследований [2, 8-10].

Результаты проведенной работы показали, что валовой запас органического вещества (по углероду) увеличивается с возрастом древостоя в сосняках зеленомошных от 131 до 200 т С га⁻¹, в лишайниковых – от 76 до 177 т С га⁻¹. Различия по запасам OM в молодняках достигают 43 %, в приспевающих – 17 и в перестойных древостоях – 12 % (табл. 1).

Преобладающая доля (57-79 %) OM сосредоточена в надземной сфере распространения фитоценоза. Насаждения зеленомошного и лишайникового типов схожи по соотношению надземной и подземной составляющих OM . Значение AOM/GOM увеличивается с возрастом древостоя от 3,6-3,9 в молодняках до 5,7-6,4 в перестойных насаждениях (табл. 1).

Запас OM приспевающих и перестойных сосняков на 55-68 % представлен биомассой, 23-30 % приходится на фитодетрит, оставшиеся 8-15 % – на гумус слоя почвы 0-100 см. В сформировавшихся сосняках изучаемых типов леса соотношение живого (B) и мертвого (M) органического вещества равно 2. Исключение составляет приспевающее насаждение лишайниковой группы типов леса, где соотношение B/M равно 1,2. При близких запасах компонентов мертвого органического вещества (фитодетрит и гумус) приспевающий зеленомошный сосняк превосходит по биомассе лишайниковый того же возраста на 32 %. Отношение B/M в молодняках (0,8 и 0,2) свидетельствует о преобладании мертвой органики. Относительная доля биомассы в 20- летнем сосняке зеленомошном составляет 45 %, в лишайниковом – только 17 %.

Большая часть (66-72 %) запасов углерода M сосняков сосредоточена в фитодетрите. Сосняки обеих групп типов леса схожи между собой по массе Fd и характеру ее возрастных изменений. В молодняках запас фитодетрита составляет 45-48 т С га⁻¹, при созревании древостоя он сокращается до 35-37 т С га⁻¹, а затем вновь увеличивается при распаде древостоя до 45-47 т С га⁻¹.

Таблица 1. Показатели структуры и функционирования сосняков Приенисейской Сибири

Показатели	Сосняки зеленомошной группы типов леса			Сосняки лишайниковой группы типов леса		
	20 лет	90 лет	250 лет	15 лет	100 лет	260 лет
Биомасса насаждения (В), т С га ⁻¹	59,7	102,4	131,7	13,2	69,6	117,6
Надземная/подземная биомасса (АВ/GB)	3,6	5,1	5,7	3,9	6,1	6,4
Мертвое органическое вещество (М), т С га ⁻¹	71,8	48,5	68,6	62,4	56,4	59,4
в т.ч. фитодетрит (Fd), %	66	72	69	72	66	76
Надземный /подземный запас фитодетрита (AFd/GFd)	1,5	2,4	4,5	1,7	2,2	6,1
гумус слоя почвы 0-100 см (Hum), т С га ⁻¹	24,2	13,4	21,4	17,2	19,1	14,6
Валовой запас (ОМ)	132	151	200	76	126	177
Надземная/подземная часть ОМ (АОМ/ГОМ)	1,3	2,7	3,0	1,1	2,1	3,0
Масса фотосинтезирующей части фитоценоза, т С га ⁻¹	4,1	5,3	3,9	3,4	4,6	4,2
Прирост биомассы (NPP), т С га ⁻¹	5,6	2,9	2,4	1,6	1,7	1,5
Относительный прирост (NPP/B), %	9,4	2,8	1,8	12,1	2,4	1,3
Индекс эффективности прироста древостоя (GEI _s)	1,3	0,5	0,7	0,8	0,5	0,6
Индекс эффективности прироста насаждения (GEI _f)	1,4	0,5	0,6	0,5	0,4	0,3
ОМ/NPP	23	52	83	47	74	118
Fd/NPP	8	12	20	28	22	30

Соотношение биомассы и фитодетрита, сосредоточенных в надземной и подземной сферах размещения, с возрастом насаждения увеличивается и характеризуется близкими величинами для сосняков зеленомошной и лишайниковой групп в пределах одного класса возраста.

Абсолютные величины прироста (NPP) биомассы насаждений зеленомошной группы в 1,6-3,5 раза выше, чем в лишайниковых (табл. 1). Обеспечивающая данный уровень прироста масса фотосинтезирующей части фитоценоза в целом мало изменяется с возрастом древостоя и по изучаемым типам леса. При этом эффективность «работы» ассимиляционного аппарата (GEI_s) фитоценоза в зеленомошных сосняках на 20-60 % выше, чем в лишайниковых. Таким образом, зеленомошные сосняки можно считать более производительными. Их превосходство обеспечивается за счет более высокого, чем в лишайниковых сосняках, «КПД» зеленой массы нижних ярусов (напочвенный покров, подрост, подлесок). Данный вывод следует из анализа индекса эффективности прироста древостоя (GEI_s): он одинаков для приспевающих и перестойных сосняков зеленомошного и лишайникового типов леса. Разница по GEI_s для молодняков составляет 38 % (табл. 1).

Соотношение прироста и биомассы насаждения (или относительный прирост) снижается в процессе роста древостоя. В пределах изучаемых насаждений наибольшим относительным приростом (NPP/B) характеризуются молодняки. Биомасса 15-летнего лишайникового сосняка ежегодно прирастает на 12 %, 20-летнего зеленомошного – на 9 %. По величине относительного прироста насаждения других стадий развития анализируемых типов леса различаются незначительно: приспевающие – 2,8 и 2,4, перестойные – 1,8 и 1,3 %.

С возрастом относительная скорость трансформации органического вещества фитодетрита в зеленомошных сосняках снижается, в лишайниковых – остается практически неизменной. При близких запасах фитодетрита в сосняках различия, вероятно, обусловлены интенсивностью прироста биомассы, возрастные изменения величины которого в сосняках лишайниковой группы незначительны.

Скорость оборота ОМ снижается с возрастом древостоя. В пределах рассматриваемого интервала развития насаждения (от 15-20 до 250-260 лет) отношение ОМ/NPP в зеленомошных сосняках увеличивается от 23 до 83, в лишайниковых от 47 до 118. Подвижность каждой единицы органического вещества при прохождении всех этапов трансформации первичной продукции – от ее создания до конечных продуктов деструкции – в лишайниковых сосняках на 30-51 % ниже, чем в зеленомошных.

Заключение

На основании анализа показателей структуры экосистем не удалось выявить существенных различий между приспевающими и перестойными сосняками зеленомошного и лишайникового типов леса. Структурные отличия организации молодняков обусловлены особенностями их восстановления: со сменой или без смены породного состава.

По абсолютной величине прироста сосняки зеленомошной группы более продуктивны, чем лишайниковые. Поскольку изучаемые насаждения характеризуются схожими в пределах стадии развития показателями относительного прироста, можно предположить, что различия между сосняками двух типов леса обусловлены запасом биомассы, который, в свою очередь, контролируется в основном

пожарным режимом участка леса. Более высокая эффективность «работы» фотосинтезирующих фракций фитомассы в сосняках зеленомошной группы обеспечивается за счет растений нижних ярусов.

Величины относительной скорости трансформации фитодетрита и скорости оборота или подвижность единицы органического вещества в лишайниковых сосняках выше, чем в зеленомошных. Возможно, именно замедленные темпы оборота углерода позволяют лишайниковым соснякам поддерживать структуру, подобную зеленомошным насаждениям. Таким образом, проведенные исследования подтверждают вывод, сделанный в работе [1], о том, что структура экосистем, определяя их функционирование, сама, в свою очередь, является в значительной степени результатом функционирования экосистем.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ (№№ 07-04-00515а, 08-04-00027а).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Базилевич Н.И., Гребеников О.С., Тишков А.А.* Географическая закономерность структуры и функционирования экосистем. М.: Наука, 1986. 297 с.
2. *Ведрова Э.Ф., Мухоморова Л.В., Станков В.Д.* Цикл углерода в насаждениях разного возраста и состава // Лесные экосистемы Енисейского меридиана. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. С. 240-245.
3. *Герасимов И.П., Исаков Ю.А., Панфилов Д.В.* Внутренний обмен веществ в главных типах природных экосистем на территории СССР // Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1972, 2. С. 5-11.
4. *Ковда В.А.* Биосфера и человечество / Биосфера и ее ресурсы. М.: Наука, 1971. С. 7-52.
5. *Коротков И.А.* Лесорастительное районирование России и республик бывшего СССР // Углерод в экосистемах лесов и болот России / Под ред. В.А. Алексеева, Р.А. Бердси. Красноярск, 1994. С. 29-47.
6. *Куваев В.Б., Шахин Д.А., Роденков А.Н., Телесна В.М.* Естественное восстановление сосновых лесов среднего Енисея после рубок (опыт долговременного комплексного мониторинга). М., 2001. 314 с.
7. *Мозалевская Е.Г.* Система лесопатологического мониторинга в лесах России // Лесное хоз-во, 1995, 5. С. 2-4.
8. *Молчанов А.А., Смирнов В.В.* Методика изучения прироста древесных растений. М.: Изд-во «Наука», 1967. 101 с.
9. *Родин Л.Е., Ремезов Н.П., Базилевич Н.И.* Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. Л.: Наука, 1968. 145 с.
10. *Усольцев В.А., Залесов С.В.* Методы определения биологической продуктивности насаждений. Екатеринбург: УрГЛУ, 2005. 147 с.
11. *Wirth C., Schulze E.D., Kuznetsova V., Milyukova J., Hardes G., Siry M., Schulze B., Vygodskaya N.N.* Comparing the influence of site quality, stand age, fire and climate on aboveground tree production in Siberian Scots pine forests // Tree Physiology, 2002, v. 22. Pp. 537-552.

УДК 630*561.24

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И ОСАДКОВ НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

П.П. ФЕДОРОВ¹, А.Н. НИКОЛАЕВ²

¹Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск

²Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Якутск

АННОТАЦИЯ

Построены древесно-кольцевые хронологии по сосне обыкновенной для территории Центральной Якутии. Проведен статистический анализ годичного прироста деревьев и построенных древесно-кольцевых хронологий. В ходе проведенных исследований оценено влияние климатических факторов на рост древесных пород для различных районов Центральной Якутии. Выявлено, что на рост сосны обыкновенной большое влияние оказывают летние осадки и, наоборот, высокие температуры воздуха отрицательно сказываются на радиальном приросте деревьев.

Район исследований сосновых лесов Центральной Якутии находится в северо-восточной части ареала сосны обыкновенной (*Pinus Sylvestris L.*). Особенности климата и наличие вечной мерзлоты в районе исследований обусловили специфику почвенного и растительного покрова. Центральная Якутия относится к Восточно-Сибирской подобласти светлохвойных лесов Евразийской хвойной лесной области. Общая лесистость района составляет 60-70 %. Здесь преобладают леса среднетаежные из *Larix cajanderi* (86 %), *Pinus sylvestris* (8 %), *Betula platyphilla* (2 %) с небольшой примесью *Picea obovata*. Природа сосновых лесов и особенности их роста и развития хорошо описаны в работах многих исследователей [3-7, 9, 12].

Сосняки занимают хорошо прогреваемые и относительно сухие участки среди лиственничной тайги Лено-Вилуйского и Лено-Амгинского междуречий, а также надпойменные террасы среди лугово-степной растительности в долинах основных рек Центральной Якутии. В типологический состав для

Центральной Якутии входят различные типы толокнянковых сосняков [9]. Сосна произрастает на сухих песчаных и супесчаных хорошо аэрируемых почвах. В работах многих исследователей сказано, что в зоне распространения многолетней мерзлоты сосна образует поверхностную корневую систему. В более поздних работах В.Н. Дохунаева [1] доказано, что в глубоко оттаивающих с благоприятными физико-химическими свойствами почвах у сосны может образоваться стержневая корневая система. Корни сосны принимают поверхностную форму там, где почва сильно увлажнена, оглеена и близко залегает мерзлота. Сосна более чувствительна к ухудшению условий почвогрунта. Поэтому только в более благоприятных для нее условиях выигрывает конкуренцию у лиственницы.

В работах В.Г. Тарабукиной и Д.Д. Саввинова [8] указано, что на легких почвах, протаивающих глубоко и заметно иссушающихся, может произрастать только подрост сосны, тогда как в хорошо увлажненных и плохо прогреваемых тяжелых почвах жизнеспособными оказываются лиственничные молодняки. Сосновые молодняки уступают свои позиции лиственнице на легких почвах только в тех случаях, когда по какой-то причине максимальная мощность сезоннопротаивающего слоя резко

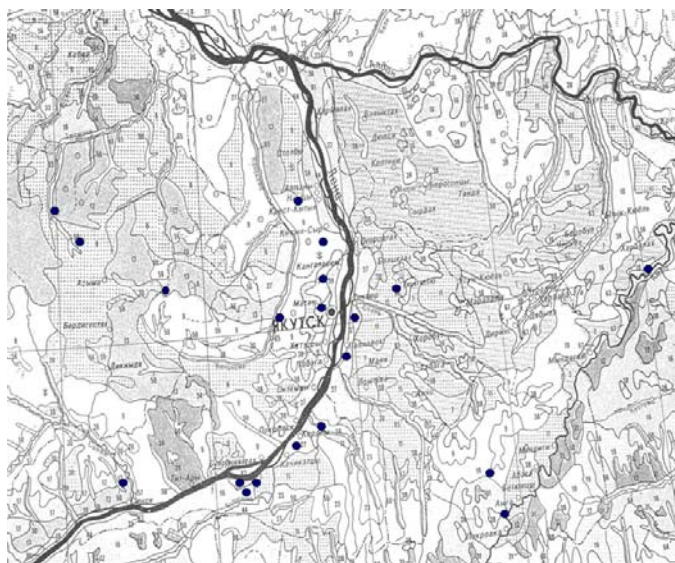


Рис. 1. Район исследований. Точками отмечены места отбора дендрохронологического материала

уменьшается и запас почвенной влаги в корнеобитаемой толще увеличивается. В естественных условиях такое может произойти при условии сильной загущенности соснякового молодняка и сильного затенения поверхности почвы, когда может произойти повышение уровня мерзлоты, которое вызывает некоторое увеличение влажности почвы. В большинстве случаев корни древесных пород, преимущественно располагающиеся в слое до 60 см от поверхности почвы, в песчаных и супесчаных почвенных условиях постоянно испытывают недостаток в почвенной влаге. Лиственничный подрост здесь не выдерживает острой водной конкуренции с сосновым подростом, если даже как-то внедряется первоначально [8]. В связи с этим на таких местопроизрастаниях в основном распространены сосновые леса.

Материалы и методы исследований

Сбор образцов дендрохронологического материала осуществлялся вдоль среднего течения р. Лены (меридиональный трансект) и одного широтного трансекта в Центральной Якутии. Протяженность района исследований с севера на юг от с. Столбы Намского района до п. Синск Хангаласского района составляет более 300 км, а с запада на восток, с западной части Горного района до с. Уолба Таттинского района, – более 400 км. Измерение собранного материала, датировка и построение древесно-кольцевых хронологий было сделано с применением общепринятых в дендрохронологии методов [1, 11, 13-16]. При оценке степени влияния климатических факторов были использованы данные метеостанций Якутск, Покровск, Намцов, Бердигестях, Чурапча и Ытык-Кель, расположенных на территории Центральной Якутии.

Результаты и обсуждения

Проанализирован радиальный прирост 19 обобщенных древесно-кольцевых хронологий по сосне обыкновенной. Корреляционный анализ позволил выявить 4 территориальные группы древесно-кольцевых хронологий сосны, имеющие тесные связи в радиальном приросте. Длительность обобщенных хронологий варьирует от 85 до 299 лет. Средняя ширина годичных колец образцов модельных деревьев увеличивается в направлении с севера на юг. Вдоль широтного трансекта существенных различий не выявлено. С севера на юг наблюдается увеличение среднего радиального прироста от 1,00 до 2,25 мм. Межсерийный коэффициент корреляций древесно-кольцевых хронологий достаточно высок и изменяется в пределах 0,62-0,81. Это указывает на большую согласованность роста деревьев в пределах участка. Наибольшие значения чувствительности хронологий выявлены в восточной части исследуемой территории. Этот район характеризуется в Центральной Якутии как наиболее засушливый. В этих условиях деревья наиболее подвержены воздействию изменений условий внешней среды.

Проведен корреляционный анализ древесно-кольцевых хронологий с данными по температуре воздуха и количеству выпадающих осадков ближайших метеостанций Центральной Якутии (рис. 2).

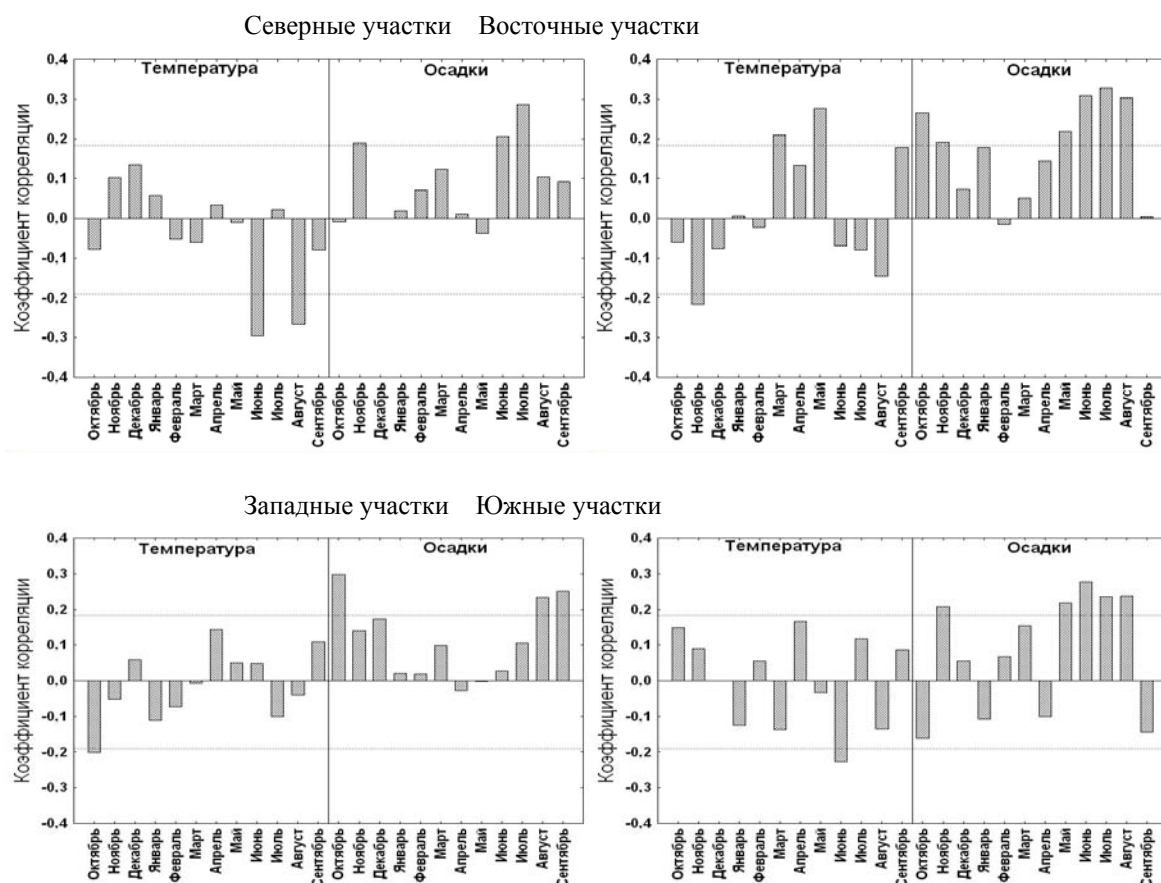


Рис. 2. Корреляции радиального прироста сосны с температурой воздуха и количеством выпадающих осадков. Горизонтальными линиями показаны уровни достоверности

На участках центральной и западной групп в Центральной Якутии прирост сосны показывает положительную корреляцию с температурой апреля. Вероятно, высокие весенние температуры способствуют более раннему сходу снежного покрова и более ранним срокам начала вегетации у сосны по сравнению с лиственницей, к тому же сосна, как правило, занимает более возвышенные места обитания. Интересно, что только на восточных участках произрастания сосны прирост показывает значимую связь с температурой воздуха. Эти участки находятся на северо-восточном пределе произрастания сосны обыкновенной. В летние месяцы температура воздуха (июнь) почти на всех участках имеет отрицательную корреляционную связь с радиальным приростом деревьев сосны.

Для сосны, произрастающей в Центральной Якутии, важна роль осадков, особенно летних месяцев. Для северных участков значимую положительную корреляционную связь с радиальным приростом сосны показывают количество осадков июня и июля. Для центральных, восточных и южных участков важна роль увлажнения всех трех летних месяцев. Для юго-восточных участков значимая положительная корреляционная связь годичного прироста сосны с количеством осадков выявляется в мае и в июне. Для западных участков осадки первой половины лета незначимы. Наибольшее значение осадков для роста сосны показано для участков, расположенных в восточной части Центральной Якутии, поскольку в этом регионе леса испытывают наибольший дефицит увлажнения.

Более подробно влияние климатических условий на радиальный прирост можно проанализировать, используя суточные данные по температуре воздуха и осадкам по метеостанции Якутск. Нами проведен корреляционный анализ хронологий по сосне с ходом температур воздуха и количеством выпадающих осадков по пятидневкам с начала апреля по конец сентября. Результаты анализа выявляют порог в 4°C, после чего ширина годичного кольца у деревьев начинает положительно коррелировать с температурой воздуха. Для Центральной Якутии этот период начинается в среднем 11 мая. С середины мая, когда среднесуточная температура воздуха достигает 7°C, между температурой воздуха и шириной годичного кольца появляется значимая корреляционная связь. При дальнейшем повышении температуры наблюдается снижение корреляции между приростом и температурой воздуха. Данное снижение на приросте сосны происходит в конце мая, когда уровень температуры воздуха повышается до 12°C. При дальнейшем повышении температуры воздуха наблюдается уже отрицательная корреляционная связь. Таким образом, более высокие температуры воздуха негативно сказываются на

радиальном приросте сосен Центральной Якутии. Следует отметить, что наиболее значимые корреляции между температурой воздуха и шириной годовых колец отличаются в течение двух пятидневок. Для сосны характерно значимое влияние осадков с третьей декады мая до конца июля.

Заключение

Анализ роста сосны обыкновенной на территории Центральной Якутии показал, что она произрастает на более сухих местах, где выигрывает конкуренцию у лиственницы – основной лесообразующей породы. Анализ построенных древесно-кольцевых хронологий показал, что для нормального роста сосны необходимо раннее оттаивание почвогрунтов, более высокая температура воздуха мая и достаточное количество выпадающих осадков в июне и июле.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ваганов Е.А., Шиятов С.Г., Мазепа В.С. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике. Новосибирск: Наука, 1996. 246 с.
2. Дохуняев В.Н. Корневая система растений на мерзлотных почвах Якутии. Якутск: ЯФ СО СССР, 1988. 176 с.
3. Медведева Н.С. Сосна в лесах Якутии // Эколого-биологические основы лесоводственных мер в Якутии. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1987. С. 98-107.
4. Николаев А.Н., Федоров П.П. Влияние климатических факторов и термического режима мерзлотных почв Центральной Якутии на радиальный прирост лиственницы и сосны (на примере стационара «Спасская Падь») // Лесоведение, 2004, 6. С. 51-55.
5. Поздняков Л.К. Лиственничные и сосновые леса верхнего Алдана. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 175 с.
6. Поздняков Л.К. Леса Якутской АССР // Леса СССР. М.: Наука. С. 469-537.
7. Усанова В.М. Сосновые леса // Растительность бассейна р. Вилюй. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1962. С. 41-48.
8. Тарабукина В.Г., Саввинов Д.Д. Влияние пожаров на мерзлотные почвы. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1990. 120 с.
9. Тимофеев П.А. Леса Якутии. Якутск: Якутское кн. изд-во, 1980. 150 с.
10. Уткин А.И. Леса Центральной Якутии. М.: Наука, 1965. 208 с.
11. Шиятов С.Г., Ваганов Е.А., Кирдянов А.В. и др. Методы дендрохронологии. Ч. 1. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации: Учебно-методич. пособие. Красноярск: КрасГУ, 2000. 80 с.
12. Щербakov И.П. Лесной покров Северо-Востока СССР. Новосибирск: Наука, 1975. 344 с.
13. Holmes R.L. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement // Tree-ring Bulletin, 1983, vol. 44. Pp. 69-75.
14. Holmes R.L. Dendrochronology program library – users manual. Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, Tucson, Arizona, USA. Updated September, 2001. Электронная версия, 2001.
15. Methods of Dendrochronology. Application in environmental sciences / Eds. Cook E. Et al. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 1990. 394 pp.
16. Rinn F. Tsap version 3.5. Reference Manual. Computer program for tree ring analysis and presentation. Helenberg, Germany, Frank Rinn, 1996. 264 pp.

УДК 634.0.434

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ИССЛЕДОВАНИИ РОЛИ ПИРОГЕННОГО ФАКТОРА В ЛЕСООБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

В.В. ФУРЯЕВ

Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Излагается методологический опыт сопряжённого исследования роли пожаров в лесообразовательном процессе в границах фаций, урочищ и местностей на разных пространственно-временных уровнях.

Для наиболее полной оценки роли пожаров в лесообразовательном процессе необходимо использовать принцип сопряжённого анализа взаимообусловленных явлений. Применительно к решаемой задаче указанный принцип должен включать, как минимум, три пространственно-временных уровня исследования: каковы были масштабы распространения и повторяемость пожаров в прошлом; каков результат воздействия прошлых пожаров на современный лесообразовательный процесс; какова будет послепожарная динамика лесов при исключении пирогенного фактора или в случае сохранения его влияния в будущем.

Первый пространственно-временной уровень исследования мы рассматриваем как ретроспективное выявление масштабов распространения и периодичности воздействия пожаров на лесообразовательный процесс. Следует при этом отметить, что исследование периодичности пожаров

имеет самостоятельное значение для решения многих теоретических и прикладных задач лесоведения и лесной пирологии [4, 5]. В нашем случае оно служит основой для выявления послепожарных восстановительно-возрастных рядов сообществ и разработки системы долгосрочного прогнозирования динамики лесов с учётом возможных пожаров в будущем.

Второй аспект системы сопряжённого исследования рассматривается как интегральная оценка последствий пожаров, реализовавшихся в специфике современного лесообразовательного процесса в границах природных территориальных комплексов (ПТК) разного ранга.

Третий уровень исследований включает прогнозирование пространственно-временной динамики лесов с учётом перманентного воздействия пожаров в будущем. Он реализуется на основе взаимоувязки результатов исследований по первым двум блокам системного решения задачи.

В соответствии с системным подходом исследование повторяемости пожаров в прошлом, современного послепожарного лесообразовательного процесса, нарушенности лесов пожарами и прогнозирования пространственно-временной динамики сообществ мы проводили на ландшафтной основе [9, 10].

Картирование прошлых пожаров. Накоплен опыт выявления прошлых пожаров и особенностей их распространения с использованием в качестве исходных единиц картирования ПТК разного ранга – фаций, урочищ и местностей. Наземные работы по выявлению пожаров проводили на ландшафтных профилях, охватывающих все виды фаций исследуемого ландшафта. Ландшафтный подход позволил рационализировать поиски бывших пожаров, выявляемых с использованием дендрохронологического метода [1, 4] и косвенных признаков наличия огневого воздействия [10].

Следствием прошлых пожаров является наличие на территории ландшафта стадий восстановительно-возрастной динамики лесов. При этом мы исходим из того, что послепожарное восстановление сообществ в рамках фации – это взаимообусловленное изменение растительности и среды её обитания, приводящее к формированию последовательно сменяющихся биогеоценозов, образующих ряды послепожарной динамики сообществ. Такие ряды В.Б. Сочава [6] называет пирогенными модификациями фаций. Ряды состоят из различных по масштабу времени и морфологического сложения стадий растительности, являющихся этапами лесообразовательного процесса в представлении Б.П. Колесникова [3].

Выявление послепожарной динамики лесов крупных ландшафтов без использования дистанционных методов представляет весьма трудную задачу. Опыт показал, что наиболее полное решение её возможно при оптимальном сочетании наземного метода изучения с использованием аэрокосмической информации. При этом возможность интерпретации ландшафтной основы при исследовании послепожарного формирования лесов вытекает из комплексной природы ландшафтных выделов, тесной сопряжённости компонентов и элементов ПТК внутри них [2, 9]. На основе разномасштабной последовательной съёмки территории разработана ступенчатая система картирования послепожарных стадий. Методическим основанием для её разработки послужила объективно существующая возможность генерализации ПТК от мелких и относительно простых до крупных и более сложных с соответствующим объединением послепожарных сообществ в относительно однородные совокупности [9]. В зависимости от принятого масштаба картирования динамику производных сообществ во времени показывали либо в виде индивидуальных стадий (крупномасштабное картирование на уровне фаций и классов фаций), либо в виде обобщённых, соответствующих преобладающим в урочище коренным темнохвойным или сосновым сообществам (среднемасштабное картографирование на уровне урочищ).

Для выявления соотношения коренных и производных послепожарных сообществ в границах ПТК фиксировали восстановительные, возрастные и дигрессивные смены пород, причиной которых послужили лесные пожары. Пространственное размещение послепожарных сообществ выявляли ландшафтным методом их дешифрирования по аэрокосмическим снимкам [9]. В качестве дополнительных источников информации использовали карты лесов и материалы лесоустройства.

Нарушенность лесов пожарами определяли как отношение площади производных послепожарных сообществ к общей лесной площади в границах ПТК. Показатель нарушенности в нашем представлении характеризует наиболее существенные длительно-временные последствия пожаров, которые выражаются в частичной или полной смене пород или возрастных поколений, т.е. в возникновении и формировании на гарях молодых хвойных насаждений.

Система моделирования и прогнозирования пространственно-временной динамики лесов разработана на основе принципа сопряжённого исследования воздействия пирогенного фактора на лесообразовательный процесс. Он включает в себя дифференцировку земной поверхности на ПТК, данные о пирологических режимах и горимости лесов, восстановительно-возрастные ряды послепожарной динамики в границах ПТК. Первым этапом в решении этой задачи являлось построение пространственных моделей, имитирующих долговременную динамику лесов различных территорий, происходящую под влиянием пожаров [7]. Пространственными указанные модели называются потому,

что они описывают динамику лесов на достаточно большой, экологически неоднородной территории с учётом взаимодействия слагающих их природных комплексов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ваганов Е.А., Арбатская М.К. История климата и частота пожаров в центральной части Красноярского края. 1. Климатические условия сезона роста и распределение пожаров в сезоне // Сиб. экол. журн., 1996, 1. С. 9-19.
2. Киреев Д.М. Методы изучения лесов по аэроснимкам. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1977. 212 с.
3. Колесников Б.П. Генетический этап в лесной типологии и его задачи // Лесоведение, 1974, 2. С. 3-15.
4. Мелехов И.С. Влияние пожаров на лес. М.-Л.: Гослестехиздат, 1948. 126 с.
5. Санников С.Н. Лесные пожары как эволюционно-экологический фактор возобновления популяций сосны в Зауралье // Горение и пожары в лесу. Красноярск, 1973. С. 236-277.
6. Сочава В.Б. Исходные положения типизации земель на ландшафтно-геоботанической основе // Докл. Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР. Вып. 2. Иркутск, 1959. С. 3-20.
7. Тер-Микаэлян М.Т., Фуряев В.В. Модель пространственно-временной динамики лесов при воздействии пожаров // Экологическое прогнозирование и моделирование. Т. 2. Л.: Гидрометеиздат, 1988. С. 260-275.
8. Фуряев В.В., Киреев Д.М. Изучение послепожарной динамики лесов на ландшафтной основе. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е АН СССР, 1979. 160 с.
9. Фуряев В.В., Киреев Д.М. Изучение послепожарного формирования лесов по космическим снимкам // Дистанционное изучение структуры таёжных ландшафтов. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е АН СССР, 1981. С. 3-36.
10. Фуряев В.В. Роль пожаров в процессе лесообразования. Новосибирск: Наука, Сиб. издат. фирма РАН, 1996. 253 с.

УДК 634.0.434

ИНДИКАЦИОННЫЕ ПРИЗНАКИ ПОЖАРОУСТОЙЧИВОСТИ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА СТАДИЯХ ЛЕСООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

И.В. ФУРЯЕВ¹, С.Д. САМСОНЕНКО², В.В. ФУРЯЕВ¹

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

²ООО «Бобровский лесокомбинат» Алтайского края

В послепожарном лесообразовательном процессе в местах произрастания сосняков мшисто-ягодных Верхне-Обского массива выделено шесть восстановительно-возрастных стадий. Дана оценка девяти индикационных признаков, характеризующих класс пожароустойчивости насаждений на каждой стадии.

В лесоводственной литературе существует чёткое представление о том, что генезис и возрастное строение сосновых лесов определяется, в большинстве случаев, воздействием пожаров, часто принимающих характер циклических [1, 3]. Исследованиями было указано, что выявление и картографирование стадий послепожарной динамики помимо преследования лесоводственных и таксационных целей является одним из возможных путей решения важной задачи лесной пирологии – разработки методов индикации, оценки и повышения пожароустойчивости сосняков разного возраста [9]. Важно, что в этом случае реализуется динамический подход, который открывает возможность прогнозирования пожароустойчивости насаждений в соответствии с их восстановительно-возрастными изменениями.

Известно, что в сосновых сообществах в качестве главного признака восстановительно-возрастной динамики принимается возраст основного поколения древостоев. Этим сосняки отличаются от темнохвойных насаждений, где более информативным показателем принадлежности сообщества к той или иной стадии и фактором биогеоценотических взаимоотношений является состав пород [4, 8, 9]. Возраст основного поколения сосняков таёжной зоны в абсолютном большинстве случаев обусловлен давностью наиболее сильного пожара [1, 2, 5, 6]. Кроме того, с учётом определенной закономерности в возникновении последующих пожаров с возрастом основного поколения древостоя так или иначе взаимосвязаны: масса и соотношение разных видов лесных горючих материалов (ЛГМ), количество, состав и высота подроста, то есть основные факторы, обуславливающие пожароустойчивость насаждений [7]. Таким образом, выделение восстановительно-возрастных стадий в сосняках через возраст основного поколения древостоя косвенно учитывает многолетнюю повторяемость пожаров, присущую каждому типу условий местопроизрастания.

Изложенный здесь методический подход использован нами при исследовании послепожарной динамики и выявлении индикационных признаков, характеризующих различную пожароустойчивость насаждений сосняков мшисто-ягодных Верхне-Обского массива. При этом необходимо учитывать, чтобы стадии и индикационные признаки пожароустойчивости были достаточно физиономичными по

морфологической структуре и надёжно выявлялись на аэрокосмических снимках, что открывает возможность разномасштабного картографирования.

Для выделения восстановительно-возрастных стадий в сосняках мшисто-ягодных было заложено 12 пробных площадей. В дополнение к пробным площадям проанализировано около 180 выделов с таксационной характеристикой сосняков мшисто-ягодных разного возраста. Установлено, что после полной гибели материнского древостоя в условиях местопрорастания сосняков мшисто-ягодных формирование типа леса происходит через следующие восстановительно-возрастные стадии, существенно различающиеся по степени пожароустойчивости (табл. 1). Для её оценки на каждой стадии нами использовано девять наиболее важных индикационных признаков: средний возраст древостоя; примесь лиственных в его составе; средняя высота и диаметр; количество и высота подроста; масса напочвенных ЛГМ.

Средний возраст на стадиях изменяется от 15 до 290 лет. В соответствии с его динамикой находится балльная оценка этого признака пожароустойчивости. Наиболее низким баллом оценивается устойчивость к воздействию пожаров молодняков I класса возраста. Наиболее высокий балл характерен для IV стадии, представленной средневозрастными и приспевающими древостоями. У спелых и перестойных насаждений пожароустойчивость снижается.

Состав древесных пород обуславливает особенности распространения и развития пожаров. Кроме того, основные лесообразующие породы чётко различаются по своей огнестойкости, располагаясь в следующем ряду в порядке её убывания: лиственница, сосна, берёза, кедр, ель, пихта, осина. По данным нашего исследования, примесь берёзы в составе сосняков мшисто-ягодных изменяется от 20 % на II стадии до 5 % на V и IV и в большинстве случаев оценивается низким баллом пожароустойчивости.

О роли средней высоты древостоев как индикатора пожароустойчивости насаждений каких-либо сведений в отечественной и зарубежной литературе мы не обнаружили. Вместе с тем среди лесоводов-практиков существует мнение, что высота древостоев во многих случаях определяет вероятность перехода огня в низкорасположенные кроны деревьев и преобразование низового пожара в верховой. Принято считать, что в сосняках протяжённость кроны составляет примерно 50 % общей высоты дерева. Следовательно, чем меньше высота древостоя, тем ниже расположены кроны деревьев, тем вероятнее переход низового пожара в верховой и увеличение послепожарного отпада деревьев. Всё вышеизложенное показывает, что высота древостоев, безусловно, является одним из важных признаков пожароустойчивости насаждений, и учёт её имеет значение в процедуре общей оценки. При этом очевидно, что амплитуда высот древостоев напрямую зависит от климатических и лесорастительных условий регионов. Как следует из наших данных, средняя высота древостоев изменяется от 2 м на стадии молодняков I класса возраста до 25 м на IV стадии. В соответствии с динамикой высоты балл пожароустойчивости насаждений на разных стадиях характеризуется как низкий, средний или высокий.

Таблица 1. Лесоводственно-пирологическая характеристика индикационных признаков пожароустойчивости сосняков мшисто-ягодных на восстановительно-возрастных стадиях

Восстановительно-возрастная стадия	Индикационные признаки								Сумма баллов оценки девяти индикационных признаков	Класс пожароустойчивости	
	древостой					подрост					Масса ЛГМ, кг /м ²
	Средний возраст, лет	Примесь лиственных, %	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Полнота	Примесь лиственных, %	Количество, тыс. шт. / га	Высота, м			
II	15/1	20/2	2/1	2/1	0,6/2	-	-		0,8/3	10	III
III	35/2	10/1	5/1	4/1	0,6/2	-	-		1,1/3	10	III
IV	70/3	10/1	20/2	17/2	0,7/3	6/1	2/2	0,5/3	2,8/2	21	I
V	180/2	5/1	23/2	22/3	0,8/3	4/1	2/2	1,0/2	2,9/2	18	II
VI	250/1	5/1	25/3	26/3	0,5/2	3/1	4/2	1,5/2	2,2/2	17	II

Примечание. Числитель – абсолютное значение индикационного признака, знаменатель – оценка в баллах.

Средний диаметр древостоя. Исследования многих авторов показали, что отпад деревьев во время и после пожара при прочих равных условиях в наибольшей степени обусловлен их диаметром. Следовательно, этот индикационный признак в лесопирологическом смысле является наиболее важным фактором пожароустойчивости. Как следует из таблицы, средний диаметр древостоев на восстановительно-возрастных стадиях сосняков мшисто-ягодных изменяется от 2 см на II стадии до 26 см на IV. Балльная оценка диаметров в указанном диапазоне колеблется от низкой до средней и высокой степени пожароустойчивости.

Полнота древостоя. Установлено, что в низкополнотных (0,3-0,4) изреженных насаждениях

развиваются сильные низовые пожары с последующим большим отпадом деревьев. В насаждениях с высокой полнотой древостоев (0,7-1,0) при низких классах пожарной опасности погоды (1-2 класс) возникают и распространяются лишь пожары слабой и средней интенсивности горения, вызывающие относительно небольшие повреждения древостоев. И, наоборот, при высоких классах пожарной опасности погоды в насаждениях с высокой полнотой древостоев возникают разрушительные пожары, приводящие к гибели всех компонентов экосистемы. Таким образом, высокая полнота древостоев при пожарах обуславливает более высокий отпад деревьев. Как следует из таблицы, полнота древостоев колеблется от 0,6 единицы на II и III восстановительно-возрастных стадиях до 0,8 на V стадии. Балльная оценка полноты на разных стадиях соответствует её среднему и высокому значениям.

Примесь лиственных в составе подроста. С составом подроста ещё в большей степени, чем с составом древостоя взаимосвязаны условия возникновения и, особенно, распространения и развития пожара. В насаждениях с наличием в составе подроста осины и берёзы уменьшается интенсивность низовых пожаров и степень повреждаемости фитоценозов. Неслучайно состав подроста, его количество и высота отнесены к важным факторам, учёт и оценка которых необходимы для прогнозирования пожароустойчивости насаждений. В условиях произрастания сосняков мшисто-ягодных подрост отсутствует на II и III стадиях лесообразовательного процесса, а примесь лиственных в составе подроста на IV, V и VI стадиях изменяется соответственно от 6 до 3 %, что по экспертной шкале характеризуется низким баллом пожароустойчивости.

Количество подроста на стадиях колеблется от 2 до 4 тыс. шт./га и оценивается средним баллом устойчивости к пожарам. Высота подроста на IV стадии оценивается высоким баллом, а на V и VI – средним баллом пожароустойчивости.

Масса или запас ЛГМ. безусловно, оказывает влияние на характер пожаров и повреждаемость огнём древостоев различных типов насаждений. На разных стадиях сосняка мшисто-ягодного масса ЛГМ варьируется от 0,75 до 2,9 кг/м² и оценивается от среднего до высокого балла пожароустойчивости. Как показывает сопоставление с другими экорегионами и типами насаждений, масса ЛГМ в условиях Верхне-Обского массива невелика.

По местным шкалам экспертной оценки факторов пожароустойчивости сумма баллов на II и III стадиях восстановительно-возрастной динамики сосняков мшисто-ягодных составляет 10 условных единиц, что соответствует низкому **классу** пожароустойчивости. К высокому классу пожароустойчивости отнесены приспевающие насаждения V стадии, среднему – спелые и перестойные сообщества.

Таким образом, индикационные признаки показывают разную устойчивость насаждений сосняков мшисто-ягодных на стадиях послепожарного лесообразовательного процесса. Динамический подход к индикации и оценке пожароустойчивости открывает путь для её прогнозирования и картографирования. Ранжирование насаждений по индикационным признакам целесообразно использовать при проектировании мероприятий, направленных на повышение пожароустойчивости лесов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Верхунов П.М.* Генезис и возрастное строение современных сосновых лесов Сибири // Лесоводственные исследования в лесах Сибири. Вып. 2. Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1970. С. 7-58.
2. *Комин Г.Е.* Влияние пожаров на возрастную структуру и рост северотаёжных заболоченных сосняков Зауралья // Типы и динамика лесов Урала и Зауралья. Свердловск: УФ АН СССР, 1967. С. 207-222.
3. *Побединский А.В.* Сосновые леса Средней Сибири и Забайкалья. М.: Наука, 1965. 258 с.
4. *Седых В.Н.* Динамика кедровых лесов среднетаёжного Приобья. Автореф. дис....канд. наук: 03.00.16. Свердловск: Ин-т экологии растений и животных УФ АН СССР, 1974. 31 с.
5. *Ткаченко М.Е.* Леса Сибири // Труды по лесному опытному делу России. Вып. 25. Спб., 1911. 91 с.
6. *Тюрин А.В.* Основы хозяйства в сосновых лесах. М.: Новая деревня, 1925. 144 с.
7. *Фураев В.В.* Пожароустойчивость лесов и методы её повышения // Прогнозирование лесных пожаров. Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1978. С. 123-145.
8. *Фураев В.В., Киреев Д.М.* Изучение послепожарной динамики лесов на ландшафтной основе. Новосибирск: Наука, 1979. 160 с.
9. *Фураев В.В., Злобина Л.П.* Восстановительно-возрастная динамика сосняков лишайниковых под влиянием циклических пожаров // Лесные пожары и их последствия. Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1985. С. 83-92.

НАЧАЛЬНЫЙ ЭТАП ПОСЛЕПОЖАРНОГО ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЯ В СРЕДНЕТАЕЖНЫХ СОСНЯКАХ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

П.А. ЦВЕТКОВ

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Прослежена динамика появления и выживания всходов сосны обыкновенной после крупномасштабных контролируемых выжиганий. Дана количественная и качественная оценка пирогенных генераций сосны обыкновенной в подзоне средней тайги Средней Сибири. Установлена зависимость появления всходов от толщины недогоревшего слоя лесной подстилки.

Сосновые леса Средней Сибири отличаются повышенной природной пожарной опасностью и являются наиболее горимыми формациями. На их долю приходится более половины всех пожаров, среди которых преобладают низовые. Для лесов средней тайги характерны два пожарных максимума – весенне-летний и летне-осенний. Весной возникают беглые низовые пожары. В летний период распространены подстилочно-гумусовые и подлесно-кустарниковые пожары. Некоторые из них могут развиваться в верховые. Средняя многолетняя повторяемость пожаров в преобладающих здесь сосняках-зеленомошниках составляет 40-50 лет. При этом пожары по вине людей обычно тяготеют к населенным пунктам и путям транспорта. Пожары же от молний могут возникать в самых отдаленных, труднодоступных местах. Тушить такие пожары начинают обычно с большим опозданием, и они охватывают сотни и даже тысячи гектаров леса. В результате образуются огромные площади гарей, которые не всегда возобновляются главными породами. Поэтому весьма актуальными являются вопрос оценки естественного лесовозобновления на гарях и в случае необходимости принятия мер содействия формированию нового поколения леса. Как известно, естественное возобновление – ключевой вопрос лесообразовательного процесса, оно является биологической предпосылкой длительного существования лесных экосистем. Особое значение имеет его начальный этап, во многом определяющий успешность лесообразования.

Целью наших исследований было: проследить динамику появления и выживания сосны на гарях, дать оценку послепожарному лесовозобновлению в сосновых лесах подзоны средней тайги, установить зависимость появления всходов от толщины недогоревшего слоя лесной подстилки, определить возобновительную эффективность пожаров.

Исследования проведены в равнинных среднетаежных сосновых насаждениях зеленомошной группы типов леса, которая здесь преобладает. Объектами служили чистые сосняки с редкой примесью березы. Были подобраны и отбиты 11 экспериментальных полигонов размером 200x200 м. На них размечены и закреплены опорные сетки 150x150 м, разбитые на квадраты со стороной 25 м, служившие основой для привязки учетных площадок. Возраст древостоев – 120-180 лет, высота – 18-22 м, диаметр – 24-28 см, полнота – 0,6-0,9, запасы стволовой древесины – 150-300 м³/га, класс бонитета – III-IV. На полигонах были проведены крупномасштабные контролируемые выжигания. Силу пожара определяли по средней высоте пламени: до 0,5 м – слабый; 0,6-1,5 м – средней силы; более 1,5 м – сильный. По своим площадям, характеру горения, распространения и последствиям экспериментальные пожары были максимально приближены к естественным.

При оценке лесовозобновления ему давались количественная и качественная характеристики. Количественные показатели определяли по методике [3] до и после проведения выжиганий на экспериментальных полигонах, где закладывали по 25-30 учетных площадок размером 1x1 м. Площадки располагали равномерно по площади полигонов путем привязки к точкам опорной сетки. При учете выделяли всходы, самосев и подрост. Динамику появления всходов и их выживание отслеживали методом повторных наблюдений на одних и тех же закрепленных на местности учетных площадках.

Качественную характеристику естественного возобновления устанавливали по его жизненному состоянию, используя методику [1]. Согласно этой методике все экземпляры всходов, самосева и подростов при учете в лесу визуально подразделяли на здоровые, ослабленные, усыхающие и сухие. Жизненное состояние субценопопуляций естественного возобновления в целом рассчитывали по соотношению в них особей подростов разной жизнеспособности.

Лесовозобновительную эффективность пожаров находили как отношение числа всходов на выжженных участках к числу всходов на контроле.

Для выявления зависимости числа всходов от толщины недогоревшего слоя лесной подстилки её замеряли на тех же учетных площадках с трехкратной повторностью. Число всходов затем сопоставляли со средним значением толщины подстилки.

В результате проведенных исследований установлено, что численность естественного возобновления под пологом зеленомошных сосняков до пожара была высокой и варьировалась от 12,5 до 29,5 тыс. экз. на 1 га. Поэтому количественную оценку начального этапа лесовозобновительного процесса в данном регионе согласно методике [3] можно признать удовлетворительной. Качественное же состояние допожарных субценопопуляций подроста в ряде случаев оценивается как ослабленное. Причиной ослабления являются болезни ассимилирующего аппарата: шютте обыкновенное, снежное, серое, цинангиевый некроз и биоторелловый рак, а также конкурентные отношения с живым напочвенным покровом и древостоем.

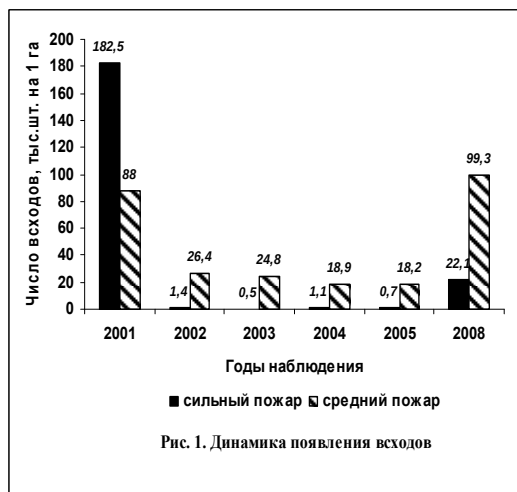


Рис. 1. Динамика появления всходов

Для оценки послепожарного возобновления были проведены наблюдения на гарях. Появление всходов на участках, пройденных контролируемым низовым огнем в 2000 году, представлено на рис. 1, где показана динамика их поселения за 8 лет. Из рисунка видно, что на следующий после пожара год на гарях появились массовые всходы сосны. Следовательно, на пройденных пожаром участках сложились благоприятные условия. В сочетании с обильным плодоношением сосны это способствовало хорошему естественному возобновлению. Однако в последующем, вплоть до 2008 года, появление всходов после сильного пожара резко сократилось. Это свидетельствует об ухудшении условий среды для прорастания семян и укоренения всходов. Возможными причинами являются засушливые годы, уплотнение субстрата, его повышенная щелочность, сухость и перегрев черной поверхности почвы. 2008 год характеризовался высокой влажностью, осадков выпало

больше многолетней нормы, что способствовало обильному появлению всходов.



Рис. 2. Динамика выживания подроста первой послепожарной генерации

При оценке естественного возобновления важно проследить динамику выживания всходов. Изменение численности первой послепожарной генерации сосны по годам представлено кривыми выживания (рис. 2). Вычисляли её в процентах от числа всходов в первый послепожарный год по данным повторных наблюдений на одних и тех же постоянных учетных площадках. Приведенные кривые выживания показывают, что численность всходов с годами резко уменьшается. Так, в первые 8 лет после пожара погибло более 95 % появившихся всходов. Массовая гибель обусловлена конкуренцией как между ними, так и со стороны сохранившегося древостоя. Кроме того, всходы могли быть частично уничтожены мышевидными грызунами и птицами.

Рассмотренные показатели характеризуют количественную сторону появления всходов сосны на гарях. Однако не менее важной является качественная их характеристика, обусловленная различным жизненным состоянием, которое отражает степень соответствия условий послепожарного экотопа

экологическим потребностям сосны обыкновенной. На основе обследования и последующих расчетов по методике [1] было установлено, что жизненное состояние субценопопуляций всходов сосны после пожаров в основном оценивается как здоровое.

Одним из важных факторов, определяющих успешность лесовозобновления на начальном его этапе, является толщина лесной подстилки. Установлено, что наилучшие условия для появления всходов сосны на гарях в среднетаежных сосняках Средней Сибири складываются при толщине недогоревшего слоя лесной подстилки около 3 см (рис. 3). При большей, равно как и при меньшей толщине подстилки число всходов существенно сокращается.

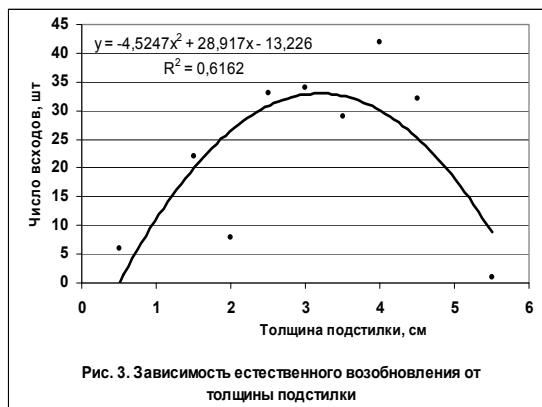


Рис. 3. Зависимость естественного возобновления от толщины подстилки

Это объясняется тем, что толстый ее слой является механическим препятствием для проникновения семян в почву. Задерживаясь в лесной подстилке, семена либо не прорастают, либо их проростки не достигают почвы, и в итоге всходы засыхают. Кроме того, застрявшие в подстилке семена уничтожаются птицами и мышевидными грызунами. При малой же толщине подстилки ухудшаются трофические условия почвы, т.к. известно [2], что в ней аккумулируются органические и минеральные питательные вещества, она насыщена микроорганизмами, обладает рыхлым сложением, высокой влагоёмкостью, оптимальным воздушным и тепловым режимами. При сильном же выгорании подстилки отмеченные условия нарушаются и формируется неблагоприятный субстрат для появления и роста всходов. Поэтому численность их также уменьшается.

Для оценки лесовозобновительной эффективности пожаров мы сопоставляли число всходов на горях с числом их на контроле. Оказалось, что после сильных пожаров число всходов на горях было в 5-7, а после пожаров средней силы – в 3-5 раз больше, чем на контрольных участках. Это говорит об определенной лесовозобновительной эффективности пожаров. Являясь типичным пирофитом, сосна обыкновенная активно заселяет гари, хорошо растет и развивается на них. Условия послепожарного экотопа соответствуют экологическим требованиям данной породы. Поэтому пожары, воздействуя на живой напочвенный покров, частично минерализуя и нарушая его непрерывность, формируют благоприятную для роста и развития всходов среду. Тем самым они являются природным фактором, содействующим естественному возобновлению сосны обыкновенной.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Количественную оценку начального этапа лесовозобновительного процесса можно признать удовлетворительной, т.к. репродуктивный потенциал среднетаежных сосняков Средней Сибири вполне достаточен для формирования после низовых пожаров новых поколений леса.

2. Жизненное состояние допожарных субценопопуляций подрост сосны характеризуется как ослабленное. Главной причиной ослабления являются болезни ассимилирующего аппарата. Кроме того, подрост испытывает угнетение со стороны живого напочвенного покрова и древесного яруса. Состояние же послепожарных генераций оценивается в основном как здоровое. Но со временем оно также постепенно ухудшается.

3. Оптимальная толщина недогоревшего слоя лесной подстилки, при которой появляется наибольшее число всходов сосны обыкновенной, составляет 3 см. Более мощная подстилка является механическим препятствием для проникновения семян в почву. При сильном же ее выгорании ухудшаются трофические и гидротермические условия, т.к. подстилка является биологически высокоактивным образованием. Обе крайности приводят к формированию менее благоприятных условий для прорастания семян и последующего роста всходов. Связь между числом всходов и толщиной недогоревшего слоя лесной подстилки удовлетворительно описывается уравнением полинома второй степени. Коэффициент достоверности аппроксимации (R^2) при этом составил 0,6162. Полученные зависимости имеют, по-видимому, региональный характер, что, однако, требует подтверждения.

4. Результаты исследования могут быть полезны при прогнозировании хода лесовозобновительного процесса, проведении мониторинга, экологических экспертиз, планировании соответствующих хозяйственных мероприятий в среднетаежных лесах Средней Сибири.

Работа выполнена при финансовой поддержке NASA и Федеральной лесной службы США (проекты №№ W – 19-734, USDA FS 99 ICA – 076). Автор выражает благодарность всем участникам проектов за оказанное содействие.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение, 1989, 4. С. 51-57.
2. Бобкова К.С., Арчегова И.Б. Экологическая роль лесной подстилки в биогеоценозах Севера // Роль подстилки в лесных биогеоценозах. М.: Наука, 1983. С. 21-22.
3. Побединский А.В. Изучение лесовосстановительных процессов. М.: Наука, 1966. 63 с.

ХОД РОСТА ЛИСТВЕННИЧНИКОВ В МОНГОЛИИ

З. ЦОГТ¹, И.М. ДАНИЛИН², М.М. НАУРЗБАЕВ²

¹ Институт ботаники Академии наук Монголии, Улан-Батор, Монголия

² Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

На основе регрессионного анализа материалов постоянных пробных площадей с повторными пересчетами и измерениями деревьев через 5-6 лет, а также временных пробных площадей составлен эскиз таблицы хода роста псевдотаежных лиственничных древостоев от 15 до 100 лет в Центральном Хангае в Монголии.

Леса Монголии, произрастая на границе бореальной зоны, степей и пустынь, являются южным форпостом распространения лесной растительности в Центральной Азии. Географическое положение Монголии (между 51-54°с.ш. и 88-120°в.д.) предопределяет сочетание различных природных экологических условий и растительности. Северная часть Монголии занята Хангайской горной страной и Хэнтэем, представляющими собой окраинные поднятия гор Южной Сибири [3, 11, 13-16, 9].

Леса Монголии выполняют важные ресурсные и экологические функции, особенно велика их водоохранная и почвозащитная роль. По состоянию на 2008 год лесной фонд Монголии составляет 19116,1 тыс. га. Из них покрытая лесом площадь занимает 17660,6 тыс. га., или 8,6 % от общей площади страны. Хвойные леса занимают 78,7 % а лиственные – 16,8 % от покрытой лесом площади. Площадь саксаульников составляет 607,6 тыс. га. (4,5 %). Процентное соотношение основных лесообразующих пород выглядит следующим образом: лиственница сибирская – 73,5 %, береза плосколистная – 11,3 %, сосна сибирская – 7,7 %, сосна обыкновенная – 6,0 % [8].

Изучение закономерностей строения и роста монгольских лесов представляется актуальной задачей в связи со значительными техногенными и антропогенными воздействиями на лесные экосистемы страны (лесные пожары, промышленные рубки, вспышки массового размножения насекомых-вредителей), глобальными изменениями климата [18, 2, 17, 22, 7, 21]. Особенно важным представляется исследование лесообразовательного процесса на нарушенных территориях (гари, вырубки, шелкопрядники), площади которых в Монголии с каждым годом возрастают [19, 8, 6], что и явилось целью данной работы.

Согласно лесорастительному районированию Монголии [13, 10], район исследований относится к Центрально-Хангайской провинции Хангайской лесорастительной области горных степей и лиственничных лесов. Центральный Хангай (47-52° с. ш. и 96-101° в. д.) занимает наиболее приподнятую над уровнем моря территорию Хангая, представляющую собой систему горных хребтов широтного простираения (Тарбагатай, Булнай, западная часть магистрального Хангайского хребта) и Дархатскую котловину с её горным обрамлением [15].

Исследования проводились в наиболее типичных в Центральном Хангае лесах хребта Тарбагатай (максимальная высота над уровнем моря 3240 м), который протянулся в широтном направлении и является основным водоразделом рек Идер и Чулуут. Северный склон хребта длинный, полого падающий к долине Идера, южный – крутой и короткий и покрыт лесом до самого подножья. Днища долин наиболее крупных рек и межгорные равнины расположены на высотах от 1650 до 1800 м над уровнем моря.

Среднегодовая температура воздуха отрицательная –2,5–6,5°C, среднемесячная температура января –23,8–32,3°C, июля +14,6–15,8°C, сумма температур выше +5°C – 1733°C, выше +10°C – 1427°C, вегетационный период составляет 141 день, среднегодовая сумма осадков – 220-232 мм, среднегодовая относительная влажность воздуха – 56-59 % [7].

В связи с суровыми для лесной растительности климатическими условиями леса приурочены к северным склонам горных систем, а южные склоны гор и межгорные долины заняты степной и луговой растительностью. Нижняя граница лесов чаще всего проходит на высоте 1800-1900 м над уровнем моря, хотя иногда встречаются отдельные небольшие лесные массивы в нешироких долинах крупных рек и их притоков на высоте 1670-1700 м. Верхняя граница лесов доходит до 2500-2600 м.

Основной лесообразующей породой данного района является лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.). Лесные экосистемы в Центральном Хангае представлены двумя высотно-поясными комплексами (ВПК) типов леса: лиственничными псевдотаежными и кедрово-лиственничными подгольцовыми и соответствующими им наборами типов леса [11]. ВПК псевдотаежных лиственничных экосистем в исследуемом районе составляет 83 % по площади. Среди них наиболее распространенными типами леса являются лиственничники разнотравно-ритидиевые (35 %), ритидиевые (22 %), бруснично-ритидиевые (14 %), овсяницево-ритидиевые (9 %) и осочково-ритидиевые (2,3 %). ВПК подгольцовых

лиственничников составляет 12 %. ВПК подгольцовых кедровых лесов – 5 % [8].

Изучение хода роста древостоев проводилось в молодняках, средневозрастных и приспевающих насаждениях разнотравно-ритидиевых и овсяницево-ритидиевых типов леса. Лиственничники разнотравно-ритидиевые распространены на плоских пологих и покатых (5-15° и 20°) склонах северной, северо-восточной и северо-западной экспозиций, на горных лесных мерзлотных грубогумусных среднемошных щебнистых почвах. В мелких изолированных массивах лесов они занимают место от шлейфа до вершин гор, в крупных массивах – нижние части склонов, а также окраины лесных массивов на высотных пределах от 1800-1900 до 2000-2200 м над уровнем моря и чаще всего контактируют со степями. Древостои чистые по составу, сложные по форме, преимущественно разновозрастные, высокополнотные, III–IV классов бонитета. Возобновительные процессы под пологом леса проходят удовлетворительно. Подлесок редкий и представлен единичными кустами жимолости алтайской (*Lonicera altaica*), спиреи средней (*Spiraea media*) и шиповника иглистого (*Rosa acicularis*). Травяной покров средней густоты, проективное покрытие 15–30 %, преобладают лесолуговые (*Lathyrus humilis*, *Thalictrum minus*, *Galium boreale*, *Geranium pseudosibiricum*, *Poa sibirica*, *Galium boreale* и др.) и лесостепные (*Bromus Pampellianus*, *Aconitum barbatum*, *Carex amgunensis*, *Carex pediformis*, *Galium verum*) виды. В моховом покрове, проективное покрытие которого достигает 50–60 %, представлены *Rhytidium rugosum* и *Thuidium abietinum*, примерно в равной пропорции.

Лиственничники осочково-ритидиевые распространены на покатых (10-20°) склонах преимущественно северо-западной экспозиции на высотах от 1950-2000 до 2200 м над уровнем моря. Почвы горные лесные мерзлотные грубогумусные, мало- и среднемошные, легкого механического состава. Древостои IV-V классов бонитета, разновозрастные и условно-разновозрастные. Эти леса сформировались на месте горных луговых степей в благоприятные влажные периоды, совпавшие с хорошим семеношением лиственницы. Возобновительные процессы под пологом леса протекают успешно, но происходят вспышками в наиболее благоприятные для возобновления периоды климатических циклов. Подлесок неразвит, встречаются единичные кусты лапчатки кустарниковой, спиреи средней и, реже, кизильника черноплодного. В травяном покрове преобладают степные и лесостепные виды. Наиболее обильными и постоянными являются *Poa attenuata*, *Schizonepeta multifida*, *Bromus Pampellianus*, *Artemisia tanacetifolia*. Моховой покров развит в куртинах древостоя с высокой сомкнутостью полога и представлен *Rhytidium rugosum* и *Thuidium abietinum*.

В последнее время большое внимание уделяется вопросам изучения формирования, роста и развития древостоев [12, 18, 4, 5, 19, 9, 7, 21, 6]. В широком смысле формирование древостоев представляет собой последовательное прохождение ими в своем онтогенезе ряда возрастных этапов. Под формированием древостоя понимается последовательное прохождение им этапов жизни от стадии молодняка до спелого возраста в процессе естественного развития и под влиянием хозяйственной деятельности. Последнее включает в себя условия появления древесных пород, их взаимоотношения со средой, смену пород, рост и развитие различных категорий деревьев и их состояние [1].

В Монголии формирование лиственничных молодняков чаще наблюдается на горах и при заселении горных луговых степей лиственницей на контакте с лесными массивами, которое широко распространено в Центральном и Северо-Восточном Хангае и в Восточном Хэнтэе. Заселение степных участков лесной растительностью связано с циклическими колебаниями влажности климата, продолжительность которых составляет 20-25 лет [16]. Формирование молодняков представляет собой начальный этап лесообразовательного процесса. Надежный прогноз дальнейшего роста и развития формирующихся молодняков может быть получен на основе повторных пересчетов и измерений деревьев на постоянных пробных площадях, относящихся к одному естественному ряду.

Формирование и ход роста древостоев изучались в молодняках послепожарного присхождения в разнотравно-ритидиевом лиственничнике, а также в молодняках, возникших на месте горной луговой степи в осочково-ритидиевом лиственничнике. В каждом типе леса были выбраны молодняки лиственницы возрастом 35-45 лет и заложены 2 постоянные пробные площади размером 40×50 м, на которых проводились периодические таксационные измерения через каждые 5–6 лет в течение 30 лет начиная с 1976 года [19]. На свежей 3-летней гари была заложена постоянная пробная площадь, на которой проведены описание растительности и учет подроста через 1-6 лет. Кроме того? были заложены временные пробные площади в лиственничных молодняках возрастом 15-35 лет. В результате проведенных периодических измерений на пробных площадях были собраны материалы для составления таблиц хода роста разнотравно-ритидиевых и осочково-ритидиевых лиственничных древостоев возрастом 15-100 лет. Связи полученных таксационных показателей с возрастом аппроксимировались уравнениями различных типов. Подбор уравнений осуществлялся по наиболее высоким коэффициентам детерминации.

В Центральном Хангае в результате массового появления самосева лиственницы на гарях и участках луговой степи на контакте с лесными массивами, когда создаются благоприятные климатические условия при достаточном количестве семян, формируются молодняки с высокой первоначальной густотой.

Количество самосева лиственницы на 4-летней гари разнотравно-ритидиевого лиственничника составило 54,6 тыс. шт./га, на 5-летней гари – 70,8 тыс. шт./га, 6-летней – 66,9 тыс. шт./га [7].

Фактические данные о динамике количества деревьев послепожарного разнотравно-ритидиевого лиственничника (участок 1) и осокково-ритидиевого лиственничника, возникшего при облесении участка луговой степи (участок 2), показывает, что в псевдотаежном поясе густота деревьев очень высокая и интенсивное естественное изреживание происходит в период до 45 лет (рис. 1).

Количество деревьев на 1

га зависит от географических и

лесорастительных условий местности. Если в 45-летнем псевдотаежном лиственничнике Центрального Хангая количество деревьев составляет от 10 тыс. до 14 тыс. шт./га, то в 45-летнем подтаежном лиственничнике оно колеблется от 4 до 5 тыс. шт./га [19].

Зависимость числа деревьев (N) от возраста древостоя (A) в исследуемых типах леса адекватно передается уравнениями вида:

$N = -3,5077 + 712,7/A$ – для разнотравно-ритидиевого лиственничника ($R^2 = 0,9569$),

$N = -3,6664 + 758,38/A$ – для осокково-ритидиевого лиственничника ($R^2 = 0,9499$).

Довольно высокие коэффициенты детерминации (R^2) этих уравнений позволяют объективно прогнозировать динамику количества деревьев в связи с возрастом древостоя.

Средний диаметр древостоя является одним из основных таксационных показателей и широко используется в практике для составления различных видов таксационных таблиц, а также для установления возраста технической спелости древостоев. Фактические данные хода роста по диаметру древостоя, полученные на временных (15-35 лет) и постоянных (40-65 лет) пробных площадях, были аппроксимированы следующими уравнениями:

$D = -10,75 + 4,2242 \ln(A)$ для разнотравно-ритидиевого лиственничника ($R^2 = 0,9877$),

$D = -10,471 + 3,7319 \ln(A)$ – для осокково-ритидиевого лиственничника ($R^2 = 0,9673$).

В табл. 1 приведены коэффициенты уравнений основных таксационных показателей в псевдотаежных лиственничных молодняках Центрального Хангая.

Таблица 1. Вид и коэффициенты уравнений основных таксационных показателей в псевдотаежных лиственничных молодняках Центрального Хангая

№	Вид уравнения	Участок	Параметры уравнений			R ²
			a	B	C	
Число деревьев (N)						
1	N = a + b/A	1	-3,5077	712,7	–	0,9569
		2	-3,6664	758,38	–	0,9499
Диаметр ствола (D)						
2	D = a + bLn(A)	1	-10,75	4,2242	–	0,9877
		2	-10,471	3,7319	–	0,9673
Высота дерева (H)						
1	H = a + bA	1	1,5943	0,1026	–	0,8904
		2	-0,1444	0,1105	–	0,9493
2	H = a + bLn(A)	1	-7,5671	3,707	–	0,9820
		2	-9,6053	3,8789	–	0,9886

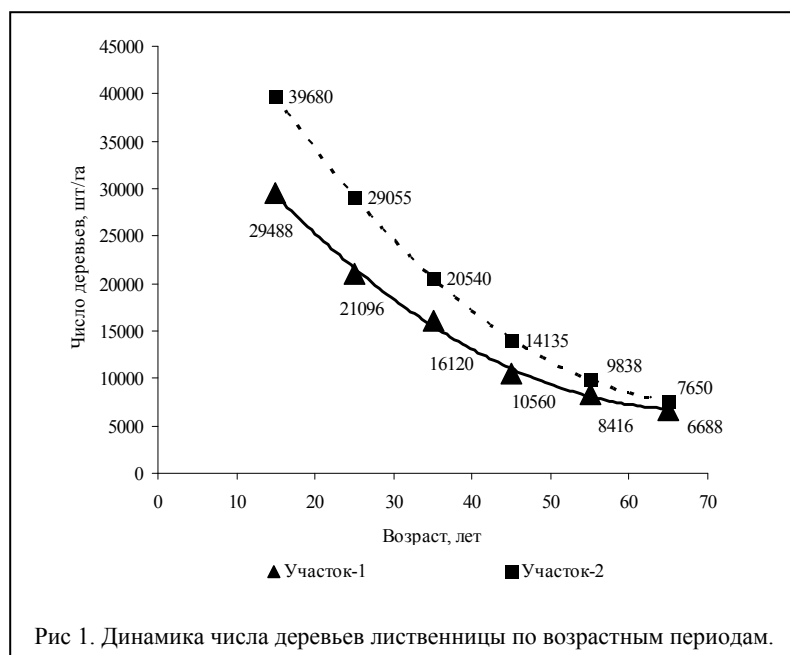


Рис 1. Динамика числа деревьев лиственницы по возрастным периодам.

№	Вид уравнения	Участок	Параметры уравнений			R ²
			а	В	С	
3	H = aA ^b	1	0,2749	0,8260	—	0,9222
		2	0,0403	1,2587	—	0,9546
4	H = ae ^{bA}	1	2,1837	0,0221	—	0,7802
		2	0,9297	0,0341	—	0,8309
Сумма площадей поперечных сечений стволов (G)						
1	G = a + bA	1	–1,2649	0,5241	—	0,8608
		2	–4,1775	0,3658	—	0,9543
2	G = a + bLn(A)	1	–48,447	19,044	—	0,9601
		2	–45,802	15,479	—	0,9732
3	G = aA ^b	1	0,0049	2,2093	—	0,7667
		2	0,0324	1,5495	—	0,9606
4	G = ae ^{bA}	1	1,3839	0,0563	—	0,5899
		2	2,1692	0,0358	—	0,8998
Древесный запас (M)						
1	M = a + bA	1	–40,348	2,835	—	0,9386
		2	–33,575	1,8682	—	0,9690
2	M = a + bLn(A)	1	–270,72	96,067	—	0,9397
		2	–243,54	78,356	—	0,9707
3	M = aA ^b	1	0,015	2,8515	—	0,8980
		2	0,0186	2,0518	—	0,9652
4	M = ae ^{bA}	1	1,9515	0,0758	—	0,7506
		2	4,8551	0,0475	—	0,9075

Примечание. A – возраст древостоя, 1 – разнотравно-ритидиевый лиственничник, 2 – осочково-ритидиевый лиственничник.

Ход роста древостоев в высоту

Средняя высота является наиболее важным показателем хода роста древостоев и используется для проверки их принадлежности к одному естественному ряду при составлении таблиц хода роста. Ход роста древостоев в высоту в псевдотаежных лиственничниках Центрального Хангая показывает, что средняя высота осочково-ритидиевого лиственничника, произрастающего в более сухом местообитании, в среднем на 1-2 м ниже, чем высота разнотравно-ритидиевого лиственничника. Зависимость высоты (H) от возраста древостоя (A) в исследуемых типах леса выражается уравнениями вида:

$H = -7,5671 + 3,707Ln(A)$ – для разнотравно-ритидиевого лиственничника ($R^2 = 0,9820$),

$H = -9,6053 + 3,8789Ln(A)$ – для осочково-ритидиевого лиственничника ($R^2 = 0,9886$).

Для выявления динамики сумм площадей поперечных сечений стволов и запасов древостоев были использованы фактические суммы площадей поперечных сечений стволов и запасы древостоев на пробных площадях.

Эмпирические данные таксационных показателей не всегда дают возможность аналитического прогноза хода роста древостоев. Для того чтобы рассчитать уравнение, по которому можно сделать такой прогноз, был выполнен регрессионный анализ различных аппроксимаций, отображающих зависимости таксационных показателей от возраста древостоев:

$G = -48,447 + 19,044Ln(A)$ – для разнотравно-ритидиевого лиственничника ($R^2 = 0,9601$);

$G = -45,802 + 15,479Ln(A)$ – для осочково-ритидиевого лиственничника ($R^2 = 0,9732$);

$M = -270,72 + 96,067Ln(A)$ – для разнотравно-ритидиевого лиственничника ($R^2 = 0,9397$);

$M = -243,54 + 78,356Ln(A)$ – для осочково-ритидиевого лиственничника ($R^2 = 0,9707$).

В результате регрессионного анализа [23] были выбраны уравнения, наиболее адекватно и эффективно отображающие зависимости сумм площадей поперечных сечений стволов (G) и запасов (M) от возраста (A) древостоев до 100 лет, и составлена таблица хода роста псевдотаежных лиственничных древостоев Центрального Хангая (табл. 2).

Таблица 2. Ход роста псевдотаежных лиственничных древостоев Центрального Хангая

Возраст, лет	Число деревьев, тыс. шт./га	Диаметр, см	Высота, м	Сумма площадей поперечных сечений, м ² /га	Запас, м ³ /га
Разнотравно-ритидиевый лиственничник					
20	32,1	1,9	3,5	8,6	17,1
30	20,2	3,6	5,0	16,3	56,0
40	14,3	4,8	6,1	21,8	83,7
50	10,7	5,8	6,9	26,1	105,1
60	8,4	6,5	7,6	29,5	122,6

Возраст, лет	Число деревьев, тыс. шт./га	Диаметр, см	Высота, м	Сумма площадей поперечных сечений, м ² /га	Запас, м ³ /га
70	6,7	7,2	8,2	32,5	137,4
80	5,4	7,8	8,7	35,0	150,2
90	4,4	8,3	9,1	37,2	161,6
100	3,6	8,7	9,5	39,3	171,7
Осочково-ритидиевый лиственничник					
20	34,3	0,7	2,0	0,6	6,7
30	21,6	2,2	3,6	6,8	24,4
40	15,3	3,3	4,7	11,3	42,2
50	11,5	4,1	5,6	14,8	60,0
60	9,0	4,8	6,3	17,6	77,8
70	7,2	5,4	6,9	20,0	95,5
80	5,8	5,9	7,4	22,0	113,3
90	4,8	6,3	7,8	23,9	131,0
100	3,9	6,7	8,3	25,5	148,8

Использование данной таблицы в практике лесоинвентаризационных работ позволит достаточно объективно и точно прогнозировать ход роста разнотравно-ритидиевых и осочково-ритидиевых лиственничных древостоев Центрального Хангая в возрастном интервале от 15 до 100 лет и соответственно корректно назначать и проводить необходимые лесоводственные и лесокультурные мероприятия, тем самым повышая качественный уровень ведения лесного хозяйства в регионе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бузыкин А.И. Изучение естественного формирования молодняков // Формирование молодняков хвойных пород. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1982. С. 5-24.
2. Ваганов Е.А., Наурзбаев М.М., Хьюс М.К. Свидетели средневекового потепления климата // Природа, 2000, 12. С. 54-57.
3. Геология Монгольской Народной Республики. Т. 1. Стратиграфия. М.: Недра, 1973. 584 с.
4. Данилин И.М. Структура органической массы и биопродуктивность насаждений *Larix sibirica* Ledeb. на южном пределе их распространения в Монголии // Раст. ресурсы, 1992, т. 28, 1. С. 111-117.
5. Данилин И.М., Цогт З. Антропогенная динамика лиственничников Восточного Хэнтэя // Экология и природопользование в Монголии. Сб. науч. тр. Пушино: Пушкинский науч. центр РАН, 1992. С. 249-259.
6. Данилин И.М. Структура послепожарных березняков на южном пределе распространения // Лесоведение, 2009, 3. С. 20-31.
7. Доржсурен Ч. Структура и антропогенная динамика растительных сообществ лиственничных лесов Монголии: Автореф. дис. ... докт. биол. наук: 06.03.03. Красноярск: Ин-т леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2006. 40 с.
8. Доржсурен Ч., Дугаржав Ч., Слемнев Н.Н., Ярмишко В.Т. Современное состояние лесных экосистем Монголии и проблемы их сохранения // Глобальные и региональные особенности трансформации экосистем Байкальского региона. Мат. межд. симп. Улан-Батор: Ин-т ботаники Монгольской АН, 2008. С. 78-82.
9. Дугаржав Ч. Лиственничные леса Монголии (современное состояние и воспроизводство): Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук: 06.03.03/03.00.16. Красноярск: Ин-т леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 1996. 59 с.
10. Карта лесов Монгольской Народной Республики (М 1:1500000). М.: ГУГК МНР и ГУГК СССР, 1983.
11. Коротков И.А. Географические закономерности распределения лесов в Монгольской Народной Республике // Ботан. журнал, 1976, т. 61, 2. С. 145-153.
12. Кузьмичев В.В. Закономерности роста древостоев. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1977. 157 с.
13. Леса Монгольской Народной Республики (география и типология). М.: Наука, 1978. 128 с.
14. Леса Монгольской Народной Республики (хозяйственное использование). М.: Наука, 1980. 148 с.
15. Леса Монгольской Народной Республики (лиственничные леса Центрального Хангая). Новосибирск: Наука, 1983. 149 с.
16. Леса Монгольской Народной Республики: лиственничные леса Восточного Хэнтэя. М.: Наука, 1988. 176 с.
17. Ойдунаа О.Ч., Ваганов Е.А., Наурзбаев М.М. Длительные изменения летней температуры и радиальный рост лиственницы на верхней границе леса в Алтае-Саянской горной стране // Лесоведение, 2004, 6. С. 14-24.
18. Савин Е.Н. Лесовосстановление светлохвойных лесов МНР (природа лесовозобновления, лесоводственные мероприятия): Дис. в форме науч. докл. ... докт. с.-х. наук: 06.03.03. Красноярск: Ин-т леса и древесины СО АН СССР, 1985. 50 с.
19. Цогт З. Формирование, строение и продуктивность лиственничных молодняков Центрального Хангая и Восточного Хэнтэя и рубки ухода в них: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Улан-Батор: Ин-т ботаники Монгольской Акад. наук, 1993. 23 с.
20. Цэдэндаш Г. Лесная растительность Хэнтэйского нагорья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Улан Батор: Ин-т ботаники Монгольской Академии наук, 1993. 23 с.
21. Ярмишко В.Т., Слемнев Н.Н., Потокин А.Ф., Ярмишко М.А., Доржсурэн Ч., Зоео Д., Цогт З. Анализ структуры и продуктивности подтаежных пойменно-долинных нарушенных лесных сообществ в Северо-Восточном Хангае (Монголия) // Раст. ресурсы, 2008, т. 44, вып. 4. С. 66-78.
22. Ecosystems of Mongolia. Atlas. Moscow: Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, 2005. 48

УДК 630*561.24

ВЛИЯНИЕ МИКРОГЕОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА РОСТ ЛИСТВЕННОЙ НА СЕВЕРНОЙ ГРАНИЦЕ ЛЕСА

А.В. ШАШКИН¹, В.Е. БЕНЬКОВА¹, М.М. НАУРЗБАЕВ¹, В.В. СИМАНЬКО²

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

²Сибирский федеральный университет, Красноярск

Введение

Природные условия области распространения вечной мерзлоты неблагоприятны для роста леса. Во-первых, вечная мерзлота и сравнительно низкая поступающая энергия Солнца сдвигают начало вегетационного периода на более позднее время. Во-вторых, в области распространения вечной мерзлоты почва оттаивает на небольшую глубину, что крайне неблагоприятно для развития корневой системы. В-третьих, в целом в лесах зоны сплошной вечной мерзлоты в условиях резко континентального климата преобладает крайне сильное угнетение самосева и подроста под пологом леса [4]. Тем не менее 40 % территории сибирских лесов находится в зоне криолита, где среди множества факторов, определяющих равновесие в лесных экосистемах, самым важным является абсолютное доминирование видов лиственницы. Экологические предпочтения видов различны; ареалы их распространения обособлены географически. На северном пределе лесной растительности древостои на 90 % состоят из лиственницы Гмелина (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.) и на 100 % из лиственницы Каяндера (*L. cajanderi* Mayr.) в пределах их ареалов. На территории Красноярского Заполярья, восточнее 92° в.д., древостои на 90, а местами на 100 % состоят из лиственницы Гмелина. Очевидно, что в процессе эволюции северные популяции лиственниц Гмелина и Каяндера приобрели ряд признаков, которые обеспечили их абсолютное доминирующее положение в циркумполярной области. К этим признакам можно отнести строение кроны, особенности семеношения, высокую экологическую пластичность, широкие адаптивные возможности при росте в условиях экстремально низких почвенных температур и при пожарных воздействиях [1, 4]. Существенную роль в адаптации должна играть вторичная ксилема, выполняющая важнейшую для жизни дерева функцию – транспортную. Адаптивная пластичность ксилемы проявляется, в частности, в погодичной вариабельности радиального прироста под влиянием климатических факторов. По результатам ряда работ [2, 3], в условиях высоких широт летняя температура воздуха – фактор, определяющий вариабельность радиального прироста деревьев. Результаты более тонкого анализа показали, что изменение сроков начала сезона роста, зависящих от раннелетних температур воздуха, и сроков схода снежного покрова приводят к изменению ширины годичного прироста, ширины ранней и поздней зон, размеров трахеид и их стенок [6, 7]. Зафиксированное в последние 40-50 лет потепление климата приводит не только к изменению скорости роста лиственницы, но и к изменению северной границы лесной растительности [5]. Выявлению особенности влияния климатических факторов на радиальный рост лиственницы в разных микрогеографических условиях и на формирование северной границы лесной растительности посвящена настоящая работа.

Материалы и методы

Для исследования был выбран участок в среднем течении р. Котуй (п-ов Таймыр). Общая характеристика района исследования (табл. 1): очень низкие значения годовых осадков; сравнительно высокая влажность воздуха в первой половине сезона; сезон роста длится с середины июня до середины августа; за сезон роста выпадает 46-50 % годовых осадков, причем всего 25-30 % от этого количества приходится на период образования ранней древесины.

Таблица 1. Общая характеристика района исследования

Метеостанция	Координаты места	Средняя температура, °С		Осадки, мм год ⁻¹	Вегетационный период, дни [4]	Вид
		январь	июль			
Хатанга, п-ов Таймыр	72° 27' с.ш., 101° 45' в.д.	-29,6	+12,5	247,0	60	<i>Larix gmelinii</i>

Заложено 2 пробные площади (pp1 и pp3), образующие высотный трансект на северной границе

лесной растительности:

- pp1 заложена на абсолютной границе лесной растительности, 293 м над уровнем моря: выше и севернее этого места растения формы «дерево» отсутствуют. Древесный ярус очень редкий, сомкнутость не превышает 0,2-0,3. Деревья низкие, со средними значениями диаметра 6-8 см и высоты 3,5 м. Почвенный горизонт маломощен, глубина сезонного оттаивания (до 60 см) ограничена подстилающим каменным ложем. Напочвенный покров очень слабо развит;
- pp3 расположена на расстоянии 1700 м от pp1 вниз по склону; перепад высот составляет 216 м. Сомкнутость крон 0,3-0,4; средняя высота равна 11-12 м, диаметр – 18-20 см. На этом участке по сравнению с pp1 моховой покров более развит, глубина сезонного оттаивания 15-20 см.

На каждой площади выбрано по 5 модельных деревьев диаметром 15-20 см. С каждого дерева взяты спилы на 1/4 высоты ствола от поверхности почвы. На pp1 деревья достигали возраста 50-70 лет, а на pp3 – 120-150 лет.

Методы измерения

Годичные кольца деревьев датировали. На полуавтоматическом измерительном комплексе LINTAB v3.0 с пакетом программного обеспечения TSAP v3.5 измеряли ширину годичных колец с точностью до 0,01 мм и уточняли датировку. Используя программу ARSTAN, проводили стандартизацию, т.е. перевод ширины годичных колец в относительные единицы, в индексы приростов, и затем строили индексные кривые по известной методике [3].

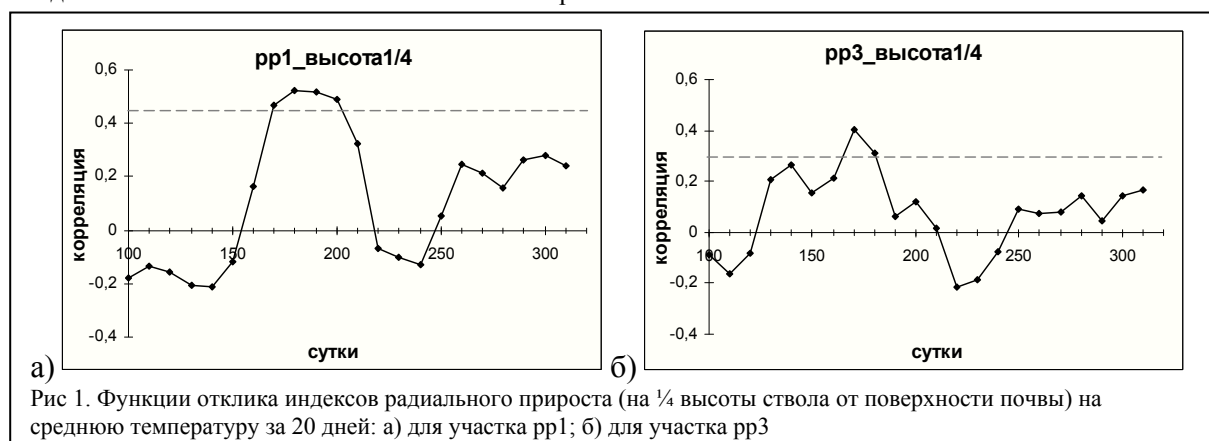
Методы статистической обработки

Для анализа отклика радиального роста деревьев на влияние климатических факторов построены функции отклика. Анализ функций отклика позволяет оценить роль климатических факторов в формировании годичных приростов древесных растений в конкретных условиях [2, 3]. При сопоставлении динамики климатических переменных (температуры и осадков) и динамики индексов прироста использовался корреляционный анализ.

Для получения функций отклика обычно используются стандартные метеорологические данные, такие как среднемесячные осадки и температура воздуха. В данной работе был использован оригинальный метод построения функции отклика. Рассчитывалась корреляция между радиальным приростом и серией средних температур за 20, 30 и 40 дней, начиная с апреля месяца и до конца года, со сдвигом этих промежутков времени на 10 дней вперед. Предложенный метод построения «скользящих функций отклика» позволил выделить более короткий, чем месяц, период времени в течение сезона роста с наиболее значимым влиянием климатических факторов на рост дерева. Использованы суточные данные за период с 1948 по 1989 год.

Результаты и обсуждение

Для всех модельных деревьев построенные функции отклика ведут себя сходным образом, поэтому в качестве примера приведены результаты, полученные на одном дереве с каждой площади (рис. 1 и 2). Анализ показал, что из трех временных интервалов 20-дневный дает более выраженную картину, и в дальнейшем использовался только этот интервал.



На абсолютной границе лесной растительности pp1 вегетационный период сдвинут на более поздние сроки по сравнению с pp3 (рис. 1а, б): влияние температуры на изменчивость ширины годичного кольца здесь сказывается с начала июня до конца июля. На pp3 это влияние заметно сказывается с начала мая до конца июня. В течение сезона роста осадки отрицательно влияют на прирост только на pp1; особенно сильно это влияние проявляется в конце июня – начале июля (рис. 2а, б), т.е. в то время, когда положительное влияние температуры максимально. Обильные осадки сопровождаются понижением температуры и низкой освещенностью в связи с облачностью, что негативно отражается на фотосинтезе, а следовательно, и на приросте. На pp3 обильные осадки отрицательно сказываются в периоды времени,

не входящие в сезон роста, в апреле и в конце августа – сентябре. Мы предположили, что влияние накопленного снежного запаса должно быть на pp3 более выраженным, чем на pp1. К тому же, по нашим наблюдениям, на абсолютной границе леса снежный покров всегда выдувается ветром, а на pp3 глубина снежного покрова достигает 2 м.

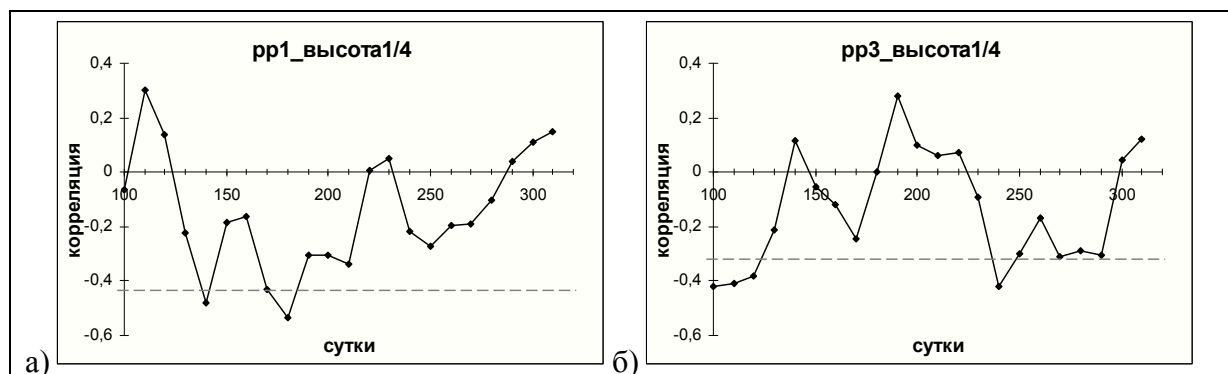


Рис 2. Функции отклика индексов радиального прироста (на $\frac{1}{4}$ высоты ствола от поверхности почвы) на суммарное количество осадков за 20 дней: а) для участка pp1; б) для участка pp3

Для проверки предположения мы оценили корреляцию средних значений суммарных осадков с октября по апрель с соответствующей шириной годичных колец за период с 1948 по 1999 гг. (рис. 3).

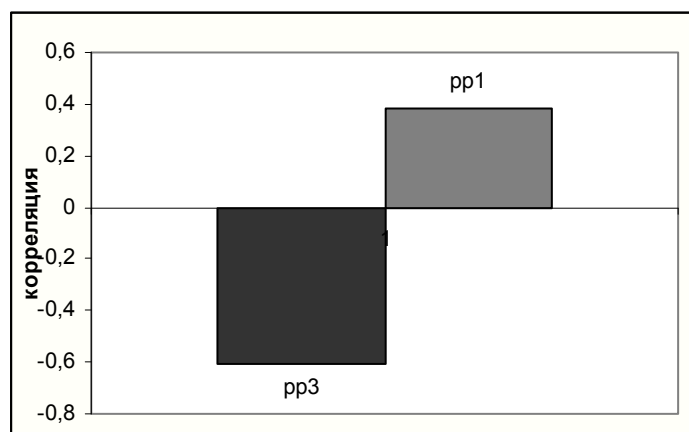


Рис 3. Корреляция радиального прироста лиственницы в исследованных микрогеографических условиях с выпавшими осадками за зимний период (с октября по апрель: использованы метеоданные)

Обе корреляции значимы ($p < 0,05$). Для pp3 она отрицательна, а для pp1 – положительна. Результат согласуется с температурными функциями отклика (рис. 1, 2). Полученный температурный эффект до начала вегетации (в мае) на площади pp3 (рис. 1б) является опосредованным и связан с прямым влиянием на прирост сроков схода снежного покрова и оттаивания верхних горизонтов почвы. В то же время

на pp3 уже с середины сезона роста увеличивается дефицит влагообеспечения из-за малой глубины протаивания почвы, в связи с чем влияние температуры снижается, а осадков – увеличивается; вегетационный период становится короче. Как следствие, ширина годичных колец у деревьев на pp3 почти в 3 раза меньше, чем на pp1.

Закключение

1. Предложенный метод построения скользящих функций отклика позволил выделить различия в чувствительности к климатическим факторам радиального роста лиственницы в разных микрогеографических условиях.
2. На северной границе лесной растительности высота снежного покрова определяет чувствительность лиственницы к климатическим факторам, а также величину радиального прироста.

Работа выполнялась при финансовой поддержке РФФИ: (09-04-00179) и (09-04-00803).

ЛИТЕРАТУРА

1. Абаимов А.П., Бондарев А.И., Зырянова О.А., Шитова С.А. Леса Красноярского Заполярья. Новосибирск: Наука, 1997. 208 с.
2. Ваганов Е. А., Шапкин А.В. Рост и структура годичных колец хвойных. Новосибирск: Наука, 2000. 228 с.
3. Ваганов Е. А., Шиятов С.Г., Мазепа В.С. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике. Новосибирск: Наука, 1996. 244 с.
4. Поздняков Л.К. Лес на вечной мерзлоте. Новосибирск: Наука, 1983. 96 с.
5. Харук В.И., Рэнсон К.Дж., Им С.Т., Наурзбаев М.М. Лиственничники лесотундры и климатические тренды // Экология, 2006, 5. С. 323-331.

6. Kidryanov A., Huges M., Vaganov E., Schweingruber F., Silkin P. The importance of early summer temperature and data of snow melt for tree growth in the Siberian Subarctic // *Trees*, 2003, 17. Pp. 61-69.
7. Vaganov E.A., Hughes M.K., Kirdyanov A.V., Schweingruber F.H., Silkin P.P. Influence of snowfall and melt timing on tree growth in subarctic Eurasia // *Nature*, 1999, v. 400, 8. Pp. 149-151.

УДК 631.48

ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В ИСКУССТВЕННЫХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ НА ОТВАЛАХ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД

Л.С. ШУГАЛЕЙ

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Рассматривается почвообразование под разновозрастными культурами сосны, созданными на отвалах вскрышных пород Назаровского угольного разреза. Показано, что за годы произрастания сосны на отвалах без нанесения гумусового слоя сформировались инициальные почвы – эмбриоземы. Основными профилообразующими процессами на технически рекультивированных отвалах являются накопление органического вещества и гумусообразование.

Современное почвоведение рассматривает почвообразование как сложный процесс образования почв из слагающих земную поверхность горных пород, их развития, функционирования и эволюции под воздействием комплекса факторов почвообразования в природных или антропогенных экосистемах нашей планеты. Почвообразование начинается с момента поселения живых организмов на скальных породах или на продуктах их выветривания и переотложения. На первых стадиях процесс первичного почвообразования совпадает с выветриванием.

Цель настоящей работы – проследить за первичным процессом почвообразования под разновозрастными культурами сосны, созданными на отвалах вскрышных пород без нанесения гумусового горизонта. Отвалы являются благоприятным объектом для исследования формирования основных компонентов биосферы – фитоценозов и почвы. Исследования проводились на пробных площадях, заложенных в культурах сосны на отвалах вскрышных пород Назаровского угольного разреза различных технических способов и периодов формирования. Природные условия Назаровской котловины характерны для лесостепи Центральной Сибири [9]. Регион характеризуется высокой (68 %) сельскохозяйственной освоенностью и низкой (5-16 %) лесистостью [11]. Экологическая оптимизация ландшафтов основывается на увеличении лесистости до 20 % за счет создания лесных культур на непригодных для сельскохозяйственного производства землях.

Восточный гидроотвал формировался смывом вскрыши угольного разреза в понижение в 1949 – 1955 гг. и был оставлен под естественное зарастание. Культуры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) высажены здесь в 1971 г., площадь культур в настоящий период 5,6 га.

Сереженский гидроотвал сформирован в обширной пойме р. Сereж, среди сельскохозяйственных полей и перелесков. Территория отвала подвержена эрозии в весенний и осенний периоды. Культуры сосны высажены в 1981 г., площадь культур в настоящий период 6 га.

Бестранспортный отвал представляет собой плакорную возвышенность в окружении системы грядобразных и конусных холмов и увалов из вскрышных пород, понижения между ними заполнены водой. Он практически не доступен влиянию естественных экосистем и агроценозов.

Морфо-таксационное обследование культур сосны и отбор растительных и почвенных образцов были проведены в 2004 г. На каждой пробной площади заложены почвенные разрезы, сделано морфологическое описание почв [6, 7, 11]. Учет запасов напочвенного покрова, подстилок, корневой массы и отбор почвенных образцов проводились по общепринятым методикам [5]. Образцы напочвенного покрова, подстилок, корней и почв отбирались в одних и тех же точках шаблоном 0,03 м² в 10-кратной повторности. Подвижные формы углерода определялись в вытяжках H₂O и 0,1NaOH [8]. Спектрографический анализ образцов, подстилки и почвы выполнен В.С. Борцовым [2]. Статистическая обработка материалов проведена с помощью программных пакетов Statistica и MExcel.

Исследования показали, что к 21-35-летнему возрасту древостои сосны на Восточном, Сереженском гидроотвалах и Бестранспортном отвале имеют характерные для данного возраста высоту и диаметр, Ia и I класс бонитета (табл. 1).

Культуры сосны способствовали развитию травяно-кустарничкового яруса. Через 5-6 лет произрастания культур сосны сформировались простые растительные группировки: донника белого (*Melilotus albus*), ромашки пахучей (*Matricaria matricarioides*), горца птичьего (*Polygonum aviculare*) и др. Проективное покрытие 5-40 %. В последующие 3-5 лет роста культур сосны травянисто-кустарничковый

ярус усложнялся, простые группировки заменялись сложными. Обогащение субстрата растительным опадом способствовало развитию микробо- и зооценозов. Первоначально на технически спланированных отвалах микробоценозы были представлены случайными группировками микроорганизмов, через 4-5 лет на первой и второй стадии сингенеза травянистого покрова численность микроорганизмов в поверхностном слое почв достигла уровня зональных серых почв (бактерии 1,2-1,5 мг/г, грибы 70 мг/г). К 10-14-летнему возрасту культур сосны изменяется не только количественный, но и качественный состав микробоценозов. Общее количество бактерий увеличилось в 2 раза, грибов в 100 раз, индекс разнообразия олиготрофных микроорганизмов возрос с 0,4 до 1,2, индекс разнообразия евтрофных групп – с 1,0 до 2,0. Плотность микрофауны выросла с 0,4-6,9 тыс. экз./м² (V = 118-293 %) до 30-1500 тыс. экз./м² (V = 120-160 %) [12]. Взаимодействие беспозвоночных и микроорганизмов ускорило трансформацию органического вещества опада и способствовало обеспечению растительности доступными элементами питания и, следовательно, развитию почвообразования.

За годы произрастания культур сосны на отвалах сформировались инициальные почвы (табл. 2).

Таблица 1. Морфо-таксационная характеристика искусственных лесных экосистем

Показатель	Пробные площади		
	Восточный гидроотвал	Сереженский гидроотвал	Бестранспортный отвал
Возраст, лет	35	25	21
Класс бонитета	Ia	I	I
Диаметр, см	14,6	11,9	9,2
Высота, м	14,2	11,6	8,8
Запас древесины, м ³ /га	294	83	105
Фитомасса:			
Древостоя, т/га	169,5	47,9	62,3
Напочвенного покрова, т/га	0,4	1,1	2,0

Таблица 2. Классификация почв техногенных ландшафтов

Класс	Тип	Подтип	Род	Вид
Лесные искусственные экосистемы				
Восточный гидроотвал				
Биогенно-неразвитая	Эмбриозем грубогумусово-аккумулятивный	Выщелоченный	Карбонатный	Мелкий
Сереженский гидроотвал				
Биогенно-неразвитая	Эмбриозем грубогумусово-аккумулятивный	Типичный	Обычный	Мелкий
Бестранспортный отвал				
Биогенно-неразвитая	Эмбриозем грубогумусово-аккумулятивный глеевый	Выщелоченный	Обычный	Мелкий

Эти почвы относятся к стволу постлитогенных [6]. Профили их находятся на начальных стадиях формирования, что определяется главным образом малой продолжительностью срока биолитогенного преобразования породы – комплекса процесса синтеза и последующей трансформации органического вещества и его взаимодействия с минеральным субстратом. Исследование макроморфогенеза инициальных почв под культурами сосны показало, что почвенный покров отвалов формируется под влиянием известной пентады почвообразователей. На формирование профиля почв существенное влияние оказывают химизм хаотичных смесей и способы подготовки отвалов. Молодые почвы на гидроотвалах, в отличие от Бестранспортного отвала, характеризуются лучшей морфологической выраженностью горизонтов, меньшей пестротой отдельных признаков. Глубокое распространение корневых систем древесной и травянистой растительности указывает на то, что почвообразованием охвачена толща мощностью 80-100 см. Поскольку же основная масса корней под культурами сосны в инициальных почвах сосредоточена в толще 0-20 см, роль их ограничивается в пределах органогенных и аккумулятивных горизонтов. Наличие в нижних слоях сизых и охристых пятен не является следствием современного почвообразования в условиях сезонного (весна и осень) переувлажнения, а служит признаком, унаследованным от субатлантического периода [3].

Гранулометрический состав эмбриоземов характеризуется высоким содержанием песка и пыли. Повышенное наличие этих фракций является следствием разрушения обломочного материала (аргиллитов и алевролитов), вынесенного на поверхность при техногенном формировании отвалов, и является специфическим для эмбриоземов техногенных ландшафтов. Дальнейший распад этих частиц на элементарные составляющие возможен лишь под влиянием химического воздействия на более поздних стадиях развития почвы [1, 7].

На поверхности эмбриоземов образовался довольно мощный, хорошо стратиграфически выраженный специфичный горизонт лесной почвы – подстилка. Максимальные запасы подстилки

отмечены в 35-летних культурах на Восточном гидроотвале и составляют 33,3 т/га при пространственной изменчивости (V) 30 %, на Сереженском гидроотвале – 12,9 т/га, V = 39 %, в 21-летних культурах на Бестранспортном отвале – 15,5 т/га, V = 62 %. Различия в качественном и количественном составе подстилок и их пространственная изменчивость определяются возрастом, густотой древостоев, мозаичностью и видовым составом напочвенного покрова. Валовой состав эмбриоземов наследуется от почвообразующих пород вскрыши и относится к свойствам «почва-память» с большим характерным временем преобразования [10].

Содержание углерода гумуса в органогенном горизонте эмбриоземов высокое (45,2-54,0 %), с глубиной резко снижается и остается низким в грунтах. Вариабельность содержания углерода в минеральной толще составляет 14-120 %. Реакция среды в органогенном горизонте эмбриоземов типичных слабокислая (рНводн 5,8-6,1, V = 3-5 %), в минеральной толще переходит в щелочной интервал. В эмбриоземах грубогумусово-аккумулятивных глеевых выщелоченных – кислая по всему профилю, что согласуется с валовым составом. Содержание обменных оснований в органогенных горизонтах высокое и составляет 74-57 мг экв./100 г, в грунтовой толще снижается до 24-13 мг экв./100 г. По актуальным свойствам «почва-момент» эмбриоземы существенно не отличаются от агросерых почв.

За период формирования отвалов и искусственных лесных экосистем в эмбриоземах накопились значительные запасы органического вещества. Максимальные (95,6 т/га) запасы углерода образовались в 0-40 см под 35-летними культурами сосны на Восточном гидроотвале, затем следует Бестранспортный отвал – 82,0 т/га. Сереженский гидроотвал – 59,0 т/га. Основные различия между вариантами обусловлены запасами углерода в минеральной толще грунта. Так, под культурами сосны на Восточном гидроотвале запасы углерода в минеральной части профиля составляют 80 %, на Сереженском – 88 %, на Бестранспортном отвале – 85 % от общих запасов. На гумусообразование в минеральной толще эмбриоземов существенное влияние оказывают запасы корневых остатков, поступающих в почву в процессе биологического круговорота [3, 5].

Итак, на отвалах под культурами сосны выделено два типа почв: эмбриоземы грубогумусово-аккумулятивные и эмбриоземы грубогумусово-аккумулятивные глеевые. На поверхности эмбриоземов сформировался специфический органогенный горизонт лесной почвы – подстилка. Содержание в эмбриоземах углерода и распределение в почвообразующей толще корневого материала показывают, что в настоящий период основным профилеобразующим процессом на технически рекультивированных отвалах является накопление органического вещества.

Работа выполняется при поддержке гранта РФФИ (№09-04-98013).

ЛИТЕРАТУРА

1. Андроханов В.А. Специфика и генезис почвенного покрова техногенных ландшафтов // Сиб. экол. журн., 2005, 5. С. 795-800.
2. Борцов В.С. Использование автоматизированной системы на основе отражательной спектроскопии в исследовании агроценозов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск: КГАУ, 2002. 18 с.
3. Гаджиев И.М., Савина Л.Н. Палинологическое исследование дерново-подзолистых почв со вторым гумусовым горизонтом Западной Сибири // География и генезис почв Сибири. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1976. С. 19-31.
4. Горбунова Ю.В. Цикл углерода в культурах сосны на отвалах вскрышных пород Назаровского угольного разреза: Дисс. канд. биол. наук. Красноярск: КрасГАУ. 2007. 152 с.
5. Карпачевский Л.О., Воронин А.Д., Дмитриев Е.А. и др. Почвенно-биогеоценологические исследования в лесных биогеоценозах. М.: Изд-во МГУ, 1980. 160 с.
6. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.Н. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
7. Курачев В.М., Андроханов В.А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сиб. экол. журн., 2002, 3. С. 255-261.
8. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Методические указания по определению содержания и состава гумуса в почвах (минеральных и торфяных). Л: Наука, 1975. 105 с.
9. Природа и хозяйство района первоочередного формирования КАТЭКа. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1983. 261 с.
10. Соколов И.А. Теоретические проблемы генетического почвоведения. Новосибирск, 2004. 296 с.
11. Чупрова В.В., Шугалей Л.С. Особенности макроморфогенеза почв на отвалах угольных разрезов Назаровской котловины // Вестник КрасГАУ, 2007, 1.
12. Шугалей Л.С., Яшихин Г.И., Дмитриенко В.К. Биологическая рекультивация нарушенных земель КАТЭКа. Красноярск: Изд-во КГУ, 1996. 186 с.

УДК 630*18:630*165.7:631.532

ДИНАМИКА СОСТОЯНИЯ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ В ГОРАХ ЮЖНОЙ СИБИРИ И СОХРАНЕНИЕ ЕЕ ГЕНОФОНДА В КУЛЬТУРЕ IN VITRO

Е.В. БАЖИНА, И.Н. ТРЕТЬЯКОВА, А.В. БАРСУКОВА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Исследования состояния пихты сибирской в горах Южной Сибири – хребет Хамар-Дабан, Восточный и Западный Саяны и Кузнецкий Алатау – показали, что усыхание лесов носит очаговый характер. Усыхание деревьев специфично для данного вида. На различных хребтах имеются некоторые особенности повреждения. Для сохранения улучшенных генотипов деревьев пихты сибирской с высокой жизнеспособностью начаты исследования по соматическому эмбриогенезу.

В настоящее время во многих регионах планеты наблюдается ухудшение состояния и усыхание темнохвойных лесов различных видов, вызванное комбинацией различных стрессовых факторов биотической и абиотической природы. В числе видов, наиболее подверженных усыханию, оказались виды рода *Abies* (Mill.). Пихтовые леса усыхают на территории Европы, Азии, Северной Америки [12-15]. Усыхание пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) наблюдается и в горных лесах Южной Сибири: Хамар-Дабана (с середины 1970-х гг.), Западного Саяна (с начала 1980-х гг.), Восточного Саяна и Кузнецкого Алатау (с середины 1990-х гг.) [2, 4, 5,]. Усыхающие пихтовые деревья характеризуются уменьшением продуктивности, преждевременным старением, снижением линейного и радиального приростов, уменьшением роста побегов, хлорозами, некрозами и преждевременным опадом хвои, возникновением стволовых гнилей, нарушением репродуктивных функций [12-15]. У старых деревьев пихты белой (*Abies alba* Mill.) в верхней части кроны наблюдается формирование т.н. «аистова гнезда» [14]. Исследования пихтовых древостоев в горах Южной Сибири показали, что усыхание лесов носит очаговый характер. Очаги усыхания пихты сибирской наблюдаются в горах (700 м над уровнем моря и выше) на наветренных склонах горных хребтов [4, 9]. Ослабленные древостои становятся объектами нападения энтомофитов и болезней [2, 5].

Оценка жизненного состояния биоценозов [1] в горах Западного Саяна и Кузнецкого Алатау показала, что оно различается в зависимости от условий местопроизрастания (табл. 1). К классам биоценозов с начальной стадией повреждения относятся районы низкогорья и подветренные склоны южных и восточных экспозиций. Сильно поврежденные биоценозы сосредоточены в районах среднегорья и высокогорья на наветренных склонах северных и западных экспозиций.

Таблица 1. Индекс жизненного состояния лесных биоценозов

№ п/п и экспозиция склона	Высота над ур. м.	Состав древостоя	Индекс жизненного состояния	Класс лесных биоценозов
хр. Западный Саян				
1. Низкогорье	450	6П4К	81,1	Начальное повреждение
2. Северный наветренный макросклон	800	6П4К	36,4	Сильно поврежденный
3. Северный наветренный макросклон	1450	8П2К	66,6	Поврежденный
4. Северный наветренный макросклон	1450	6П4К	55,4	Поврежденный
5. Южный подветренный макросклон	1130	7Е2К1П	80	Начальное повреждение
6. Южный подветренный макросклон	1514	6П4К	81,5	Начальное повреждение
хр. Кузнецкий Алатау				
1. Северо-восточный подветренный	713	9П1К	92,3	Ненарушенный
2. Северо-западный наветренный	765	9П1К	59,0	Поврежденный
3. Юго-западный подветренный	799	9П1К	71,9	Поврежденный

№ п/п и экспозиция склона	Высота над ур. м.	Состав древостоя	Индекс жизненного состояния	Класс лесных биоценозов
4. Юго-восточный подветренный	768	8П2К	79,1	Поврежденный
5. Юго-западный подветренный	1248	9П1К	71,5	Поврежденный

Изучение деревьев пихты сибирской показало специфический характер их усыхания (рис.1).



Рис.1. Внешний вид (а) и схема (б) усыхающего дерева

Повреждение деревьев начинается в возрасте 90 и более лет (устойчивое вступление деревьев в репродуктивную фазу). В подверхушечной части дерева, на расстоянии 0,3-2,5м от вершины (верхняя граница мужского генеративного яруса), наблюдается усыхание побегов, хвои, почек и микростробилов (табл. 2). У усыхающих деревьев увеличивается угол отхождения ветвей от оси ствола дерева, вследствие чего форма кроны из узкопирамидальной, характерной для данного вида, становится плакучей. При этом сохраняется строгая полярность в расположении генеративных органов в кроне дерева и на побеге. Вершина дерева, где локализуется женский генеративный ярус, не имеет признаков повреждения и продуцирует макростробилы в течение десятков лет после начала усыхания дерева.

Усыхание деревьев с разной скоростью (от 1 до 66 мм в год) распространяется вниз по стволу в мужском генеративном ярусе, который составляет большую часть протяженности кроны дерева (до 80,2 %). Специфический характер усыхания деревьев отражается на процессах их половой репродукции: нарушаются процессы микроспорогенеза и развития пыльцы, снижается ее жизнеспособность, наблюдается тенденция к снижению семенной продуктивности женских шишек, увеличивается стерильность семян [3, 10-11].

Таблица 2. Характеристика модельных деревьев пихты сибирской (в числителе – крайние значения признаков, в знаменателе – средние)

Место произрастания	Расстояние от вершины до усохшей части, м	Протяженность усохшей части, м	Скорость усыхания, мм/год	Угол отхождения ветвей, °	
				до усохшей части	после усохшей части
Хр. Западный Саян	0,5-1,2	1,2-7,4	8 – 15	53-67	91-122
	0,6±0,19	3,4±0,76	11±0,8	62±1,7	108±4,7
Хр. Восточный Саян	0,5-2,5	0,7-3,0	4 – 9,6	67-86	107-116
	1,1±0,9	1,7±0,33	7±0,06	77±3,0	112±9,4
Хр. Хамар-Дабан	0,3-2,0	0,3-7,3	1 – 66	43-90	84-144
	1,0±0,07	1,7±0,17	13±1,6	70±1,4	108±1,2
Хр. Кузнецкий Алатау	0,6-1,46	3,5-5,3	4-12,1	56-62	113-128
	1,0±0,48	2,4±0,52	6±3,2	63±3,8	114±6,4

Характер усыхания деревьев в различных частях гор Южной Сибири одинаков, однако динамика повреждения несколько различается. Наименьшим средним расстоянием от вершины дерева до верхней

границы усохшей части, максимальной протяженностью усохшей части по оси ствола, а также минимальными значениями угла отхождения ветвей от оси ствола характеризуются деревья, растущие в пихтачах хребта Западный Саян. Деревья, растущие в горах Восточного Саяна, напротив, характеризуются максимальной протяженностью живой верхней зоны, тогда как протяженность усохшей части у них меньше. Здесь же встречаются деревья с усохшей вершиной, имеющие несколько живых ветвей женской сексуализации (протяженность этой части – до 0,6 м), ниже которых идет усохшая часть кроны (протяженностью до 3,3 м). Переходная зона от женского к мужскому генеративному ярусу и мужской генеративный ярус усохли полностью, нижняя часть живых ветвей кроны представлена вегетативными побегами. Возможно, в данном случае наблюдается одна из последних стадий усыхания, когда после гибели мужских побегов отмирают побеги женской сексуализации. Средняя скорость усыхания деревьев в различных частях гор Южной Сибири варьирует более чем в два раза. Наиболее интенсивно усыхают деревья в горах Хамар-Дабана – у отдельных деревьев скорость усыхания достигает 66 мм/год. Особенности повреждения деревьев пихты в различных частях гор Южной Сибири могут быть обусловлены генотипическими особенностями отдельных деревьев, а также местными климатическими и высотными различиями в условиях произрастания.

Для сохранения устойчивых генотипов деревьев пихты сибирской с высокой жизнеспособностью начаты исследования по биотехнологии микроклонального размножения пихты в культуре *in vitro*. С

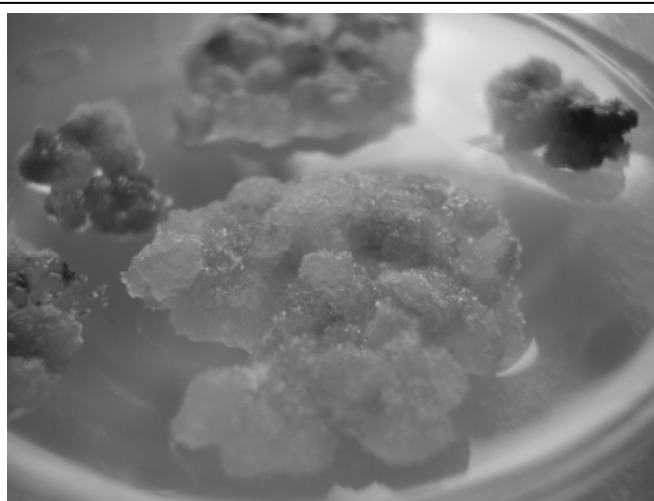


Рис. 2. Эмбриогенный каллус

этой целью в весенний период (1 декада мая) были введены в культуру микростробилы деревьев пихты сибирской на стадиях ранней профазы и одноядерной микроспоры. Использовались агаризованные среды $\frac{1}{2}$ MS и LV, содержащие 2 мг/л 2,4-Д и 1 мг/л 6-БАП, 1 г/л гидролизата казеина, 500 мг/л L-глутамин и 16 г/л сахарозы. У эксплантов, находящихся на стадии одноядерной микроспоры, образование морфогенного каллуса на среде $\frac{1}{2}$ MS (68,5 %) почти вдвое превышало процент формирования каллуса на среде LV (38,5 %) (рис. 2). Полученный каллус на среде $\frac{1}{2}$ MS имел рыхлую однородную структуру и состоял из округлых клеток размером 51 ± 9 мкм. Такой каллус активно пролиферирует в течение 4-7 месяцев и

способен продуцировать эмбриониды.

Таким образом, в результате проведенных исследований были выявлены особенности повреждения пихты сибирской в различных лесорастительных и микроклиматических условиях, а также путем подбора состава питательных сред на клеточном уровне в культуре *in vitro* были получены морфогенные каллусы, способные активно образовывать эмбриониды.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, гранты №№ 09-04-98000 р_сибирь_a и 08-04-90001 Бел_a.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение, 1989, 4. С. 51-57.
2. Алексеев В.А., Астапенко В.В., Басова Ю.Г., Бондарев А.И., Лузанов В.Г., Отнюкова Т.Н., Яновский В.М. Состояние пихтовых лесов Кузнецкого Алатау // Лесное хоз-во, 1999, 4. С. 51-53.
3. Бажина Е.В., Квитко О.В., Муратова Е.Н. Мейоз при микроспорогенезе и жизнеспособность пыльцы у пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) в среднегорье Восточного Саяна // Лесоведение, 2007, 1. С. 57-64.
4. Бажина Е.В., Третьякова И.Н. К проблеме усыхания пихтовых лесов. Успехи современной биологии, 2001, т. 121, 6. С. 626-631.
5. Воронин В.И. Действие серосодержащих эмиссий на пихту сибирскую в Южном Прибайкалье: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 1989. 19 с.
6. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение / Под ред. В.А. Алексеева. Л.: Наука, Лен. отд-ние, 1990. 200 с.
7. Манько Ю.И., Гладкова Г.А. О факторах усыхания пихтово-еловых лесов на Дальнем Востоке // Лесоведение, 1995, 2. С. 3-12.
8. Манько Ю.И., Гладкова Г.А. Об усыхании темнохвойных лесов в Северной Америке // Лесоведение, 1999, 5. С. 56-62.
9. Поликарпов Н.П., Чебакова Н.М., Назимова Д.И. Климат и горные леса Южной Сибири. Новосибирск: Наука, 1986. 226 с.

10. Третьякова И.Н., Бажина Е.В. Морфоструктура кроны и состояние генеративной сферы у пихты сибирской в нарушенных лесных экосистемах близ озера Байкал. Известия РАН. Сер. биол. 1995, 6. С. 685-692.
11. Третьякова И.Н., Бажина Е.В. Семенная продуктивность макростробилов и качество семян у пихты сибирской в нарушенных лесных экосистемах гор Южной Сибири. Экология, 1996, 6. С. 430-436.
12. Donaubauer E. On the Decline of Fir (*Abies densa* Griff.) in Bhutan. Forest Decline in the Atlantic and Pacific Region / R.F. Huettl, D. Mueller-Dombois (eds.). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1993. Pp. 332-337.
13. Forest decline and air pollution: a study of Spruce (*Picea*, *Abies*) on acid soils/ Ed. Schulze D.E.B. 1989. Berlin. Heidelberg. New York. London. Paris: Springer-Verlag, v.78. 475 pp.
14. Forest Decline in the Atlantic and Pacific Region/ R.F. Huettl, D. Mueller-Dombois (eds.). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1993. 366 pp.
15. Landmann G., Bonneau M., Adrian M. Le deperissement du sapin pectine et de l'epicea commun dans le massif forestier vosgien est-il en relation avec l'etat nutritionnel des peuplements? // Rev. forest. fr., 1987, v. 39. Pp. 5-11.

УДК 630*182.5

ВЕЛИЧИНА ДЕПОНИРОВАНИЯ УГЛЕРОДА ФРАКЦИЯМИ НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ КУЛЬТУР СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ РАЗНОГО ВОЗРАСТА В ПОДЗОНЕ ЮЖНОЙ ТАЙГИ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Г.С. ВАРАКСИН, А.А. ИБЕ, В.С. ЛИТВИНОВА, В.И. ПОЛЯКОВ

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Проведена оценка величины депонирования углерода фракциями надземной фитомассы культур сосны обыкновенной в подзоне Иркутской области. Установлено, что в изученных сосновых культурах наибольшая доля (49-50 %) депонирования углерода приходится на ствол, наименьшая (9 %) — на кору. Культуры сосны обыкновенной, II класс возраста, по величине депонирования углерода фракциями надземной фитомассы превосходят естественные сосновые насаждения II класса возраста, произрастающие в Средней Сибири.

В последнее время большое внимание уделяется проблемам, связанным с глобальными изменениями климата, ролью в этих процессах углекислого и других парниковых газов, содержащихся в атмосфере [3]. Прогнозируемое климатическое потепление, довольно резкое в историческом масштабе, может вызвать радикальные изменения в мировом растительном покрове, основу которого составляют леса [9]. По данным А.И. Писаренко и М.Д. Мерзленко [7], в среднем лесные экосистемы планеты создают ежегодно примерно 3 млрд т фитомассы, поглощая из атмосферы около 5,5 млрд т двуокиси углерода, и выделяют в атмосферу около 4,25 млрд т кислорода, т.е. вносят существенный вклад в его глобальный баланс.

Цель работы — определить величину депонирования фракциями надземной фитомассы культур сосны обыкновенной разного возраста в южнотаежной подзоне Иркутской области.

Материалом исследований послужили 5 пробных площадей (ПП), заложенных в производственных культурах сосны обыкновенной: ПП-1, ПП-2 и ПП-3 — в Воробьевском лесничестве Эдучанского лесхоза, ПП-4 — в Невонском лесничестве Илимского лесхоза и ПП-5 — в Капаевском лесничестве Северного лесхоза Иркутской области. Методы создания культур: ручная посадка 2-летними сеянцами (ПП-1, ПП-4 и ПП-5) и ручной посев семян сосны (ПП-2 и ПП-3). Почвы на всех пробных площадях — светло-серые лесные средне- и тяжелосуглинистые оподзоленные.

Пробные площади закладывались в соответствии с ОСТОм 56-69-83 «Площади пробные лесоустроительные» [5]. Рядом с каждой пробной площадью проводился отбор модельных деревьев, подразделенных на классы. Так, в первый класс вошли мелкие деревья, во второй — средние, в третий — крупные. Из каждого класса было взято по одному модельному дереву. Деревья предварительно и тщательно выбирали за пределами пробных площадей, избегая значительных отклонений по развитию крон, повреждений стволов. У каждого модельного дерева измеряли диаметр кроны в двух перпендикулярных направлениях, высоту начала первой живой ветви, длину и ширину кроны, а также максимальный поперечник кроны, определяли класс роста дерева. Стволы модельных деревьев размечали на 1-метровые секции и вершинку, начиная с нулевого среза. «Диски» выпиливали на высоте пня, на высоте 1,3 м (для анализа хода роста ствола по диаметру) и посередине секций, а также у основания вершинки. Ствол в коре и живую крону дерева взвешивали с точностью до 0,5 кг и 0,1 кг соответственно. Из кроны выбирали по три ветви (крупную, среднюю и малую). Ветви фракционировали и взвешивали. Сухие ветви и сучья взвешивали отдельно. Фитомассу определяли термовесовым способом. Образцы (хвоя, фрагменты ветвей в коре, побеги и диски) высушивали при температуре 105°C до абсолютно сухого состояния и взвешивали. Всего было обработано 15 модельных деревьев [4].

Показатели фитомассы древостоев нами оценивались в базе данных, разработанной В.И. Поляковым и Г.Г. Поляковой [6] в среде MS Access.

Итоговые показатели пофракционного учета массы в надземной части изученных древостоев приведены в табл. 1.

Таблица 1. Распределение надземной фитомассы культур сосны, т/га абсолютно сухого вещества

№ ПП	Возраст, лет	Густота, шт./га	Наименование фракций фитомассы					Надземная часть (итого)
			Древесина	Кора	Скелет кроны	Хвоя	Отмершие ветви и сучья	
1	23	1628	42,4	7,6	19,7	14,8	2,6	87,2
2	24	7925	36,6	6,6	17,0	13,8	2,2	76,3
3	21	7650	30,5	5,5	14,2	11,5	1,9	63,6
4	19	872	14,6	2,6	6,8	5,5	0,9	30,5
5	18	1163	11,6	2,1	5,4	4,4	0,7	24,1

Затем, исходя из полученных данных о запасах фитомассы изученных древостоев, были оценены запасы углерода (табл. 2). Для 1 кг сухой массы одревесневших частей и корней был принят конверсионный коэффициент 0,5, для 1 кг сухой массы хвои – 0,45 кг углерода соответственно [1, 2, 3].

Таблица 2. Величина депонирования углерода фракциями фитомассы искусственных сосняков в подзоне южной тайги Иркутской области, т/га

№ ПП	Возраст культур, лет	Класс бонитета	Древесина	Кора	Скелет кроны	Хвоя	Надземная часть
1	23	I	21,20	3,80	9,86	7,41	42,27
2	24	II	18,32	3,28	8,52	6,91	37,03
3	21	III	15,27	2,74	7,10	5,76	30,87
4	19	II	7,31	1,31	3,40	2,76	14,79
5	18	II	5,79	1,04	2,69	2,18	11,70

Согласно нашим данным (табл. 2 и рис. 1), в изученных сосновых культурах на всех пробных площадях наибольшая доля (49-50 %) депонирования углерода приходится на ствол, наименьшая (9 %) – на кору. Доля депонирования углерода хвоей на ПП-4, ПП-5 и ПП-3 составляет 19 %. В 23-летнем древостое (ПП-1) наблюдается уменьшение доли депонирования углерода хвоей до 18 %. Сходные результаты были получены Г.С. Варакиным, В.И. Поляковым и М.А. Люминарской [2] при изучении искусственных насаждений ели сибирской в южнотаежной подзоне Красноярского края. Авторы отмечают, что доля депонирования углерода хвоей уменьшается с увеличением возраста культур.

В 24-летних культурах на ПП-2 с увеличением возраста деревьев не произошло снижения доли депонирования углерода хвоей, что вызвано, прежде всего, избыточной густотой данных древостоев.

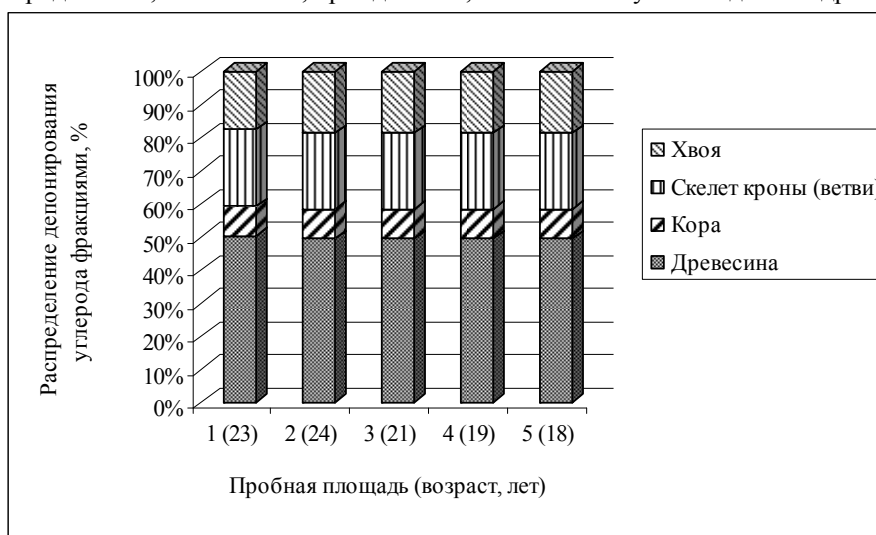


Рис. 1. Распределение депонирования углерода фракциями сосновых культур разных возрастов – 18, 19, 21, 23 и 24 лет, %

Сравнение данных по величине депонирования углерода фракциями надземной фитомассы естественных сосняков Сибири [8] доказывает то, что сосновые культуры по этому показателю превосходят естественные насаждения этого вида (табл. 2 и 3).

Таблица 3. Величина депонирования углерода фракциями фитомассы естественных сосняков Сибири разного возраста, т/га [8]

Возраст, лет	Класс бонитета	Древесина	Кора	Скелет кроны	Хвоя	Надземная часть
18	II	6,90	1,8	1,60	1,75	12,05
19	I	12,10	2,4	2,20	2,83	19,53
22	III	6,25	1,4	1,35	1,21	10,21
23	II	12,05	1,6	2,45	2,02	18,12
25	II	15,10	2,0	2,55	2,16	21,81

На основании полученных результатов по оценке величины депонирования углерода фракциями надземной фитомассы культур сосны обыкновенной разного возраста в подзоне южной тайги Иркутской области можно сделать следующие выводы:

1. В изученных сосновых культурах наибольшая доля (49-50 %) депонирования углерода приходится на ствол, наименьшая (9 %) – на кору. Доля депонирования углерода хвоей составляет 19 %.

2. Культуры сосны обыкновенной II класса возраста по величине депонирования углерода фракциями надземной фитомассы превосходят естественные сосновые насаждения II класса возраста, произрастающие в Средней Сибири.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биотические компоненты углеродного цикла / К.И. Кобак. Л.: Гидрометеониздат, 1988. 248 с.
2. Вараксин Г.С., Поляков В.И., Люминарская М.А. Биологическая продуктивность еловых культур в Средней Сибири // Лесная таксация и лесоустройство, 2006, 1(36). С. 24-28.
3. Исаев А.С., Коровин Г.Н., Уткин А.И., Пряхников А.А., Замолотчиков Д.Г. Оценка запасов и годичного депонирования углерода в фитомассе лесных экосистем России // Лесоведение, 1993, 5. С. 3-10,
4. Методы определения биологической продуктивности насаждений / В.А. Усольцев, С.В. Залесов. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2005. 147 с.
5. ОСТ 56-69-83. Площади пробные лесоустроительные. Методы закладки. М.: ЦБНТИлесхоз, 1983. 31 с.
6. Поляков В.И., Полякова Г.Г. База данных постоянных пробных площадей для слежения за состоянием древостоев // Лесная таксация и лесоустройство, 2003, 1 (32). С. 71-76.
7. Создание искусственных лесов / А.И. Писаренко, М.Д. Мерзленко. М.: Агропромиздат, 1990. 270 с.
8. Углерод в экосистемах лесов и болот России / В.А. Алексеев, Р.А. Бердси. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, Слэс ЛС США, 1994. 224 с.
9. Уткин А.И. О возможной динамике лесной растительности в экотонах Северной Евразии при глобальном потеплении // Классификация и динамика лесов Дальнего Востока: Мат. между. конф. Владивосток, 2001. С. 125-127.

УДК 630*181.43:630*182.2:630*434:633.877.2

ВЛИЯНИЕ ПОЖАРОВ НА ЛЕСООБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС В ЛЕСАХ ФОРМАЦИИ *LARIX GMELINII* (RUPR.) RUPR.

О.А. ЗЫРЯНОВА, Т.Л. ЧИХАЧЕВА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются особенности послепожарной трансформации экосистем, сформированных лиственницей Гмелина. Анализируется влияние пожаров на лесообразовательный процесс в зонах сплошного и спорадического распространения многолетней мерзлоты.

Лиственница Гмелина (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.) – одна из самых распространенных древесных пород Северной Евразии. Площадь ареала составляет около 1,9 млн км², большая его часть находится в пределах области распространения многолетней мерзлоты [1]. Благодаря холодостойкости и нетребовательности к почвенно-грунтовым условиям лиственница Гмелина формирует очень разнообразные по составу, полноте и продуктивности чистые и смешанные древостои с елью сибирской и аянской, сосной лесной и сибирской, березой повислой и плосколистной, тополем дрожащим. Насаждения с преобладанием этого вида занимают 35 % площади всех лиственничных лесов России [6].

Пожары в лиственничных лесах являются ведущим лесообразующим фактором, циклически воздействующим на растительность и влияющим на характер восстановительных сукцессий. Лесообразовательный процесс в различных частях ареала *Larix gmelinii* может протекать по различным сценариям [8]. Рассмотрим некоторые особенности влияния пожаров на лесообразовательный процесс в зонах сплошного и спорадического распространения многолетней мерзлоты.

Высокоинтенсивные низовые пожары в лиственничных лесах Эвенкии (центральная часть ареала в зоне сплошного распространения многолетней мерзлоты) повторяются с интервалами 40-100 и более лет (табл. 1). Здесь воздействие огня, как правило, способствует успешному возобновлению лиственницы Гмелина, что отмечалось многими исследователями. В результате огневой мелиорации значительно уменьшается корневая конкуренция из-за гибели деревьев основного полога и подчиненных ярусов лесной растительности, снижается уровень многолетней мерзлоты и изменяется температурный режим почв, усиливается их биологическая активность, увеличивается содержание элементов минерального питания [3, 4]. После слабых и средних по силе низовых пожаров количество подроста при наличии источников семян увеличивается по сравнению с нетронутыми огнем насаждениями в 10-20 и более раз. Особенности заселения гарей лиственничным самосевом определяются характером микрорельефа и гидротермических условий [3]. Естественное возобновление почти полностью отсутствует в первые два года после пожара. Основная часть молодых лиственниц (70-80 %) поселяется на 3-6-й годы. Процесс пополнения молодого послепожарного поколения новыми особями завершается в течение 10-20 лет после пожара [4]. В этот период в результате внутривидовой конкуренции происходит дифференциация деревьев по жизненному состоянию, начинается процесс самоизреживания. По мере восстановления напочвенного покрова и поднятия уровня многолетней мерзлоты условия произрастания ухудшаются, что приводит к снижению приростов, ослаблению и гибели части деревьев. Например, в 100-летних одновозрастных пирогенных лиственничниках доля сухостойных деревьев достигает 30-70 %. Естественное лесовозобновление в этот период отсутствует или сильно ослаблено.

Влияние пожаров на подчиненные ярусы фитоценозов проявляется, прежде всего, в значительном изменении видового состава и ценотической роли видов нижних ярусов лесной растительности [3-5]. Установлено, что наибольшим своеобразием обладает, как правило, фитоценоз, формирующийся в первый год после пожара. При отсутствии микрорельефа происходит сильное равномерное выгорание нижних ярусов фитоценозов и формирование т.н. «черных» гарей, на которых рассеянно произрастают отдельные побеги шиповника, вейника, душейки кустарниковой. В сохранившихся вокруг выживших лиственниц «островках» напочвенного покрова из багульника и брусники встречается допожарный мох *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. Бугристо-западинный микрорельеф и хорошо выраженная мозаичность напочвенного покрова способствуют почти полному уничтожению огнем растительности западин и лишь повреждению той, которая развита на буграх. Так, представители орхидных *Cypripedium guttatum* Sw. и *Dactylorhiza cruenta* (O.F. Muell.) Soo, как и кустистые лишайники рода *Cladina*, приуроченные к вершинам бугров, не страдают от устойчивых пожаров средней силы [3, 4]. В лиственничниках багульничково-брусничных зеленомошно-лишайниковых местообитаний с грядово-западинным микрорельефом, наоборот, полностью выгорают лишайниковые синузии на грядах, тогда как растительность более влажных ложбин незначительно повреждается огнем. На всех гарях при избыточной влажности почвы в микрозападинах поселяется *Marchantia polymorpha* L., занимающая в последующие годы доминирующие позиции. Дальнейшая трансформация видового разнообразия определяется особенностями микротопографии местообитания и мозаичности напочвенного покрова в коренных сообществах, а также характером его повреждения при различном воздействии высоких температур.

В местообитаниях без выраженного микрорельефа восстановление допожарного состава видов лиственничных сообществ длится 90-100 лет [3-5]. Общее число видов всех жизненных форм на гарях сокращается в 1,3 раза через 2 года после пожара, но через 9-10 лет допожарная численность возрастает на 10-20 %. Сходство видового состава сукцессионных и допожарного сообществ нарастает параллельно изменению числа общих видов, а погодичные флуктуации связаны с появлением однолетников, прорастанием вследствие стимулирующего воздействия огня находящихся в почве семян, поселением новых, не свойственных коренному сообществу видов, а также особенностями динамики численности и развития послепожарных ценопопуляций [3-5].

Динамика видового состава и особенности послепожарного восстановления структуры напочвенного покрова на гарях с бугристо-западинным микрорельефом определяются складывающимися здесь гидротермическими условиями [3, 5]. Сухие и теплые поверхности микроповышений и верхние части их восточных и южных микросклонов заселяются ксерофильными видами. Наиболее холодные и избыточно увлажненные понижения глубиной 41-60 см предпочитают виды-гекситотермы. Достаточно теплые и умеренно влажные понижения глубиной 25-40 см формируют самые благоприятные условия для развития видов как травяно-кустарничкового яруса, так и лиственничного самосева [4]. После устойчивых низовых пожаров средней интенсивности общее число видов на гарях уменьшается в 2,5 раза, но уже через 5-6 лет оно превышает допожарное на 10-20 % и сохраняется в течение последующих 6 лет наблюдений [5]. Допожарные виды восстанавливают свои позиции быстрее, чем на гари без выраженного микрорельефа.

Детальные исследования трансформации видового разнообразия в местообитаниях с грядово-западинным микрорельефом проводились в течение первых пяти лет после пожара. Благодаря

особенностям микротопографии и пространственной структуры растительных сообществ кустарниковый и травяно-кустарниковый ярусы в них повреждаются огнем слабо. На пятый год восстановительной сукцессии в составе отмеченных ярусов появляется большое число новых, не свойственных допожарному сообществу растений. Видовое разнообразие здесь превышает допожарный уровень на 40 %. Очень медленно восстанавливается мохово-лишайниковый покров.

Следовательно, послепожарные изменения видового состава и ценотической роли видов лиственничников зависят от их геоморфологической приуроченности, степени выраженности микрорельефа и мозаичности напочвенного покрова коренных сообществ, а также особенностей их трансформации под воздействием различных по силе низовых пожаров. Формирование пространственной структуры древостоев на гарях также определяется совокупностью перечисленных факторов.

На юго-восточной окраине ареала лиственницы Гмелина (Амурская область) лесообразовательный процесс в лиственничниках, как и в Центральной Эвенкии, обусловлен лесными пожарами. Беглые низовые пожары низкой и средней интенсивности, повторяющиеся каждые 3-5 (10) лет, приводят к снижению бонитета лиственничных насаждений и формированию травяных типов леса с хорошо развитым подлеском из *Rhododendron dauricum*, *Lespedeza bicolor*, *Betula fruticosa*, *Spiraea media*, *Rosa acicularis*, *Alnus hirsuta*. С другой стороны, густой травяно-кустарниковый покров, препятствующий естественному возобновлению лиственницы, пожары, периодически уничтожающие немногочисленный лиственничный самосев, поселение березы плосколистной *Betula platyphylla* после катастрофических пожаров и ее высокая порослевая способность ведут к постепенной замене высокопродуктивных лиственничников белоберезовыми лесами [7, 8]. Пожары в дальневосточных лиственничниках являются фактором, замедляющим процесс естественного воспроизводства лесов формации (табл. 1).

Таблица 1. Особенности послепожарного восстановления лиственничников

Подзона	Межпожарный период, лет	Характер восстановления
Северная тайга (Эвенкия)*	40-100 и более	Без смены пород
Средняя тайга (Амурская область)**	30-80 и менее	Внедрение березы плосколистной, реже осины
Южная тайга (Амурская область)**	Освоенные районы 3-5 Отдаленные районы 10-20	Внедрение березы плосколистной и осины

Примечание. источники * [2]; ** [7].

Таким образом, лесные пожары в лиственничных лесах Севера Сибири, повторяющиеся с интервалами 40-100 и более лет, предопределяют соответствующую цикличность в развитии лесных экосистем. Влияние низовых пожаров на лесообразовательный процесс выражается в создании на гарях благоприятных условий для появления и формирования новых поколений леса. Характер микрорельефа и гидротермические условия определяют особенности заселения гарей лиственничным самосевом. Дифференциация и жизненное состояние подроста зависят от его густоты.

В зависимости от интенсивности пожаров и сложившихся послепожарных экологических условий в криолитозоне формируются одновозрастные или разновозрастные древостои без выраженных поколений, образующие основной фон лесного покрова высоких широт.

Динамика видового состава и особенности послепожарного восстановления структуры напочвенного покрова на гарях определяются гидротермическими условиями. Восстановление исходного видового состава длится 90-100 лет.

В зоне спорадического распространения многолетней мерзлоты в Приамурье пирогенная динамика связана со сменой древесных пород. Процесс нормального возобновления осложняется частыми низовыми пожарами, уничтожающими лиственничный самосев. Формирующиеся на начальных этапах сукцессии белоберезники могут на длительное время замещать лиственничные леса. Эндемичное развитие ценопопуляций определяет основные структурные и функциональные преобразования сменяющихся ценозов, а особенности окружающей среды предопределяют характер и скорость этих преобразований.

Работа выполнена при финансовой поддержке Интеграционного проекта СО РАН №76, гранта РФФИ-JSPS № 08-04-91204 и гранта РФФИ № 09-04-00179.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абаимов А.П. Лиственницы Гмелина и Каяндера (систематика, география, изменчивость, естественная гибридизация): Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05. Красноярск: ИЛиД СО РАН, 1980. 24 с.
2. Абаимов А.П. Особенности и основные направления динамики лесов и редколесий в мерзлотной зоне Сибири // Сиб. экол. журн., 2005, 4. С. 663-675.
3. Абаимов А.П., Прокушкин С.Г., Зырянова О.А. Особенности послепожарных повреждений лиственничных лесов мерзлотной зоны Средней Сибири // Сиб. экол. журн., 1998, 3-4. С. 315-323.

4. Зырянова О.А., Абаимов А.П., Чихачева Т.Л. Влияние пожаров на лесообразовательный процесс в лиственных лесах Севера Сибири // Лесоведение, 2008, 1. С. 1-8.
5. Зырянова О.А., Бугаенко Т.Н., Абаимов А.П. и др. Пирогенная трансформация видового разнообразия в лиственных лесах криолитозоны // Лесные экосистемы Енисейского меридиана. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. С. 135-146.
6. Милютин Л.И. Взаимоотношения и изменчивость близких видов древесных растений в зонах контакта их ареалов (на примере лиственниц сибирской и даурской): Автореф. дис. ... докт. биол. наук: 03.00.05. Красноярск: ИЛИД СО РАН, 1983. 48 с.
7. Типы сосновых и лиственных лесов Амурской области. Благовещенск, 1984. 163 с.
8. Zyryanova O.A., Yaborov V.T., Tchikhacheva T.L. et al. The structure and biodiversity after fire disturbance in *Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr. forests, Northeastern Asia // Eur. J. For. Res., 2007, 10-1: 19-29.

УДК 630*221.04: 630*181.41

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ВЫБОРОЧНЫХ РУБКАХ В ПИХТОВО-ЕЛОВЫХ ДРЕВОСТОЯХ

В.В. ИВАНОВ, А.Н. БОРИСОВ

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

На примере пихтово-еловых древостоев подзоны южной тайги изучены процессы восстановительной динамики при выборочном лесопользовании. Методом имитационного моделирования получены характеристики динамики восстановления древостоев при различных сценариях изъятия древесины.

Непрерывному и неистощительному пользованию лесом посвящено много исследований [1-3], но до сих пор многие вопросы требуют своего разрешения, и эта тема остается актуальной. Большинство лесоводов отмечают, что выборочными и постепенными рубками можно увеличить продуктивность насаждений, сократить оборот рубки, снизить затраты на лесовосстановление и получить значительный лесоводственный и хозяйственный эффект. Такой подход к лесопользованию стимулирует непрерывную деятельность лесозаготовительных предприятий; сокращает затраты на лесовосстановление; уменьшает пожарную опасность, так как резко сокращаются площади открытых участков вырубок; способствует сохранению многообразных защитных функций леса.

Темнохвойные древостои характерны тем, что способны после несплошных рубок восстанавливать свою первоначальную структуру. Данная работа посвящена изучению влияния несплошных рубок разной интенсивности на структуру пихтово-еловых древостоев, ее динамику во времени и разработке рекомендаций по применению таких рубок в темнохвойных лесах подзоны южной тайги.

Объекты и методика

Объектом исследований явились темнохвойные древостои Кеть-Чулымского лесорастительного округа южнотаежных и подтаежных лесов [4]. Для отработки рациональных технологических приемов разработки лесосек при использовании различных механизмов в Большемурутинском лесхозе были проведены опытно-производственные рубки главного пользования. На территории Большемурутинского лесничества в 1979 году было выделено 4 участка, на которых применялись разные варианты несплошных рубок. Назначенный в рубку древостой характеризовался высокими показателями запаса древесины (в среднем около 500 м³/га), полнотой 1,0, средней производительностью – III классом бонитета, наличием сухостоя 9,8-13,5 %. Разработка опытных лесосек осуществлялась с применением трелевочного трактора ТТ-4 и бензопилы МП-5 «Урал». За базовую была принята технология разработки лесосек «методом узких лент».

Средняя площадь участков составляет около 5 га. На участке 2 был выполнен вариант добровольно-выборочной рубки (25-30 % от запаса), на 3 – интенсивно-выборочной (40-50 % от запаса), на 4 – длительно-постепенной (60-70 % от запаса), на 5 – сплошнолесосечной рубки (95 % от запаса). Участок 1 был оставлен без изменения, в качестве контроля. Характеристики объектов приведены в табл. 1.

На каждом из пяти объектов была заложена постоянная пробная площадь, где проводились повторные наблюдения, перечеты деревьев, измерялись их высоты, диаметры стволов на высоте груди, брались керны для определения прироста до и после рубок. Были получены общие ряды распределения числа стволов в древостоях по толщине.

Таблица 1. Краткая характеристика участков

№ пп	Состав древостоя	Кол-во дер., шт./га	Асп., лет	Нсп., м	Дсп., см	Запас, м ³ /га	Хозяйственное мероприятие	Инт. рубки, %
1	5Е4П1К+Б+Л	864	125	25,4	30,0	463	Контроль	0
2	5Е4П1Б+К+Л	1051	117	23,8	25,3	547	Добровольно-выборочная рубка	25-30
3	5Е4П1К+Б	736	126	26,0	30,6	500	Интенсивно-выборочная рубка	40-50
4	6Е4П+Б+К+Л	603	115	26,0	30,9	383	Длительно-постепенная рубка	60-70
5	5Е4П1Л	639	144	28,4	43,0	604	Сплошнолесосечная рубка	95

Основная проблема, с которой сталкивается исследователь при изучении динамики восстановления после проведения выборочных рубок, связана с большой продолжительностью этих процессов во времени. Эффективным инструментом может выступить имитационное моделирование роста деревьев в древостое, учитывающее характеристики отдельных особей, их пространственное размещение и конкурентные отношения. В экологическом плане больший интерес представляют модели, в которых рассматривается конкуренция за те или иные ресурсы [5-7].

В предлагаемой модели описывается динамика прироста по диаметру ствола в зависимости от взаимных размеров взаимодействующих особей и расстояний между ними. Уравнение роста i -го дерева записывается как:

$$\frac{dx_i}{dt} = \alpha \frac{x_i}{x_m} (R_i - \frac{x_i}{x_m}), \quad (1)$$

где x_i – диаметр ствола i -го дерева; α – масштабный коэффициент; x_m – максимальный диаметр дерева, зависящий от породы, условий местообитания и т.д. Конкурентное воздействие на i -е дерево со стороны соседей описывается в виде:

$$R_i = \prod_{i \neq j} R_{ij} \\ R_{ij} = A^{-b_{ij}}, \quad (2)$$

где $\prod$ – произведение по всем соседям i -го дерева, R_{ij} – величина, определяющая конкурентное воздействие j -го дерева на i -е; A – параметр.

Взаимодействие i -го и j -го деревьев определяется в виде:

$$b_{ij} = \begin{cases} x_m \frac{x_j}{x_i} \left(\frac{1}{r_{ij}} - \frac{1}{r_{\text{int}}} \right), & r_{ij} < r_{\text{int}} \\ 0, & r_{ij} \geq r_{\text{int}} \end{cases} \quad (3)$$

$$r_{\text{int}} = k \max(x_i, x_j),$$

где x_i, x_j – диаметры стволов i -го и j -го деревьев соответственно; r_{ij} – расстояние между i -м и j -м деревом; r_{int} – определяет область взаимодействия, k – коэффициент. Подбор параметров модели и ее верификация производились на основе характеристик пробных площадей [8].

Результаты и обсуждение

Описанная выше модель была реализована программно на Delphi. Реализации пространственного размещения особей генерировались таким образом, чтобы размещение, густота и распределение стволов по ступеням толщины соответствовали характеристикам пробной площади. Параметры модели подбирались так, чтобы рост особей и отпад происходили так же, как и на контрольной пробной площади. Параметры уравнений определялись с использованием таблиц хода роста, результатов исследований по елово-пихтовым насаждениям и методом имитационного моделирования. Данные моделирования для каждого дерева сохранялись в соответствующем файле. Программа обеспечивает вывод в графической форме схемы размещения деревьев, отражающей динамику роста и отпада за заданный период моделирования. Для проведения развернутого анализа данных в программе предусмотрены вычисление и вывод в графической форме следующих характеристик:

- динамика запаса;
- динамика суммы площадей сечения;
- динамика среднего прироста;
- динамика густоты;
- динамика среднего диаметра стволов;

- распределение по ступеням толщины;
- прирост по ступеням толщины;
- динамика прироста и диаметра ствола заданной особи.

Имитационное моделирование позволило рассмотреть различные сценарии хозяйственного воздействия и выбрать оптимальный вид рубок. В качестве критерия оптимальности выступает получение максимального среднегодового объема крупной деловой древесины (с диаметром ствола от 32 см) при условии непрерывного и неистощительного лесопользования.

Результаты, полученные при моделировании периодических выборочных рубок различной интенсивности, приведены в табл. 2.

Таблица 2. Объемы древесины при рубках разной интенсивности и периодичности

Рубки, %	Период повторения приемов рубки, г	Объем вырубаемой древесины за один прием, м ³ /га	Среднегодовой объем вырубаемой древесины, м ³ /га	Отпускной диаметр, см
30	40	91	2,3	37
	60	120	2,0	43
	80	140	1,8	45
50	40	130	3,3	27
	60	180	3,0	32
	80	190	2,4	34
70	40	130	3,3	20
	60	200	3,3	22
	80	240	3,0	23
	120	290	2,4	31
95	100	60	0,6	32
	120	120	1,0	32
	160	200	1,3	32

Анализ данных показывает, что при добровольно-выборочных рубках интенсивностью до 30 % можно получить древесину крупных сортиментов, однако объемы рубок малы, и такие рубки являются экономически невыгодными. Длительно-постепенные рубки более приемлемы с экономической точки зрения, однако период времени между рубками, необходимый для формирования древесины нужного размера и качества, достигает 120 лет и более, а величина среднегодового объема вырубаемой древесины остается небольшой. Кроме того, ветровал после рубок интенсивностью 60-70 % достигает 40-50 % по запасу, а выживаемость подроста резко снижается [3, 4]. В то же время интенсивно-выборочная рубка (до 50 %) является экономически компромиссным вариантом, более приемлема с экологической точки зрения и обеспечивает максимальные среднегодовые объемы получения крупной деловой древесины при периодичности проведения рубок 60 лет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Морозов И.Р. Первая книга о лесе. М.: Новая деревня, 1928. 45 с.
2. Кедровые леса Сибири /Семечкин И.В., Поликарпов Н.П., Ирошников А.И. и др. Новосибирск: Наука, 1985. 257 с.
3. Моисеев Н.А. Основы прогнозирования использования и воспроизводства лесных ресурсов. М.: Лесная пром-ть, 1974, 223 с.
4. Иванов В.В. Выборочные рубки в равнинных темнохвойных лесах // Информационный листок N 356-81 ЦБНТИ, 1981. 2 с.
5. Галицкий В.В. Горизонтальная структура и динамика одновозрастного растительного сообщества. Численное моделирование // Математическое моделирование биогеоценотических процессов, М.: Наука, 1985, с. 59-70,
6. Борисов А.Н., Иванов В.А., Кузьмичев В.В. Имитационная модель динамики одновозрастных древостоев // Лесная таксация и лесоустройство. Красноярск: КПИ, 1989. С. 20-25.
7. Борисов А.Н., Дашковская И.Д., Гуревич М.Ю., Кофман Г.Б., Кучер А.А. Имитационная модель одновозрастного древостоя как полигон для обратных задач дендрохронологии // Сб.тез. III межд. конф. Матем. проблемы экологии (МАПЭК-96), 2-4 августа 1996 г., Новосибирск. С. 67.
8. Борисов А.Н., Иванов В.В. Имитационное моделирование темнохвойных древостоев при выборочных рубках // Хвойные бореальной зоны. Т. XXV, 1-2. Красноярск, 2008. С. 135-140,

ОТБОР ПЕРСПЕКТИВНЫХ КЛИМАТИПОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ В ПРИАНГАРЬЕ

Н.А. КУЗЬМИНА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Приводятся многолетние результаты исследований роста, сохранности и устойчивости сосны обыкновенной к патогенам в географических культурах на разных почвах. Выявлены лучшие климатипы по стволковой продуктивности и сделаны предложения по уточнению лесосеменного районирования в регионе.

Генетически обусловленное внутривидовое разнообразие древесных растений (подвиды, экотипы, популяции и др.) в определенной степени сопряжено с экологическими условиями произрастания. Реализация большинства хозяйственно ценных признаков древесных растений зависит от внешних факторов и лучше всего проявляется в определенных условиях среды. Исследование роста, сохранности и устойчивости к патогенам сосны обыкновенной в географических культурах позволяет выявить сорта-популяции и уточнить лесосеменное районирование в регионе, так как лесосеменное районирование является одним из основных резервов повышения продуктивности искусственных насаждений.

Цель работы – отбор перспективных климатипов по комплексу признаков для плантационного лесовыращивания и уточнение лесосеменного районирования в регионе.

Объекты исследования

Объектами исследований являются географические культуры сосны обыкновенной, созданные в Богучанском лесхозе Красноярского края в 1977 году по программе и методике ВНИИЛМ [1]. Пункт испытания находится в Ангарском южнотаежном районе лиственнично-сосновых лесов. Культуры создавались на 3 участках с разными почвенными условиями: 2 участка расположены на суглинистой и 1 – на песчаной почвах. Один из участков на суглинистой почве утерян в 20-летнем возрасте из-за лесного пожара. Пункт испытания географических культур относится к району с интенсивной эксплуатацией сосновых древостоев. В последние годы отмечается интенсивное освоение данного региона в промышленном аспекте, возобновилось строительство Богучанской ГЭС, планируется строительство алюминиевого завода, ЦБК, открыто месторождение природного газа. В связи с этим возникла угроза частичного уничтожения объекта.

В географических культурах испытывается 84 климатипа сосны обыкновенной, места происхождения которых находятся в долготном направлении – от Кольского п-ва до Охотского моря, в широтном – от лесотундры до южной границы ареала (от 50°10' и 69°40'с.ш. до 26°28' и 138°00'в.д.). Согласно внутривидовой систематике Л.Ф. Правдина [2], тестируемые климатипы представляют четыре подвида сосны обыкновенной: северную лапландскую, обыкновенную лесную, сибирскую и кулундинскую.

Результаты исследований

Устойчивость к патогенам. Известно, что при отборе лучших по стволковой продуктивности климатипов необходимо учитывать их устойчивость к патогенам. В географических культурах в течение 30-летнего роста сосны обыкновенной отмечались заболевания, вызванные такими патогенами, как: обыкновенное шютте (*Lophodermium pinastri* Chev.), снежное шютте (*Phacidium infestans* Karst.), ценангиевый некроз (*Cenangium abietis* (Pers.) Pehm), грибы-ржавчинники – рак-серянка (*Cronatium flaccidum* (Alb. et Schw) Wint, *Peridermium pini* (Pers.) Lew. et Kleb).

Первое заболевание, вызванное обыкновенным шютте, отмечалось в возрасте двух лет на питомнике. На второй год развития болезни элиминация сеянцев достигла 20 % у контроля и 40 % у потомств, место происхождения которых значительно отдалено от пункта испытания в западном и юго-западном направлениях. В основном к этой группе относились потомства сосны из центральных районов России, Урала и Поволжья. Наибольший отпад сеянцев (до 85 %) отмечался у западных и южных потомств европейской части России (климатипы из Республики Беларусь и Украины).

Второе сильное повреждение географических культур сосны было вызвано снежным шютте в возрасте восьми лет на участке с песчаной почвой. В это время культуры на песчаной почве существенно уступали в росте культурам на темно-серой лесной почве. Пределы колебания средней высоты восьмилетних потомств климатипов на песчаной почве составляли 28-70 см, на суглинистой – 49-95 см. Характер повреждений снежным шютте был различным. У сильно поврежденных деревьев наблюдались засыхание верхушечной почки и элиминация более 50 % хвои в кроне. Элиминация хвои у деревьев со

средней тяжестью повреждений варьировала от 20 до 40 %. У слабо поврежденных деревьев элиминация хвои не превышала 20 %.

Сильная степень повреждения снежным шютте, охватившим более 50 % деревьев, отмечалась у климатипов сосны из центральных, западных и южных районов ареала, а также Казахстана и некоторых южных и лесостепных районов Сибири. Устойчивыми к снежному шютте оказались в основном климатипы сосны из средней и южной тайги Сибири и европейского севера. Более 80 % здоровых деревьев отмечено у климатипов сосны Красноярского края, Якутии, Иркутской и Читинской областей, а также у климатипов Мурманской области и республики Коми.

На песчаном участке в 23-летнем возрасте культур было зафиксировано заболевание, вызванное ценангиевым некрозом. Развитие болезни продолжалось в течение трех лет и выражалось в пожелтении, покраснении и элиминации хвои верхней части кроны. В результате обследования географических культур были выделены три группы климатипов с различной тяжестью повреждений. Менее устойчивыми к ценангиевому некрозу, как и в случае заболевания снежным шютте, оказались климатипы западной части ареала сосны и южных районов Сибири. У этих климатипов наблюдался массовый характер повреждений (от 80 до 100 % деревьев). Высокая генетическая устойчивость к ценангиевому некрозу выявлена у потомств сосны обыкновенной подвидов «северная лапландская» и «сибирская» южнотаежной подзоны. Низкая устойчивость к патогену отмечалась у потомств сосны подвидов «сосна кулундинская», «сосна обыкновенная» и «сосна сибирская» из южных районов Сибири. Так как исследуемые климатипы сосны обыкновенной находятся в одинаковых климатических и экологических условиях, можно сделать вывод, что наблюдаемая дифференциация сосны по устойчивости к патогенам обусловлена генетическими особенностями, эволюционно закрепленными в потомстве в местах их происхождения [3].

На участке с суглинистой почвой отмечаются повреждения, вызванные раком-серянкой. Локализация язв чаще наблюдается на полуметровой и метровой (0,5-1,0 м) высоте, реже на высоте 2,0 м. Доля пораженных деревьев у климатипов варьирует от 0,20 до 10 %, у контрольного варианта не превышает 1 %. Максимальная доля поврежденных деревьев отмечается у климатипов из степных и лесостепных районов Поволжья, юга Урала, Казахстана и юга Сибири (бузулукский, дюртюлинский, курганский, долонский, ракировский, минусинский, кяхтинский и др. климатипы).

Для оценки сходства и различий отношения климатипов к патогенам использовали кластерный анализ. Выделено два больших кластера. Климатипы первого кластера отличаются более низкой устойчивостью к патогенам. Представляют этот кластер в основном климатипы сосны из центральных и южных регионов России, Поволжья и Урала. Три климатипа с Европейского Севера (печенгский, плесецкий, пряжинский) выделены в группу «1а» с относительно большей устойчивостью к снежному шютте и грибам-ржавчинникам. Группу «1в» составляют климатипы, у которых отмечается наибольший процент пораженных всеми патогенами деревьев. Климатипы второго кластера отличаются лучшей сопротивляемостью к патогенам. Этот кластер в основном составляют климатипы сосны подвидов «сосна сибирская» и «сосна северная лапландская».

Таким образом, в географических культурах у климатипов сосны проявляется разная реакция к патогенам. На бедной песчаной дерново-подзолистой почве сосна в географических культурах подвержена воздействию обыкновенного и снежного шютте, ценангиевого некроза, на более богатой гумусовым горизонтом суглинистой темно-серой лесной почве – воздействию грибов-ржавчинников. Высокая устойчивость к патогенам выявлена у северных климатипов, подвидов «северная лапландская» и «сибирская» из южнотаежной подзоны Красноярского края, Иркутской, Тюменской, Новосибирской, Кемеровской областей и Европейского Севера. Можно предположить, что у потомств сосны северных популяций выработалась сопротивляемость к патогенам. Климатипы сосны из западных, центральных и южных районов ареала (подвиды «обыкновенная» и «кулундинская») более уязвимы к патогенам в пункте испытания.

Сохранность. В возрасте 33 лет на песчаной почве сохранность деревьев климатипов сосны варьирует от полной элиминации (бориспольский из Украины) до 93 % (печенгский Мурманской обл.). У контрольного варианта (богучанский климатип) сохранность составляет 78 %. Высокая сохранность (более 80 %) отмечается у климатипов из северных регионов европейской части России (печенгского Мурманской обл., пинежского Архангельской обл., чупинского и пряжинского из Карелии), Урала (ревдинского Свердловской обл., курганского Курганской обл.), Сибири (Тарского Омской обл., кыштовского Новосибирской обл.). В географических культурах на суглинистой почве сохранность деревьев сосны меньше, варьирует от 6 до 60 %, у контрольного варианта составляет 46 %. Низкая выживаемость, менее 20 %, отмечается у климатипов сосны из западных, южных и центральных районов ареала сосны и некоторых с юга Сибири (Алтай).

Стволовая продуктивность. Анализ динамики роста в высоту за 20-летний период выявил 4 группы климатипов сосны, различающиеся ритмом и интенсивностью роста. Первая группа представлена климатипами сосны со стабильно высоким ростом в высоту относительно контроля или на

уровне контроля. К ним относятся климатипы сосны среднепродуктивных (Ш класс бонитета) насаждений Сибири из южной тайги, лесостепи и горных южных территорий и некоторые климатипы из европейской части страны и Урала. Климатипы второй группы имеют среднюю высоту деревьев в онтогенезе стабильно меньшую, чем у контроля. В основном эту группу представляет сосна из северной и средней тайги (низкопродуктивные насаждения – 1V-V классы бонитета). Третью группу представляют климатипы, отличающиеся высоким темпом роста до 10-летнего возраста, и отстающие по росту в высоту от контрольного варианта в последующие годы. У климатипов четвертой группы отмечалось частое чередование периодов роста с высокой и низкой интенсивностью. Во II классе возраста у ряда климатипов сосны отмечается смена рангового положения. Лучшими по росту в высоту являются деревья климатипов сосны первой и четвертой групп, средняя высота которых соответствует уровню контрольного, а у ряда климатипов даже превосходит его.

Сравнительный анализ линейного роста климатипов сосны на участках с разными почвенными условиями показывает, что на суглинистой почве средняя высота деревьев в 2-4 раза превышает высоту деревьев на участке с песчаной почвой. Средняя высота деревьев контрольного климатипа на песчаной почве составляет 3,5 м, на суглинистой – 11,7 м. Ранговое положение климатипов по росту в высоту и запасу стволовой продуктивности на песчаной и суглинистой почвах неодинаковое. Например, контрольный вариант на песчаной почве в ранжированном ряду по запасу занимает 47-е место, на темно-серой лесной – 21-е место. Нижне-енисейский на песках занимает 16-е место, на темно-серой лесной – 8-е место.

Заключение

В результате многолетних наблюдений за ростом, сохранностью и устойчивостью к патогенам сосны обыкновенной в географических культурах выявлены климатипы, превосходящие по стволовой продуктивности контрольный климатип в пределах каждого участка. На песчаной почве группу лучших представляют климатипы: енисейский, северо-енисейский, проспихинский, ниже-енисейский, ачинский Красноярского края, мамский, усть-кутский, катангский, вихоревский, зиминский Иркутской области, олекминский Якутии, пудожский, сортовальский Карелии, короткеросский Коми, кандалакшский Мурманской, заводоуковский Тюменской, болотнинский Новосибирской, колпашевский Томской, гурьевский Кемеровской областей.

На суглинистой почве лучшими являются: ниже-енисейский и канский Красноярского края, катангский, усть-кутский, мамский Иркутской области, нерчинский Читинской области, тотемский Вологодской области, чупинский, пудожский, сортовальский Карелии, слободской Кировской области, тавдинский и ревдинский Свердловской области. Среди отобранных климатипов только семь – ниже-енисейский Красноярского края, мамский, усть-кутский и катангский Иркутской области, пудожский, сортовальский из Карелии и короткеросский Коми на разных почвах показали высокую устойчивость и стволовую продуктивность. Очевидно, что эти климатипы обладают более широкой нормой генетической реакции на изменение климатических и почвенных условий.

Рекомендации по уточнению лесосеменного районирования

1. В случае хронического отсутствия урожаев семян их поставщиками для создания плантаций и лесных культур целевого назначения в регионе могут быть следующие лесосеменные районы и предприятия (лесничества): 5 Южнокарельский лесосеменной район, предприятия Пудожское и Сортовальское, Карелия; 6 Верхнедвинской (б) – Корткеросское, Коми; 49 Приленский (б) – Мамское Иркутской области; 47 Средне-Енисейский (а) – Нижне-Енисейское Красноярского края; 57 Верхне-Ленский (а) – Усть-Кутское Иркутской области; 48 Тунгусский (в) – Катангское (ю) Иркутской области.

2. На основании результатов исследований предлагается присоединить к 56 лесосеменному району следующие районы и подрайоны: 47 – Средне-Енисейский (а, б); 48 – Тунгусский (а, б, в); 57 – Верхне-Ленский (а); 58 – Южно-Ангарский (а, б, в); 55 – Томский (б, г, д).

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ № 07-04-00292 и РФФИ-Бел. № 08-04-90001, проект СФУ № 1.7.09.

ЛИТЕРАТУРА

1. Изучение имеющихся и создание новых географических культур // Программа и методика работ. М.: ВНИИЛМ, 1972. 52 с.
2. Правдин Л. Ф. Сосна обыкновенная. М.: Наука, 1964. 190 с.
3. Kuzmina N.A., Kuzmin S.R. Intraspecific of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) to Pathogens in a Provenance Trial in Middle Siberia // Eurasian J. For. Res., 2008, 11-2: 51-59.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИИ НА КОРМОВЫЕ РЕСУРСЫ МЛЕКОПИТАЮЩИХ-ФИТОФАГОВ ЗАПАДА ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ РОССИИ

Ю.П. КУРХИНЕН¹, Х. ЛИНЛЕН², П.И. ДАНИЛОВ³

¹Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск

²Институт охотничьего и рыбного хозяйства Финляндии, Финляндия

³Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск

АННОТАЦИЯ

В работе изучалась динамика ресурсов растительных кормов млекопитающих-фитофагов после антропогенного воздействия. Показано, что ход этого процесса зависит не только от способа, сезона рубки, очистки лесосек и т.п., но и от ландшафтных условий конкретной территории: типа вырубаемого лесного биогеоценоза, рельефа, почвенных условий и зависящего от последних характера вторичной сукцессии экосистемы.

Введение

На севере Европы самой распространенной и интенсивной формой антропогенной трансформации таежных лесов является лесопользование (в т.ч. лесозэксплуатация). Экологические последствия такой формы природопользования, несомненно, имеют свою специфику в разных частях этого обширного региона. Это обусловлено, с одной стороны, историей и традициями хозяйственного использования лесов, применяемыми технологиями и т.п., а с другой – ландшафтно-географическими особенностями регионов. Поскольку в деталях эта специфика практически не изучена, особую актуальность приобретает изучение как только общих закономерностей, так и региональной и ландшафтной специфики воздействия лесозэксплуатации на среду обитания охотничьих животных.

Материал и методы

Исследования проводятся уже четверть века на территории Республики Карелия (средняя и северная тайга). Основной ключевой участок стационарных исследований площадью более 10 тыс. га расположен в 40 км к северу от г. Петрозаводска (62° с.ш., 34° в.д.) на территории Кондопожского района Карелии. В его пределах выделены контрольные (спелые хвойные леса) и серия опытных участков (20, в т.ч. несколько вариантов открытых вырубок). Подбор опытных участков осуществлялся при строгом соблюдении заранее установленных принципов (идентичность по расположению относительно форм рельефа, близости водоема и т.п.; достаточная площадь) [1, 2].

В качестве «контроля» выбраны массивы сосняков-зеленомошников преимущественно черничного и чернично-травяного типов. Размеры «контроля» – около 30 га (крупный массив, «слабая фрагментация») и 6 га (фрагментированный участок). Опытные участки представляют собой фактически «серию» экосистемы сосняка зеленомошного на различных стадиях вторичной сукцессии после рубки. На этих участках синхронно применяется весь комплекс методов оценки среды обитания животных

Результаты

Сплошные концентрированные рубки леса отрицательно сказываются на запасах **веточных кормов** в первые 1-2 года, особенно если при рубке не сохранялся подрост. Через 5-6 лет количество веточных кормов уже значительно превышает исходный уровень (коренные хвойные леса) и достигает «пика» в 7-10-летних (для лиственных насаждений) или в 10-15-летних (для сосновых и смешанных насаждений) молодняках. Впоследствии, после смыкания крон, количество веточных кормов снижается, достигая минимума в жердняках.

Через 2-3 года после сплошной рубки хвойных лесов значительно возрастает обилие **травянистого корма**, особенно на злаковых и травяноболотных вырубках – в 1,5-36 и более раз (табл. 1). Увеличивается количество светолюбивых растений (вейник, луговик и др.). Соответственно улучшается кормовая база типично зеленоядных видов (темная полевка). После смыкания крон появившегося на вырубке молодняка количество зеленого корма снижается, прежде всего, за счет вейника, луговика, кипрея и т.д., а в спелых древостоях вновь несколько возрастает, но уже характеризуется иным качественным составом: доминированием лесных растений, являющихся основным объектом летнего питания лесных полевок.

Сплошная концентрированная рубка леса в целом отрицательно сказывается на трофических условиях местообитаний млекопитающих – потребителей **семян ели и сосны**. Отрицательные последствия могут быть снижены при осуществлении обычных лесохозяйственных мероприятий по содействию естественному возобновлению леса: оставление семенных куртин, тонкомера ели, сохранение хвойного подроста в процессе рубки. Особую роль играет оставление невырубленными

водоохранных полос максимально возможной ширины. После снижения **урожайности грибов** в первые годы после рубки наблюдается ее увеличение в молодняках даже выше уровня, зафиксированного для спелых хвойных лесов. Молодняки и средневозрастные смешанные леса можно отнести к наиболее продуктивным по урожайности грибов стадиям. Сплошная рубка леса в целом благоприятно сказывается на урожае ягод: через 2-3 года он резко возрастает (по сравнению с контролем), причем представленность отдельных видов ягодных растений зависит как от типа вырубленного леса, так и от типа рубки. Однако смыкание полога древостоя в молодняках II класса возраста существенным образом снижает урожай ягод (здесь он меньше, чем в спелых хвойных лесах).

Таблица 1. Разнообразие и запас зимних веточных кормов в трансформированных рубками лесных экосистемах средней тайги

Характеристика биотопа	n	Число видов кормовых растений $M \pm SE$	Запас веточного корма, кг/га, сырой вес	
			$M \pm SE$	Limit
Открытые (необлесившиеся) вырубки, давность рубки до 5 лет	19	$2,4 \pm 0,35$	$38,6 \pm 12,4$	0-201
Молодняки несомкнутые 6-15 лет,	31	$3,2 \pm 0,2$	$885,8 \pm 277,0$	12-6120
В т.ч. сосновые	5	$1,6 \pm 0,2$	$3300 \pm 1070,9$	414-6120
сосново-лиственные	18	$3,8 \pm 0,3$	$547,0 \pm 203,6$	44-3672
лиственные	8	$3,0 \pm 0,5$	$140,5 \pm 51,8$	12-413
Молодняки сомкнутые 15-30 лет * («жердняки»)	7	$2,1 \pm 0,4$	$54,4 \pm 17,6$	15-152
Вторичные лиственные и смешанные древостои	5	$1,4 \pm 0,2$	$7,0 \pm 2,5$	0,6-15
Экотоны (границы вырубки и спелого леса)	3	$4,3 \pm 0,3$	$444,0 \pm 382,1$	26-1207

Примечание. n – число заложённых пробных площадей (трансектов).

Таким образом, динамика ресурсов растительных кормов после антропогенного воздействия зависит не только от способа, сезона рубки, очистки лесосек и т.п., но и, как показали наши исследования, – от ландшафтных условий конкретной территории: типа вырубемого лесного биогеоценоза, рельефа, почвенных условий и зависящего от последних характера вторичной сукцессии экосистемы.

Работа поддержана грантами Программы фундаментальных исследований РАН «Биологическое разнообразие», Программы фундаментальных исследований ОБН РАН «Биологические ресурсы России: оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга».

ЛИТЕРАТУРА

1. Курхинен Ю.П. Изменение среды обитания, характера размещения и численности растительноядных млекопитающих в связи с лесозексплуатацией // Фауна и экология птиц и млекопитающих Северо-Запада СССР. Петрозаводск, 1983. С. 100-109.
2. Курхинен Ю.П. Влияние сплошных концентрированных рубок на численность и биотопическое размещение таежных млекопитающих в лесных ландшафтах южной Карелии // Структура и динамика лесных ландшафтов Карелии. Петрозаводск, 1985. С. 101-106.

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ПОПУЛЯЦИОННАЯ СТРУКТУРА ХВОЙНЫХ В СИБИРИ

А.Я. ЛАРИОНОВА, Н.В. ОРЕШКОВА, А.Н. КРАВЧЕНКО, А.К. ЭКАРТ

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты исследования генетического разнообразия и популяционной структуры лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.), ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.), пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в Средней Сибири и на прилегающей к ней территории Западной Сибири (Томская область).

Изучение генетической структуры, внутривидового генетического разнообразия и дифференциации популяций лесобразующих видов хвойных является одним из приоритетных направлений в популяционной биологии и генетике. Генетическое разнообразие представляет собой базовую составляющую общего биологического разнообразия, сохранение которого рассматривается современной наукой в качестве важнейшей проблемы человечества.

В задачи нашего исследования входило определение параметров генетического разнообразия, популяционной структуры и степени внутривидовой дифференциации лиственницы сибирской, ели сибирской, пихты сибирской и сосны обыкновенной, произрастающих на территории Средней Сибири и Томской области. Изучение генетической изменчивости проводили методом изоферментного анализа. У каждого вида было проанализировано не менее 20 генных локусов, кодирующих аллозимное разнообразие ферментов. Материалом для исследования послужили семена и вегетативные почки, собранные с отдельных деревьев в 17 ценопопуляциях ели, 10 ценопопуляциях лиственницы, 14 ценопопуляциях пихты и в 13 ценопопуляциях сосны из различных районов их естественного распространения в исследуемой части ареалов этих видов.

Для оценки уровня генетического разнообразия использовали стандартные показатели: P_{95} – процент полиморфных локусов при 95 %-ном и P_{100} – при 100 %-ном критериях полиморфности, A – среднее число аллелей на локус, H_o – средняя наблюдаемая и H_e – средняя ожидаемая гетерозиготности, n_e – эффективное число аллелей [1]. Популяционную структуру и степень подразделенности популяций определяли с помощью коэффициентов F_{is} , F_{it} и F_{st} F-статистики Райта [2]. Степень генетических различий между популяциями устанавливали путем расчета генетических расстояний D по методу М. Неи [3]. Для вычисления показателей использовали пакеты компьютерных программ POPGEN 1.32 [4] и BIOSYS 1 [5].

Лиственница сибирская. Оценка основных параметров генетической изменчивости в популяциях лиственницы сибирской, расположенных в различных районах Красноярского края и Республики Тыва, показала, что на исследованной территории лиственница сибирская имеет невысокий в целом уровень генетического разнообразия. Доля полиморфных локусов при 95 %-ном критерии полиморфности составляет 31,8 %, при 100 %-ном критерии – 77,3 %. Среднее число аллелей на локус равно 2,23, эффективное число аллелей – 1,18. Наблюдаемая и ожидаемая гетерозиготности составляют в среднем 0,091 и 0,098 соответственно. Максимальные значения гетерозиготности, а также эффективного числа аллелей установлены в популяции Сухариха с Таймырского полуострова ($H_o = 0,115$, $H_e = 0,108$, $n_e = 1,25$), характеризующейся самым низким уровнем полиморфизма ($P_{95} = 18,2$ %, $P_{100} = 22,7$ %) и наименьшим среди популяций аллельным разнообразием ($A = 1,36$) изученных ген-ферментных локусов. Минимальные значения этих наиболее важных показателей генетической изменчивости наблюдались в популяции из Ирбейского района Красноярского края ($H_o = 0,070$, $H_e = 0,074$, $n_e = 1,12$), расположенной в предгорье Восточного Саяна. В пяти изученных популяциях лиственницы выявлен слабый избыток гетерозиготных генотипов по сравнению с равновесием Харди-Вайнберга, в остальных популяциях наблюдался дефицит гетерозигот. Наиболее значительным он оказался в популяциях Ванава (Эвенкия) и Балгазын (Тыва) – 26,1 % ($F_{is} = 0,261$) и 15,1 % ($F_{is} = 0,151$) соответственно. В среднем дефицит гетерозигот особи относительно популяции составил 1,23 % ($F_{is} = 0,0123$) относительно вида в целом 6,95 % ($F_{it} = 0,0695$).

Выявленная у лиственницы сибирской генетическая изменчивость сосредоточена в основном внутри популяций. На долю межпопуляционной компоненты изменчивости приходится лишь 5,8 % ($F_{st} = 0,058$). Генетическое расстояние между популяциями (D) составляет в среднем 0,0071. Низкие значения F_{st} и D указывают на слабую в целом подразделенность и низкий уровень генетической дифференциации изученных популяций лиственницы. Самыми близкими по генетической структуре оказались популяции лиственницы из Ужурского, Енисейского и Ирбейского районов Красноярского

края и Республики Тыва. Генетическое расстояние между ними варьирует от 0,0010 до 0,0060. Более дифференцированы друг от друга и от остальных популяций популяции лиственницы, расположенные в северной части исследованной территории (Таймыр, Эвенкия). Уровень наблюдаемых между ними различий ($D = 0,0062 - 0,0180$) в ряде случаев на порядок выше, чем между популяциями из центральных и южных районов. Максимальная генетическая дифференциация наблюдалась между популяциями Ванавара (Эвенкия) и Сухариха (Таймыр).

Ель сибирская. Произрастающая в Средней Сибири и Томской области ель сибирская характеризуется достаточно высоким в целом генетическим разнообразием ($P_{100} = 90,9 \%$, $A = 2,95$, $H_o = 0,162$, $H_e = 0,168$), слабой подразделенностью ($F_{st} = 0,0283$) и низким уровнем генетической дифференциации популяций ($D = 0,0060$). Самые большие значения практически всех показателей генетической изменчивости установлены в популяции ели из Енисейского района Красноярского края.

Обнаружено, что подразделенность популяций в разных районах исследованной части ареала ели существенно различается. Наиболее неоднородными по генетической структуре оказались популяции ели из южных горных районов Средней Сибири. Значение F_{st} для этой группы популяций ($F_{st} = 0,0367$) было значительно выше значения F_{st} для популяций с равнинных территорий Средней Сибири ($F_{st} = 0,0199$). Среднее генетическое расстояние D между горными популяциями ($D = 0,0089$) почти в 2 раза превышало генетическое расстояние ($D = 0,0046$) между равнинными популяциями. Самый низкий уровень дифференциации ($F_{st} = 0,0145$, $D = 0,0036$) среди изученных популяций ели наблюдался между популяциями из Томской области, расположенными на различных типах болот (осушенное евтрофное болото, евтрофное болото 1, евтрофное болото 2, заболоченный участок со слабо развитым торфяным горизонтом) и суходоле. Значительное сходство генетической структуры этих популяций свидетельствует о том, что небольшие различия в условиях увлажнения и минерального питания не оказывают существенного влияния на степень их генетической дифференциации. Более высокий по сравнению с другими популяциями уровень генетической дифференциации популяций ели в горной части исследованного ареала, характеризующейся значительной гетерогенностью всех факторов среды, может быть объяснен действием локального дифференцирующего отбора.

Пихта сибирская. Все исследованные в Средней Сибири и Томской области популяции пихты сибирской характеризуются очень низким уровнем генетического разнообразия. В целом в полиморфном состоянии находится лишь 35 % проанализированных локусов, а каждое дерево гетерозиготно по 6 % своих генов. Среднее число аллелей на локус равно 1,45, эффективное число аллелей – 1,12. Популяции из Средней Сибири характеризуются в среднем большим аллельным разнообразием и уровнем ожидаемой гетерозиготности ($A = 1,45$, $H_e = 0,0642$) по сравнению с популяциями из Томской области, представленной в основном ценопопуляциями, расположенными на болотах с различными условиями водно-минерального питания ($A = 1,25$, $H_e = 0,0565$). Среди популяций Средней Сибири наиболее высокий уровень ожидаемой гетерозиготности наблюдается в популяциях пихты из Западного и Восточного Саяна. Кроме того, в горных популяциях отмечена тенденция возрастания ожидаемой гетерозиготности по мере увеличения высоты расположения популяции над уровнем моря.

Анализ популяционной структуры показал, что в большинстве включенных в исследование популяций пихты наблюдается дефицит гетерозиготности. В среднем у каждого дерева обнаружен 4,32 % ($F_{is} = 0,0432$) дефицит гетерозигот относительно популяции и 8,44 % ($F_{it} = 0,0844$) относительно вида в целом. Большая часть выявленной генетической изменчивости распределяется внутри популяций. На долю межпопуляционной составляющей приходится только 4,31 % ($F_{st} = 0,0431$). Генетическое расстояние D между популяциями составляет в среднем 0,003. Низкие значения F_{st} и D свидетельствуют о слабой подразделенности и низком уровне генетической дифференциации популяций пихты в пределах исследованной части ареала. Проведенная кластеризация популяций по генетическому расстоянию D не выявила четкой взаимосвязи между расположением популяций на дендрограмме и на плоскости двух главных компонент и их географическим расположением. Популяции группируются в основном в зависимости от своей принадлежности к равнинным или горным местообитаниям. Обнаружено, что степень генетической обособленности разновысотных горных популяций пихты в Западном и Восточном Саяне зависит от разности высот их местообитания. Чем больше разница в высотах, тем больше степень дифференциации популяций. На наш взгляд, к значительной дифференциации высокогорных и низкогорных популяций пихты могли привести существенные различия в условиях их местообитания, а также фенологическая изоляция.

Болотные популяции пихты из Томской области, представленные выборками из различных типов болот и суходола, характеризуются более низкими уровнями подразделенности и дифференциации ($F_{st} = 0,0147$, $D = 0,0011$) по сравнению с популяциями из различных районов Средней Сибири ($F_{st} = 0,0524$, $D = 0,0040$). По всей вероятности, незначительные различия в условиях водно-минерального питания не оказывают столь сильного влияния на степень генетической дифференциации популяций пихты сибирской, как высотная гетерогенность экологических условий. Кроме того, это может быть связано с

биологическими особенностями вида, предъявляющего повышенные требования к почвенному плодородию и режиму увлажнения.

УДК 630*233

СОСТОЯНИЕ СОСНОВЫХ ЗАЩИТНЫХ ЛЕЧЕБНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА БЕРЕГАХ ОЗЕРА ШИРА РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИЯ

М.А. ЛЮМИНАРСКАЯ¹, Г.С. ВАРАКСИН¹, А.И. ЛОБАНОВ¹, С.Г. ВАРАКСИНА²

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

²ФГУ «ВОСТСИБЛЕСПРОЕКТ», Красноярск

АННОТАЦИЯ

В работе приводятся результаты исследований сосновых защитных лечебно-оздоровительных насаждений, произрастающих на обыкновенных черноземах вдоль озера Шира в условиях сухой степи Республики Хакасия. Изучены их санитарное состояние, основные таксационно-морфологические показатели и биологическая продуктивность.

В последние годы возобновился утраченный было ранее интерес к искусственным насаждениям, произрастающим в жестких сухостепных условиях Хакасии, в том числе и к насаждениям, имеющим лечебно-оздоровительное значение.

Исследования проведены в искусственных защитных лечебно-оздоровительных насаждениях из сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в возрасте 49 (ПП-2) и 50 (ПП-3) лет, произрастающих на обыкновенных черноземах вдоль озера Шира – одного из самых известных естественных и соленых водоемов Республики Хакасия.

Пробные площади закладывались в соответствии с ОСТом [2]. Перечет деревьев выполняли с распределением их по ступеням толщины. Изучение биологической продуктивности насаждений выполнено в соответствии с методическими указаниями [1, 4]. Санитарное состояние отдельных особей и древостоев оценено согласно установленным правилам [3]. Все данные были обработаны в базе данных, разработанной в среде MS Access и в программе Statistica 6,0. Запас древостоев оценивался по местным таблицам объемов стволов, полнота – по стандартным таблицам ЦНИИЛХ, класс бонитета – по общепробитировочной шкале М.М. Орлова.

Анализ жизненного состояния древостоя на ПП-1, где в состав насаждения, кроме сосны, была введена карагана древовидная (*Caragana arborescens* Lam.), известная своими почвоулучшающими свойствами, показал следующее распределение: 88,5 % деревьев относятся к I категории – без признаков ослабления, 11,5 % – ко II категории, ослабленные (в кроне отмечаются сухие ветви). В целом древостой находится в хорошем санитарном состоянии со средней категорией I,1.

В отличие от предыдущей пробной площади, на ПП-2, где в составе насаждения акция древовидная отсутствует, процентное соотношение в распределении по категориям санитарного состояния несколько отличается. Так, деревьев I категории здесь было 73 %, II категории – 27 %. В среднем санитарное состояние древостоя на ПП-2 оценивается в I,25. На обеих пробных площадях древостой относится к III классу бонитета.

Сравнительный анализ таксационных показателей на ПП-1 и ПП-2 не выявил достоверно значимых различий по средней высоте и диаметру ствола на высоте 1,3 м.

Анализ данных хода роста в высоту древостоя на ПП-1 и ПП-2 показал, что в насаждении, где в состав была введена карагана древовидная (ПП-1), прирост имеет равномерный характер и составляет в среднем 0,2 м в год. Максимального значения годичный прирост в высоту у древостоя на ПП-1 достиг в возрасте 40 лет (0,31 м/год). С 45-летнего возраста наметилось очень незначительное его снижение (рис. 1а).

В древостое на ПП-2 наибольшее значение годичного прироста у сосны наблюдается в возрасте 32 лет (0,27 м/год). Линия прироста древостоя на ПП-2 имеет дугообразный вид, что свидетельствует о том, что период максимального прироста прошел, наметилась тенденция к его снижению, следовательно, древостой приближается к своему предельному биологическому возрасту (рис. 1б).

Анализ данных хода роста по диаметру показал, что период максимального прироста, несмотря на практически одинаковый биологический возраст насаждений, наступил в разное время (рис. 2а, б).

Установлено, что на ПП-1 максимальное значение ежегодного прироста наблюдается в 32-летнем возрасте (0,64 см/год), а на ПП-2 – в возрасте 28 лет (0,76 см/год). По достижении максимального значения прироста в обоих насаждениях отмечается его спад, причем на ПП-2 это снижение имеет более резкий характер. Так, если в следующее десятилетие прирост по диаметру на ПП-1 снизился на 0,2

см/год, или на 2,0 см за десятилетний период, то на ПП-2 темп прироста уменьшился на 0,31 см/год, или на 3,1 см за десять лет.

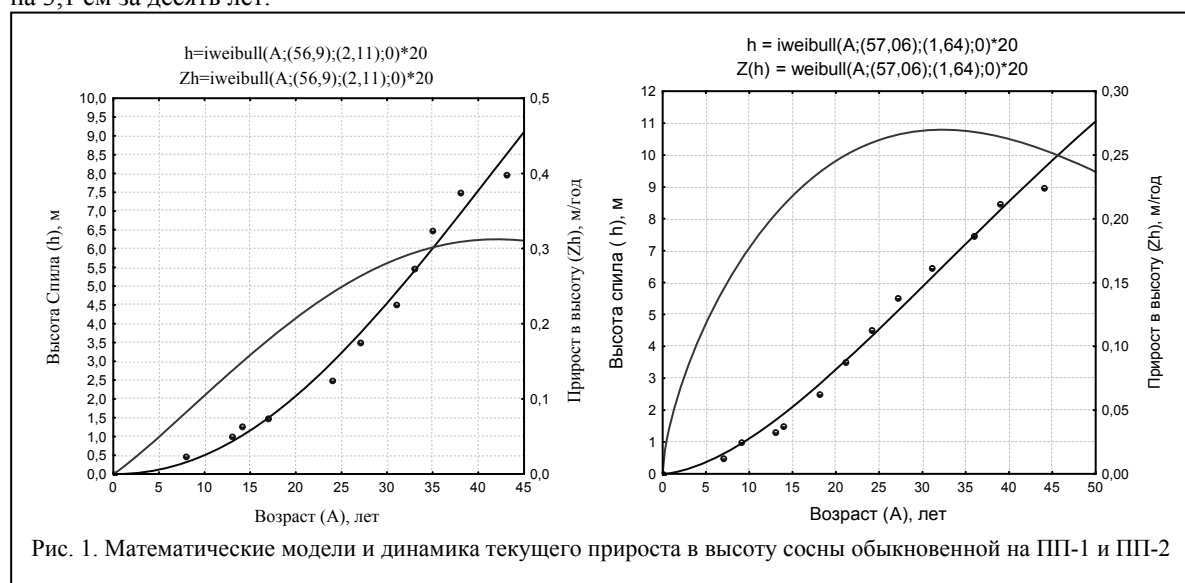


Рис. 1. Математические модели и динамика текущего прироста в высоту сосны обыкновенной на ПП-1 и ПП-2

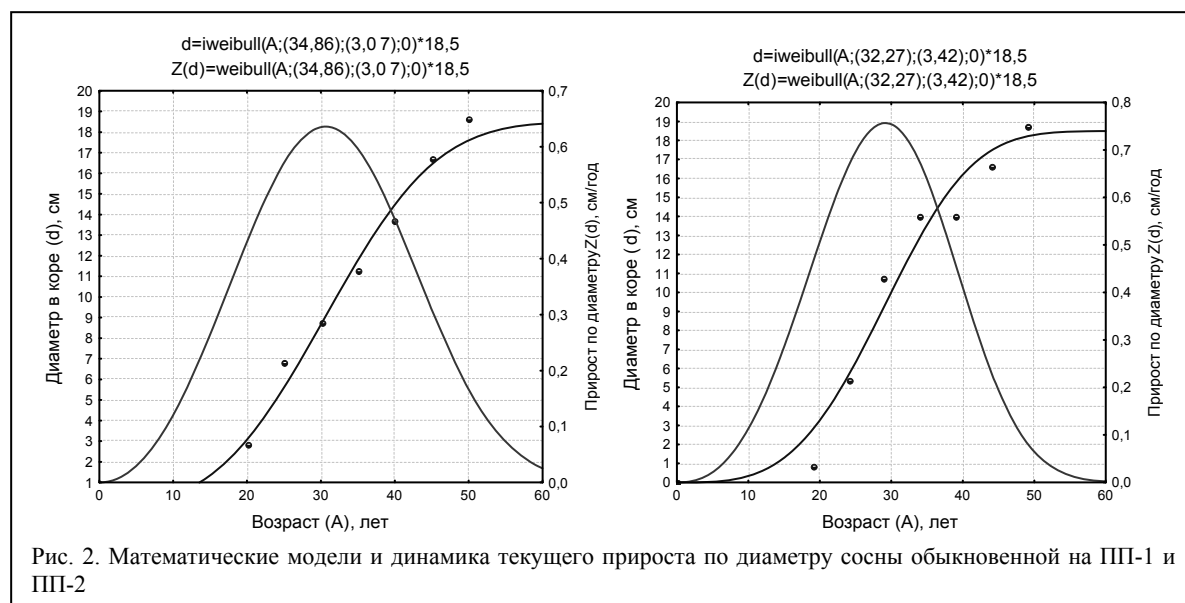


Рис. 2. Математические модели и динамика текущего прироста по диаметру сосны обыкновенной на ПП-1 и ПП-2

На момент обследования значение прироста по диаметру на ПП-2 не превышает 0,05 см в год и, по нашему прогнозу, уже к 60-летнему возрасту прекратится вовсе, тогда как в насаждении на ПП-1 он еще будет продолжаться до 68-70 лет. По-видимому, более равномерный прирост на ПП-2 обеспечивается участием в видовом составе караганы древовидной, считающейся «живым удобрением» за счет симбиотических связей с бактериями, живущими на ее корнях и накапливающими азот, который отвечает за синтез и построение органического вещества.

Поскольку в древостое на ПП-1 приросты в высоту и по диаметру имеют более высокие значения и темп их снижения куда более медленный, чем в древостое на ПП-2, можно говорить о том, что введение караганы древовидной в состав насаждения (ПП-1) может оказать влияние на его долговечность.

Проведенные исследования позволили оценить запас фитомассы в данных насаждениях (табл. 1).

Для того чтобы провести сравнительный анализ данных по фитомассе древостоев на пробных площадях 1 и 2, мы выполнили экстраполяцию и рассчитали величину запаса фитомассы при полноте, равной 1,0. Полученные данные свидетельствуют о том, что на ПП-1 показатель запаса фитомассы равен 116,86 т/га, на ПП-2 – 95,16 т/га, то есть запас фитомассы на ПП-2 на 19 % ниже, чем на ПП-1. Такое различие по запасу фитомассы при статистически незначительной разнице по высоте и диаметру и идентичном классе бонитета мы объясняем наличием в составе древостоя на ПП-1 караганы древовидной.

Таблица 1. Таксационно-морфологическая и продукционная характеристика сосновых насаждений

Показатель	ПП-1	ПП-2
Средний диаметр, см	20,6	20,0
Средняя высота до начала кроны, м	2,1	1,4
Средняя высота до макс. поперечника кроны, м	5,6	3,8
Средняя высота, м	11,5	11,4
Ширина кроны в ряду, м	4,2	4,2
Ширина кроны поперек ряда, м	4,4	3,9
Сумма площадей сечений, м ²	20,27	33,73
Полнота	0,7	1,2
Запас растущих деревьев, м ³	99	167
Густота растущих деревьев	610	1080
Масса стволов, т	42,0	70,6
Масса крон, т	39,9	43,7
Масса живых ветвей, т,	27,5	26,6
в т. ч. масса побегов, т	3,39	1,27
Масса хвои (листьев), т	9,8	16,5
Масса сухих веток, т	1,9	0
Масса шишек, т	0,75	0,63
Надземная масса, т	81,8	114,2

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Жизненное состояние сосновых защитных лечебно-оздоровительных насаждений в 49-50-летнем возрасте, произрастающих на обыкновенных черноземах опесчаненно-суглинистых (ПП-1) и легкосуглинисто-супесчаных (ПП-2) на берегах озера Ши́ра лечебного значения оценивается как хорошее.

2. В 49-50-летнем возрасте насаждения из сосны обыкновенной достигают в среднем высоты 11,4-11,5 м при диаметре на высоте 1,3 м, равном 20,0-20,6 см.

3. В сухостепных условиях Хакасии введение караганы древовидной в состав защитных лечебно-оздоровительных сосновых насаждений оказывает положительное влияние как на их состояние, так и на биологическую продуктивность.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лесные экосистемы Енисейского меридиана* /Ф.И. Плешиков, Е.А. Ваганов, Э.Ф. Ведрова и др. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 356 с.
2. *ОСТ 16128-90*. Пробные площади лесоустроительные. М.: ГОСЛЕСХОЗ СССР, 1990. 8 с.
3. *Санитарные правила в лесах Российской Федерации* // Лесное законодательство Российской Федерации. Сб. нормативных правовых актов. М.: ПАИМС, 1998. С. 310-329.
4. *Усольцев В.А.* Фитомасса лесов Северной Евразии: предельная продуктивность и география / В.А. Усольцев. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 406 с.

УДК 630*575.17

ЛЕСНЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ СИБИРИ, ИХ ОХРАНА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Л.И. МИЛЮТИН

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Приведены материалы о лесных генетических ресурсах Сибири, т.е. о генофонде сибирских видов древесных растений. Обращено внимание на необходимость сохранения и рационального использования этих ресурсов с учетом специфики лесов Сибири. Подчеркнуто глобальное международное значение сибирских лесных генетических ресурсов.

Лесным ресурсам посвящена обширная литература: в лесной науке возникло целое направление – лесное ресурсоведение [7 и др.]. При разработке этого направления в перечне его задач изучение лесных генетических ресурсов, т.е. генофонда лесных древесных растений, в основном лесообразующих видов, отсутствовало. По нашему мнению, это объясняется тем, что в период зарождения лесного ресурсоведения лесная генетика еще не достигла должного уровня, в частности, не были разработаны методы оценки генетических ресурсов. Кроме того, сам термин «генетические ресурсы», несмотря на

широкое применение, пока не имеет общепринятого определения. В одном из словарей [2] дается определение генетических ресурсов организмов как совокупности генетически уникальных популяций. Конвенция о биологическом разнообразии, подписанная в Рио-де-Жанейро в 1992 г., указывает, что генетические ресурсы означают генетический материал, представляющий фактическую или потенциальную ценность. Таким образом, **лесные генетические ресурсы – это совокупность генофондов природных и культивируемых популяций лесных древесных растений, имеющих реальную или потенциальную ценность для определенной территории.**

Лесные генетические ресурсы Сибири имеют особое значение. Генофонд лесообразующих видов древесных растений этой территории сформировался в крайне суровых и очень разнообразных условиях, например, в резко континентальном климате, с большими амплитудами температур, во многих регионах – на длительно мерзлотных почвах и т.д. Кроме того, многие популяции древесных растений Сибири являются автохтонными и не подвержены сильному антропогенному воздействию, что, безусловно, повышает ценность их генофондов.

Генетические ресурсы сибирских лесообразующих видов до настоящего времени изучены недостаточно. Поэтому отбор наиболее ценных популяций может проводиться в большинстве случаев с недостаточной степенью точности их генетической оценки. Да и сама ценность той или иной популяции может определяться неоднозначно. Обычно объектами отбора являются наиболее полиморфные и продуктивные популяции, но в некоторых случаях, например, у экологических границ видов, должны отбираться популяции, наиболее адаптированные к этим экстремальным условиям, хотя они могут и не отличаться высокой продуктивностью и богатым полиморфизмом. Проведенные исследования генетического полиморфизма сибирских видов хвойных на основе изоферментного анализа внесли значительный вклад в познание внутривидовой изменчивости этих видов, но не совсем адекватно, по нашему мнению, отражают межвидовую изменчивость. Кроме того, сопряженный анализ генетического и фенотипического полиморфизма популяций древесных растений при используемых генетических методах, как правило, не может дать достоверных результатов. В этом отношении более широкие возможности открываются при использовании анализа ДНК-полиморфизма. Такие исследования древесных растений Сибири только начинаются, и можно надеяться на их перспективность.

В настоящее время наибольшие результаты достигнуты при исследовании лесных генетических ресурсов Сибири в географическом плане. Анализ структуры популяций древесных растений в различных районах их ареалов, а также изучение климатипов этих растений в географических культурах позволили выявить географическую специфику конкретных популяций, заложить основы для массового отбора или отбора по происхождению самых продуктивных и наиболее адаптированных к данным условиям географических популяций. Кроме того, эти исследования имеют и практическое значение, т.к. явились научной основой для лесосеменного районирования. В Сибири были созданы географические культуры и плантации всех видов хвойных, кроме пихты сибирской. Анализ роста и развития климатипов на этих объектах позволил получить обширную и разностороннюю научную информацию. К сожалению, таких лесосеменных объектов было создано недостаточно, да и созданные объекты в ряде случаев не сохранились. Безусловно, географический анализ лесных генетических ресурсов Сибири должен расширяться и дополняться, в частности, эколого-географическим анализом.

Говоря о генетических ресурсах отдельных видов древесных растений Сибири, следует отметить различия в их изученности. Виды хвойных: сосна обыкновенная, сосна кедровая сибирская, лиственницы сибирская и Гмелина с генетико-селекционной точки зрения изучены сравнительно неплохо, лиственница Каяндера, ель сибирская, пихта сибирская – несколько хуже. Мягколиственные породы: березы, тополя (в том числе осина) практически не изучены, хотя перспективность изучения этих видов несомненна. Например, исследования В.Т. Бакулина [1] в лесах Новосибирской области выявили встречаемость триплоидной «исполинской» осины, отличающейся рядом ценных качеств: быстротой роста, устойчивостью к гнили и др.

В 1996 г. в Беловежской Пуще (Беларусь) состоялось международное совещание, посвященное программам сохранения и постоянного воспроизводства лесных генетических ресурсов в новых независимых государствах бывшего СССР. В числе организаторов этого совещания был международный институт генетических ресурсов растений (IPGRI), разработавший Европейскую программу лесных генетических ресурсов (EUFORGEN). В материалах совещания отмечалась необходимость расширения работ по сохранению и рациональному использованию лесных генетических ресурсов Сибири и Дальнего Востока.

Сохранение генофонда лесных древесных растений осуществляется в нашей стране в основном двумя путями. Первый, традиционный, предусматривает создание и функционирование особо охраняемых природных территорий (ООПТ): заповедников, заказников и т.п. Во многих регионах эти мероприятия дали положительные результаты, создав условия для охраны природных комплексов, в том числе и для сохранения генофонда лесных древесных растений. Второй путь намечен «Положением о

выделении и сохранении генетического фонда древесных пород в лесах СССР», принятым еще в 1982 г. и обеспечившим развитие не только научных, но и производственных мероприятий в этой важной области. В настоящее время подготовлена новая редакция этого Положения, в значительной степени учитывающая реальную ситуацию в лесном хозяйстве нашей страны. Одним из главных методов сохранения генофонда, предусмотренных данным Положением, является выделение и функционирование лесных генетических резерватов. Во многих регионах выделено и документально оформлено большое число таких резерватов. Например, на Урале уже в конце прошлого века их было выделено около 500. К сожалению, в Сибири эти мероприятия практически не проводились – в значительной степени из-за нежелания работников производства выводить из оборота лесосырьевые участки. Кроме того, по непонятным причинам генетические резерваты не вошли в официальный перечень особо охраняемых природных территорий, что создает дополнительные трудности при их выделении и документальном оформлении. Кстати, вопросы сохранения лесных генетических ресурсов не вошли непосредственно и в концепцию лесов высокой природоохранной ценности (ЛВПЦ) [8 и др.].

В настоящее время применяются и другие методы сохранения лесных генетических ресурсов. Создаются так называемые архивно-маточные плантации (банки генов), предложены методы сохранения генетического материала в культуре тканей [9 и др.]. Для Сибири представляет интерес идея сохранения генетических ресурсов в вечной мерзлоте [3 и др.]. В развитие этой идеи на о. Шпицберген (Норвегия) недавно создано крупнейшее в мире хранилище семян.

При оценке генофонда древесных пород Сибири следует учитывать, что она проводится на основе исследования различных признаков. Наиболее часто используются морфологические, а также некоторые физиологические и анатомические признаки, характеризующие фенотипические особенности растений. И хотя фенотип тесно связан с генотипом, генетическая обусловленность многих фенотипических признаков не доказана. Кроме того, во многих исследованиях предпринимаются попытки выявления корреляционных связей между теми или иными признаками растений и селекционными показателями (продуктивность, устойчивость и др.), хотя в большинстве случаев эти связи очень сложны и не могут быть выявлены с помощью простых корреляций. Здесь необходимо использование других методов, например, генетического картирования генов количественных признаков.

Большое число исследований посвящено анализу кариофонда сибирских древесных растений, преимущественно хвойных [5-6 и др.]. Исследованы в большей или меньшей степени кариологические и цитогенетические особенности всех лесообразующих видов хвойных Сибири. К сожалению, сопряженный анализ популяционных генофондов, фенофондов и кариофондов древесных растений еще ждет своего развития. В настоящее время уже расшифрована структура генома некоторых древесных пород (тополь), так что появляется перспектива решения одной из важнейших задач генетики и селекции – выявления взаимосвязей генов и признаков.

Рассматривая проблему сохранения лесных генетических ресурсов, необходимо затронуть вопрос об охране уникальных научно-производственных генетико-селекционных объектов (географические культуры, клоновые плантации и др.). В ходе реформирования лесного хозяйства сложилась такая ситуация, при которой эти объекты оказались бесхозными, и их судьба зависит от степени сознательности и экологической грамотности арендаторов лесного фонда.

При рассмотрении вопросов сохранения лесных генетических ресурсов Сибири следует иметь в виду, что основными объектами охраны в данном регионе должны быть не виды в целом, а отдельные популяции этих видов. В Сибири произрастают примерно 20 лесообразующих видов древесных растений, и почти все они имеют обширные ареалы. Эти виды подразделяются на внутривидовые таксоны (подвиды, экотипы и др.) и отдельные популяции. И если видовому разнообразию древесных растений Сибири резкое сокращение пока не грозит, то отдельные экотипы и популяции находятся под угрозой уничтожения. Для примера можно назвать испытывающие сильное антропогенное воздействие популяции лиственницы сибирской в районе Норильска, сосны обыкновенной в Приангарье, кулундинского подвида этого вида в степных районах Сибири др. Дальнейшая судьба этих популяций вызывает вполне обоснованные опасения.

Рациональное использование лесных генетических ресурсов предусматривает их широкое вовлечение в практику лесного хозяйства. К сожалению, во многих районах Сибири эта работа ограничивается отбором лучших «плюсовых» деревьев и насаждений, причем отбор осуществляется главным образом по продуктивности. В значительно меньшей степени проводится отбор по другим признакам и свойствам (качество древесины, устойчивость к патогенам и вредным насекомым и т.д.). Дальнейшая работа по размножению ценного генофонда и проверка его генетического потенциала (создание лесосеменных плантаций, закладка испытательных культур и др.) проводится в недостаточном масштабе.

Накопление знаний о лесных генетических ресурсах имеет не только генетико-селекционное значение. Эти материалы важны для понимания процессов устойчивости лесных экосистем [4 и др.], а также для анализа динамики лесов в условиях глобального изменения климата [10 и др.] и других

вопросов лесообразовательного процесса.

Лесные генетические ресурсы – это наше национальное достояние, имеющее поистине глобальное значение. Например, сибирская лиственница успешно культивируется и характеризуется высокой продуктивностью не только в европейской части России и в бывших советских республиках (Украина, Беларусь, Прибалтика), но и в других странах (Швеция, Финляндия, США, Исландия и др.), а генетические ресурсы сосны кедровой сибирской привлекают внимание китайских лесоводов. Основная часть лесных генетических ресурсов России размещена в Сибири. Поэтому их исследование, охрана и рациональное использование – важнейшая государственная задача.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакулин В.Т. Триплоидный клон осины в лесах Новосибирской области // Генетика, 1966, 11. С. 58-68.
2. Глазко В.И., Глазко Г.В. Русско-англо-украинский толковый словарь по прикладной генетике, ДНК-технологии и биоинформатике. Киев: КВІЦ, 2001. 580 с.
3. Гончаров Н.П., Шумный В.К. От сохранения генетических коллекций к созданию национальной системы хранения генофондов растений в вечной мерзлоте. Тр. симпозиума «Генетические коллекции и биоразнообразие возделываемых растений: получение, изучение, сохранение и хранение в вечной мерзлоте». Вестник ВОГиС, 2008, т. 12, 4. С. 509-523.
4. Милютин Л.И. Генетико-эволюционные основы устойчивости лесных экосистем // Лесоведение, 2003, 1. С. 16-20.
5. Муратова Е.Н. Кариофонд хвойных Сибири и Дальнего Востока и его охрана. Программы сохранения и постоянного воспроизводства лесных генетических ресурсов в новых независимых государствах бывшего СССР. Мат. совещания, Зволлен. Словакия: Arbora Publishers, 1998. С. 70-73.
6. Муратова Е.Н., Седельникова Т.С., Карпук Т.В., Владимирова О.С., Пименов А.В., Михеева Н.А., Бажина Е.В., Квитко О.В. Кариологические и цитогенетические исследования хвойных Сибири и Дальнего Востока // Сиб. экол. журн., 2005, т. 12, 1. С. 573-583.
7. Поздняков Л.К. Лесное ресурсоведение. Новосибирск: Наука, Сиб. отд.-е, 1973. 120 с.
8. Яницкая Т. Практическое руководство по выделению лесов высокой природоохранной ценности в России. М.: Всемирный фонд природы (WWF), 2008. 136 с.
9. Fay M. Conservation of rare and endangered plants using *in vitro* methods // *In vitro* Plant Cell Dev. Biol., 1992, v. 28. Pp. 1-4.
10. Rehfeldt G., Tshbakova N.M., Parfenova Ye.I., Wykoff W.R., Kuzmina N.A. and Milyutin L.I. Intraspecific responses to climate in *Pinus sylvestris* // *Global Change Biology*, 2002, 8. Pp. 912-929.

УДК 581.5

РЕСУРСЫ И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ФИТОМАССЫ В ОСНОВНЫХ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСАХ ПРИБАЙКАЛЬЯ

В.Н. МОЛОЖНИКОВ

Институт леса им В.Н.Сукачева СО РАН, Красноярск
Иркутская государственная сельскохозяйственная академия, Иркутск

АННОТАЦИЯ

В работе кратко описаны особенности формирования и структуры фитомассы основных природных экологических комплексов Прибайкалья (ПЭК). Наименьшей продуктивностью и низкими запасами фитомассы обладают горно-тундровые и степные сообщества, наибольшей – сообщества светлехвойной и темнохвойной тайги.

Введение

Академик В.Н. Сукачев был одним из первых отечественных геоботаников и лесоводов, обративших внимание на необходимость детального изучения структуры фитоценозов, включая и формирование запасов фитомассы. Далее большой прорыв в исследованиях этого направления был сделан в период реализации Международной биологической программы [15], а в дальнейшем результаты изысканий были обобщены в работах А.И. Уткина [17] и В.А. Усольцева [16].

История изучения фитомассы и продуктивности в Прибайкалье

Исследование особенностей формирования фитомассы в Прибайкалье начаты на Большом Ушканьем острове в 1959 году по инициативе Г.И. Галазия и В.Н. Паутовой. Далее они были продолжены на Баргузинском и Байкальском хребтах, в Приольхонье, на Хамар-Дабане, в дельте реки Селенги и Ангаро-Кичерской дельте [13, 14, 10, 2, 1, 12, 3, 4, 8, 6, 9 и др.].

Особенности распределения фитомассы в основных ПЭК показаны на картах в атласе «Байкал» [11].

Формирование фитомассы и продуктивности в основных ПЭК

На территории Прибайкалья нами выделено девять типов ПЭК, которые обладают разными потенциальными возможностями формирования фитомассы и продуктивности.

1. Альпийские ПЭК. Формируют растительный покров высокогорными пустошами и альпийско-субальпийскими лугами. Они имеют низкие запасы фитомассы, обычно в пределах 10-20 ц/га (далее по тексту все цифры о запасах фитомассы и продуктивности приводятся в абсолютно сухом весе). Ежегодная продукция надземной части растительных сообществ колеблется от 1 до 20 ц/га, а запас минеральных элементов в растительной массе – 1-1,5 ц/га.

2. Гольцовые ПЭК. Растительный покров представлен горными тундрами, которые также формируют невысокую фитомассу (5-40 ц/га) и продуктивность (1-5 ц/га). В этих природных комплексах подземная фитомасса обычно превышает надземную. Запасы золы – от 1 до 3 ц/га.

3. Субальпийские ПЭК. Растительный покров формируют заросли субальпийских кустарников, кедровый стланик, высокогорные луга, пихтовые и пихтово-шерстистоберезовые парки. Надземная фитомасса может варьировать в широких пределах – от 200 до 800 ц/га. Подземная фитомасса 300-600 ц/га., запас золы 1-3 ц/га.

4. Подгольцовые ПЭК. В растительном покрове преобладают редины лиственницы с кустарничковым и мохово-лишайниковым покровами, реже редины кедра и ели. Большие площади занимают заросли кедрового стланика. Фитомасса надземных органов составляет 150-300 ц/га, подземных – 200-400 ц/га. Ежегодная продукция в пределах 10-20 ц/га. Запас золы – 1-3 ц/га.

5. Ложноподгольцовые ПЭК. Эти комплексы достаточно выражены на северо-восточном побережье Байкала, в их растительном покрове преобладают редины и редколесья лиственницы Чекановского, заросли кедрового стланика и кустарниковых берез. Фитомасса комплексов близка к подгольцовым: надземная – 150-500 ц/га; подземная – 200-600 ц/га. Близкие показатели имеет и годовая продукция.

6. Лесные светлехвойные ПЭК. Растительный покров составлен сосновыми, лиственничными и сосново-лиственничными лесами, которые после пожаров и вырубок зарастают осиново-березовыми лесами. Эти комплексы обладают наиболее высокими запасами фитомассы (от 500 до 2000 ц/га надземной части и 200-500 ц/га – подземной), имеют годовую продукцию до 50-70 ц/га, запасы золы до 10 ц/га.

7. Лесные темнохвойные ПЭК. Представлены кедровыми, елово-пихтово-кедровыми, кедрово-пихтовыми и пихтовыми лесами. Имеют самые высокие показатели запасов фитомассы: надземная – 700-1500-2200 ц/га; подземная – 350-500 ц/га. Годовая продукция – 50-80 ц/га, запасы золы – 4-10 ц/га.

8. Степные ПЭК. В растительном покрове преобладают горные степи: тимьяновые, полынные, житняковые, твердоосоковые, ковыльные, тонконоговые. Фитомасса этих комплексов приближается к горно-тундровым сообществам: надземная масса растений составляет 5-20 ц/га; подземная – 30-60 ц/га, запасы золы – до 0,5 ц/га.

9. Кустарниково-лугово-болотные ПЭК. Эти природные комплексы обладают повышенной динамичностью и имеют сложную структуру растительного покрова. Он состоит из зарослей ив и других кустарников, пойменных лугов, травяных и моховых болот. Фитомасса надземной части растительных травянистых сообществ изменяется от 30 до 60 ц/га, кустарниковых – от 80 до 200 ц/га.

Заключение

На территории Прибайкалья (участок Всемирного природного наследия) сосредоточены основные природные типы ПЭК, которые характерны и для других территорий Сибири и северо-восточной Азии. Фитомасса и продуктивность растительного покрова этих комплексов интегрально отражает природный потенциал описанных ПЭК. Наиболее суровыми условиями, низкой фитомассой и продуктивностью характеризуются гольцовые и альпийские ПЭК, где активность жизни лимитирует низкая температура, а также степные ПЭК, для которых лимитирующим фактором является недостаток влаги. В более благоприятных условиях находятся светлехвойные и темнохвойные ПЭК, имеющие самую высокую фитомассу и продуктивность в описываемом регионе.

Выявленные запасы фитомассы основных ПЭК довольно близко совпадают с опубликованными данными сходных растительных комплексов других регионов России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гагарин П.К. Минеральный состав // Природные условия Северо-Восточного Прибайкалья. Новосибирск: Наука, Сиб.отд-ние, 1976. С. 250-272.
2. Горбатенко В.М. Природные условия среднегорной водораздельной части хребта Хамар-Дабан и характеристика объектов исследования. // Средообразующая роль лесов бассейна озера Байкал. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1979. С. 49-79.
3. Галкина Н.В. Продуктивность травянистой растительности дельты Верхней Ангары // Растительность речных экосистем Северного Прибайкалья. Новосибирск: Наука, 1992. С. 87-114.

4. Галкина Н.В., Касьянова Л.Н. Масса цветковых растений // Экология растительности дельты реки Селенги. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1981. С. 131-159.
5. Касьянова Л.Н. Экология растений степей Приольхонья. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1993. 160 с.
6. Касьянова Л.Н. Экология растений Прибайкалья. Водный обмен. М.: Наука, 2004. 287 с.
7. Касьянова Л.Н., Погодаева Н.Н. Транспирация и продуктивность растений Забайкалья. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1979. 195 с.
8. Касьянова Л.Н., Погодаева Н.Н. Интенсивность транспирации и расход воды растительностью Ангаро-Кичерской дельты // Озера Прибайкальского участка зоны БАМ. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1981. С. 174-180.
9. Касьянова Л.Н., Погодаева Н.Н. Фитомасса и запас воды в некоторых сообществах Северного Прибайкалья // География и прир. ресурсы, 1984, 2. С. 46-54.
10. Моложников В.Н. Кедровый стланик горных ландшафтов Северного Прибайкалья. М.: Наука, 1975.
11. Моложников В.Н. Запасы и продукция фитомассы // Байкал. Атлас. М., 1993. С. 116.
12. Панарин И.И. Леса Прибайкалья. Типы леса, микроклимат, характеристика лесообразующих пород. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1979. 263 с.
13. Паутова В.Н. Основные результаты изучения интенсивности транспирации растений, фитомассы и расхода воды на транспирацию на побережьях Северного Байкала // Зап. Забайкальского фил. ГО СССР, 1972, вып. 71. С. 10-12.
14. Паутова В.Н. Фитомасса // Природные условия Северо-Восточного Прибайкалья. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1976. С. 188-249.
15. Родин Л.Е., Базилевич Н.И. Динамика органического вещества и биологический круговорот в основных типах растительности. М.-Л.: Наука, 1965. 250 с.
16. Усольцев В.А. Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии. Методы, база данных и ее приложения. Екатеринбург, 2007. 635 с.
17. Уткин А.И. Исследования по первичной биологической продуктивности лесов в СССР // Лесоведение, 1970, 3. С. 58-89.

УДК 630×17:582.475.4 630×22

ВЛИЯНИЕ ПРОИСХОЖДЕНИЯ СОСНЫ НА ПРИЗНАКИ И СВОЙСТВА ПОТОМСТВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В РАЗНЫХ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОВИНЦИЯХ

Т.Н. НОВИКОВА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты сравнительного анализа устойчивости и роста потомств сосны обыкновенной на примере географических культур, созданных в разных природно-климатических условиях лесостепной зоны Сибири.

Моделью для исследования реакции древесных растений на изменение климата являются лесосеменные объекты (географические культуры), представляющие потомства природных популяций различных видов, выращиваемые совместно в районе проведения эксперимента.

Наиболее интересным видом для таких исследований является сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), которая, произрастая в самых разнообразных природно-климатических условиях, характеризуется широкой изменчивостью признаков и свойств, что послужило основанием для выделения внутривидовых таксонов различного ранга [4]. В данной работе анализируются показатели устойчивости и линейного роста потомств климатипов сосны в разных природно-климатических провинциях лесостепной зоны Сибири [2].

Таблица 1. Географическое положение и климатические параметры пунктов испытания потомств сосны разного географического происхождения

Провинция	Координаты, град.-мин.		Сумма $t \geq 5^{\circ}\text{C}$, °C	Период с $t \geq 5^{\circ}\text{C}$, дни	Осадки за год, мм	Континентальность, %
	с.ш	в.д				
Селенгинская	51-50	107-40	2130	149	241	90
Предсаянская	56-00	93-00	1968	149	410	68
Верхнеобская	53-46	82-20	2300	161	583	65

Устойчивость и рост потомств климатипов сосны в различающихся по климатическим и лесорастительным условиям районах ареала (табл. 1) характеризуют реакцию представителей данного вида на изменение климата, отражая при этом адаптивные свойства материнских популяций. Так, например, одноименные потомства сибирских климатипов (табл. 2), выращиваемые в географических культурах в Западном Забайкалье и Красноярской лесостепи, обнаруживают разную устойчивость,

которая обусловлена взаимодействием комплекса генотипов с окружающей средой. В Западном Забайкалье (Приселенгинская провинция) выживаемость сибирских климатипов 10-летнего возраста составила 27-57 %, аналогичные показатели одноименных климатипов сосны в Красноярской лесостепи (Предсаянская провинция) значительно выше: 55-90 % [1]. В Красноярской лесостепи лидирует по устойчивости (90 %) ниже-енисейский климатип, близкие показатели характерны для улан-удэнского и кяхтинского климатипов (86-87 %). В Западном Забайкалье, напротив, преимущество по данному показателю характерно для потомств сосны из районов Бурятии, что, очевидно, обусловлено их местным происхождением.

Таблица 2. Показатели выживаемости и роста климатипов сосны в Западном Забайкалье и Красноярской лесостепи

Происхождение		Координаты, град-мин		Западное Забайкалье		Красноярская лесостепь	
Республика, край, область	Лесхоз	с.ш.	в.д.	Сохранность в 10 лет, %	Высота в 12 лет, м	Сохранность в 10 лет, %	Высота в 12 лет, м
Новосибирская	Сузунский	53-46	82-20	27	1,30	78	3,43
Кокчетавская	Урумкайский	52-30	70-00	36	0,96	55	2,44
Алтайский	Боровлянский	53-38	84-35	31	1,20	82	2,48
Красноярский	Канский	56-12	95-41	37	1,20	71	2,94
Красноярский	Ачинский	56-17	90-30	44	1,13	84	2,79
Красноярский	Абазинский	52-40	90-00	38	1,20	76	2,85
Красноярский	Ермаковский	53-00	94-00	46	1,20	74	2,80
Красноярский	Минусинский	53-45	91-45	49	1,20	74	2,57
Красноярский	Богучанский	58-39	97-30	57	1,05	68	2,44
Красноярский	Н.-Енисейский	60-21	87-49	43	1,20	90	1,90
Бурятия	Заудинский	51-50	107-40	56	0,95	-	-
Бурятия	Улан-Удэнский	51-49	107-35	-	-	86	2,11
Бурятия	Кяхтинский	50-22	106-27	50	1,20	87	2,12
Читинская	Читинский	52-03	113-29	47	1,30	86	2,90
Саха (Якутия)	Олекминский	60-20	120-30	44	0,94	69	2,19

В условиях, близких к оптимальным для сосны в Средней Сибири (Красноярская лесостепь), темпы роста в высоту потомств климатипов сосны значительно опережают (в 1,6-2,6 раза) аналогичные показатели одноименных потомств, выращиваемых в лесостепной зоне Западного Забайкалья. Так, в этих условиях темпы роста потомства наиболее продуктивного сузунского климатипа, произрастающего в Верхнеобской провинции (зона оптимума для сосны в Сибири), в 2,6 раза выше, чем в Западном Забайкалье. Потомство из Якутии (олекминский климатип) также характеризуется повышенными (в 2,3 раза) темпами роста в Красноярской лесостепи. Потомство ниже-енисейского климатипа на улучшение условий произрастания реагирует увеличением роста в меньшей степени (в 1,6 раза), материнское насаждение данного потомства произрастает в условиях низкой теплообеспеченности и избыточного увлажнения. Районы закладки географических культур характеризуются примерно одинаковыми показателями продолжительности (около 149 дней) и близкими показателями теплообеспеченности (сумма положительных температур более 5°C составила соответственно 2130° и 1968°), наиболее контрастны данные районы по влагообеспеченности (246 и 410 мм осадков за год) и континентальности климата – 90 и 68 %. При «перемещении» в новые условия происходит элиминация слабоустойчивых генотипов, а рост сохранившихся особей реализуется в пределах характерной климатипам наследственной нормы реакции и в соответствии с природно-климатическими факторами среды обитания.

Верхнеобская провинция характеризуется оптимальными для сосны в Сибири условиями произрастания, в этих условиях показатели линейного роста 20-летних климатипов сосны составили 5,8-9,3 м [5]. Различия в линейном росте потомств 18 климатипов, выращенных в Сузунском лесхозе, по сравнению с аналогичными показателями одноименных климатипов в Западном Забайкалье [3] еще более значительны – в 1,7-3 раза (табл. 3).

Потомства высокопродуктивных климатипов (куровского, пензенского, челновского) из центральных районов европейской части России в условиях Верхнеобской провинции опережают в росте местный сузунский климатип, тогда как в Западном Забайкалье темпы их роста близки лишь к показателю средней высоты представленных в эксперименте климатипов. Малое число сохранившихся особей, адаптивные свойства которых на данном этапе позволяют выживать в жестких условиях дефицита увлажнения и резко континентального климата, уступают в продуктивности материнским насаждениям. В условиях резко континентального климата и дефицита влаги выживаемость и темпы роста потомств пензенского и челновского климатипов в Новосибирской области в 3 раза выше, чем в Западном Забайкалье. Очевидно, потомства высокопродуктивных сосновых насаждений Среднерусской равнины в полной мере реализуют высокий наследственный потенциал роста только в оптимальных или

в близких к оптимальным условиях. Для потомства северо-енисейского климатипа в оптимальных условиях характерно менее значительное повышение темпов роста (в 2 раза), поскольку его рост обусловлен наследственными особенностями материнского насаждения IV класса бонитета, произрастающего в условиях низкой теплообеспеченности и избыточного увлажнения.

Таблица 3. Рост климатипов сосны 20-летнего возраста в Западном Забайкалье и Новосибирской области

Происхождение		Координаты, град.-мин.		Высота, м	
Республика, край, область	Лесхоз	с.ш.	в.д.	Западное Забайкалье	Новосибирская область
Архангельская	Плесецкий	62-54	40-24	3,0	7,7
Московская	Куrowsкой	55-32	38-57	3,6	9,2
Тамбовская	Челновский	53-12	41-20	3,2	9,3
Воронежская	Воронежский	51-38	39-28	3,8	8,7
Пензенская	Пензенский	53-10	45-00	3,3	9,3
Ульяновская	Мелекесский	54-14	49-35	3,9	8,6
Волгоградская	Камышинский	50-10	45-24	3,9	8,5
Башкирия	Дюртюлинский	55-30	54-40	4,0	8,3
Башкирия	Зилаирский	52-24	58-40	3,9	8,2
Курганская	Курганский	55-28	65-20	4,1	8,5
Новосибирская	Сузунский	53-50	82-20	4,5	9,0
Алтайский	Чемальский	51-28	86-00	4,0	7,5
Красноярский	Богучанский	58-39	97-30	3,7	7,2
Красноярский	Ермаковский	53-00	94-00	4,4	8,2
Красноярский	Минусинский	53-45	91-45	4,3	7,3
Красноярский	Северо-Енисейский	60-25	93-00	2,9	5,8
Тыва	Балгазынский	51-00	95-12	4,1	8,7
Иркутская	Вихоревский	56-15	101-30	3,5	8,2

В разных условиях лесостепной зоны Сибири потомства одноименных климатипов в различной степени реализуют свой потенциал, который определяется наследственной амплитудой изменчивости признаков, сформированной в районе произрастания материнских популяций. Таким образом, параллельное испытание однородного по генотипическому составу одновозрастного потомства в различных природно-климатических провинциях позволяет выявить характер реакции интродуцентов на новые условия среды, а также направление действия естественного отбора, формирующего состав популяций в этих условиях. Результаты, полученные по культурам I класса возраста, можно использовать для прогноза изменения продуктивности и структуры молодых насаждений, что является необходимым для селекционных работ и плантационного лесоразведения в районе эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ирошников А.И.* Географические культуры хвойных в Южной Сибири // Географические культуры и плантации хвойных в Сибири. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1977. С. 4-10,
2. *Крылов Г.В.* Лесные ресурсы и лесорастительное районирование. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1962. 240 с.
3. *Новикова Т.Н.* Географические культуры и плантации сосны обыкновенной в лесостепных районах Сибири: Автореф. дис....канд. биол. наук: 03. 00. 05. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 2002. 26 с.
4. *Правдин Л.Ф.* Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция. М., 1954. 191 с.
5. *Тараканов В.В.* Структура изменчивости, селекция и семеноводство сосны обыкновенной в Сибири: Автореф. дис.... докт. биол. наук: 03.00.16. Красноярск: Сиб ГТУ, 2003. 44 с.

УДК 639.1.053

ФАКТОРЫ ТРАНСФОРМАЦИИ ЛЕСНЫХ ОХОТНИЧЬИХ УГОДИЙ

В.Д. ПЕТРЕНКО

Сибирский НИИ охотничьего хозяйства и звероводства, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Проанализировано влияние на охотничьи угодья северного региона Красноярского края вырубок, лесных пожаров и вспышек вредителей.

Лесные охотничьи угодья северного региона Красноярского края, включающего Богучанский,

Енисейский, Кежемский, Мотыгинский, Северо-Енисейский и Туруханский районы, занимают 35,7 млн га, или 75 % от общей площади. Старовозрастные, климаксовые леса на исследуемой территории практически отсутствуют, что связано с природой светлехвойных формаций, преобладающих в регионе. Основными факторами их изменения являются промышленная заготовка древесины, лесные пожары и уничтожение хвойных пород гусеницами сибирского шелкопряда [1].

Заготовка древесины

Северо- и среднетаежные леса не имеют лесосырьевого значения из-за низких запасов древесины и товарности, отсутствия транспортной сети, инфраструктуры потребления и заготовки. Промышленные рубки с 50-х годов в основном сосредоточены в южнотаежных сосновых лесах бассейна р. Ангара. В настоящее время на месте вырубок сосновые молодняки занимают от 10 до 15 % лесопокрытой площади, лиственные – до 16 %. Практически не затронутыми лесной промышленностью остаются леса Туруханского и Северо-Енисейского (молодняки составляют соответственно 4,6 и 6,7 %), а также северные части Енисейского, Мотыгинского, Богучанского и Кежемского районов.

По данным Н.Ф. Реймерса [5], рубка 1-3-летней давности в кедровых лесах Сибири имеет продуктивность охотничьих угодий в 100 и более раз ниже, чем взрослые насаждения. Через 6-8 лет после возобновления древесных пород этот показатель уже составляет 3-5 раз. В результате рубок и формирования молодняков меняется видовой состав охотничьих видов, пушные сменяются на копытных. Лесные охотничьи угодья на стадии возобновления (вырубки 5-15-летней давности) имеют запас древесно-веточного корма в 10-15 раз больший, чем под пологом древостоя, и могут не уступать по продуктивности взрослым насаждениям [2].

На территории рассматриваемого региона рубки кедровников не осуществляются. Основным объектом лесной промышленности в Нижнем Приангарье являются сосняки, а на территории Енисейского района – сосновые и пихтовые леса. Именно они в настоящее время являются наиболее омоложенными. Для пушного промысла леса, состоящие из этих пород, являются наименее продуктивными. Поэтому значительные их площади, не затронутые рубками, в будущем останутся сырьевой базой лесной промышленности, а все остальные хвойные леса – темныхвойные и лиственничники – ещё долгие годы сохранятся как угодья пушных охотничьих животных.

Омолождение лесов рубками и влияние его на заготовки основных пушных зверей – соболя и белки – проиллюстрировано на примере Богучанского района (рис. 1).

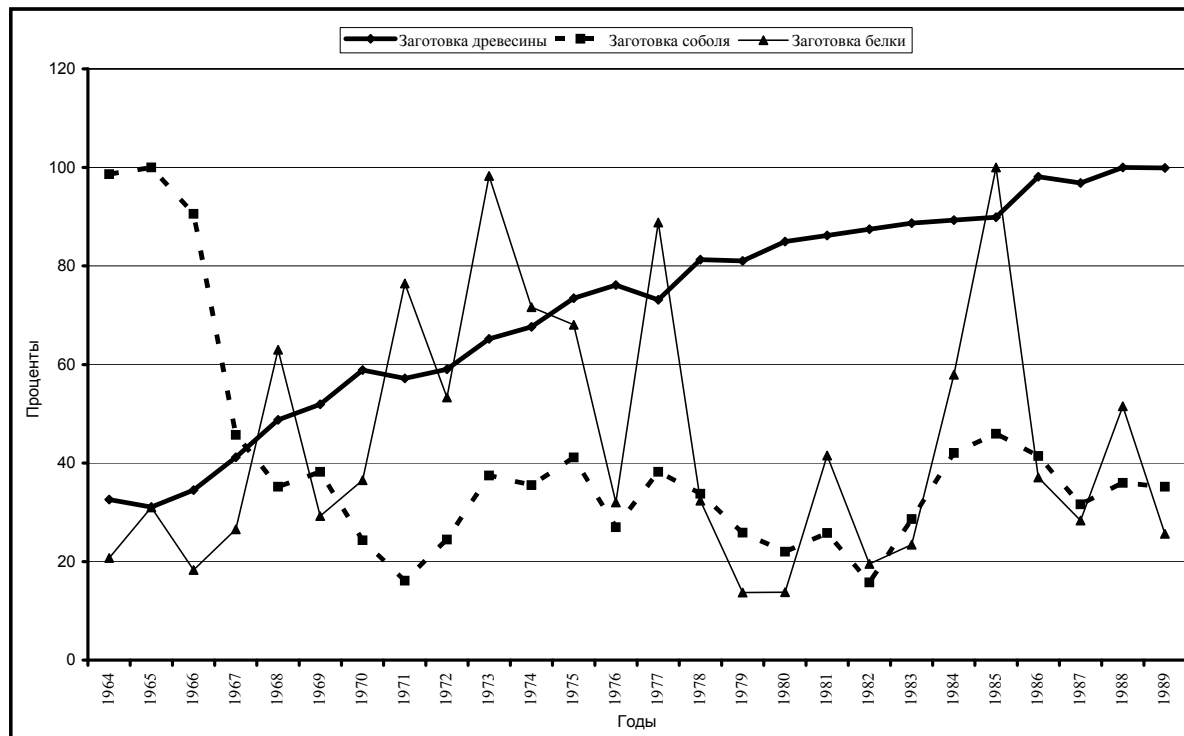


Рис. 1. Динамика заготовок древесины (тыс. м³), шкурок соболя и белки в Богучанском районе (в процентах к максимальным)

С 1960 по 2007 годы вырублено более 850 тыс. Га, или 16 % от всей площади лесов района, что никак не сопоставимо с пожарами 1915 года, когда в Центральной Сибири общая площадь сгоревшего леса определялась в 12,5 млн га [9]. Теоретически рубки хвойных лесов 1960 – 1968 годов в настоящее

время должны входить в стадию средневозрастных (по 10-20 тыс. га в год), являющихся для соболя средними по качеству. Однако значительная площадь вырубок проходится пожарами, и в последующем возобновлении начинают преобладать лиственные породы. Темнохвойные леса, сосредоточенные по поймам рек, представленные долинными комплексами первой группы, остаются не затронутыми рубками. Таким образом, охотничьи участки, вырубленные наполовину, зачастую вообще не теряют продуктивной стадии по белке, в то время как ресурсы соболя сокращаются, что в основном связано не с изменением продуктивности угодий, а с различной промысловой нагрузкой. Зона вырубок с сетью лесовозных дорог становится наиболее доступной лесной территорией для промысла. В 1961 – 1965 годы в среднем поступало около 2,5 тыс. шкурок, в настоящее время в районе добывается до 2 тыс. соболей в год.

Лесные пожары

Пожары являются естественной причиной экологических сукцессий на больших площадях. В.Н. Скалон [6] считал их едва ли не первой причиной сокращения ресурсов соболя с конца XVII по первую половину XX века. Пожары 1915 года, вероятно, затронули практически все леса рассматриваемого региона. Например, леса между Ангарой и Подкаменной Тунгуской сплошь выгорели; среда обитания пушных зверей – соболя, белки и других животных – сильно ухудшилась: «В районе лесных пожаров (например, ... в Приангарье) звери местами исчезли совсем...» [9]. Лишь спустя сорок лет численность соболя здесь восстановилась [7].

Следует отметить, что не все сосновые леса погибают от пожаров. Отпад деревьев составляет 71,1-89,3 % от числа живых деревьев до пожара при высокой интенсивности горения и 14,3 и 8,2 % соответственно при средней и низкой. К тому же при пожарах низкой интенсивности структура напочвенного покрова восстанавливается на 3-4-й год после пожара [3, 4]. В связи с этим леса как охотничьи угодья после пожара теряют продуктивные свойства лишь частично. Степень воздействия пожара большей частью зависит от размеров и конфигурации гарей, которые определяют возможность спасения от огня и последующего формирования мозаичных угодий. По опросным сведениям, на охотничьих участках, пройденных пожарами, первоначальное снижение добычи основных видов охотничьих животных происходит на 30, максимум на 50 %. Старые зарастающие гари, «шелкопрядники» с возобновлением из лиственных и хвойных пород, сохранившимися куртинами темнохвойных насаждений, плодоносящими ягодными кустарниками и высокой захламенностью являются угодьями II класса бонитета для соболя и III – для белки [8].

Динамика повреждения лесов пожарами также проиллюстрирована на примере Богучанского района (рис. 2). В среднем за год ими повреждается менее одного процента покрытой лесом площади охотничьих угодий. Корреляция между интенсивностью горения тайги и численностью основного пушного зверя – соболя – отсутствует. Вероятно, современные меры по защите тайги от пожаров не допускают их распространения на больших площадях, что положительно сказывается на ресурсах соболя.

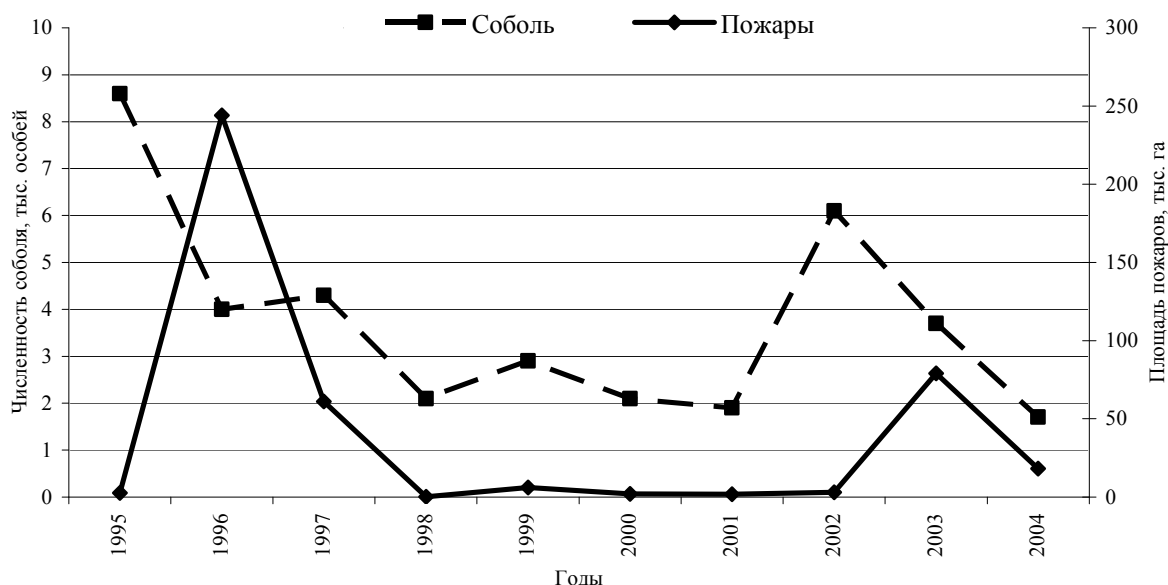


Рис. 2. Динамика лесных пожаров и послепромысловой численности соболя в Богучанском районе

Гибель леса от вредителей

В результате действия этого фактора образуется группа лесных угодий – сухостой. На исследуемой территории массовое уничтожение леса сибирским шелкопрядом наблюдалось лишь в Енисейском районе в 1956 и 1957 годах. Было уничтожено 1012,2 тыс. га темнохвойной тайги. В результате этого события из-за утраты промысловых ресурсов прекратило свою деятельность Лосиноборское охотничье-промысловое хозяйство. Сухостой, зарастающие в течение лета травянистой и кустарниковой растительностью и имеющие очень сильную захламлённость, очень часто подвергались воздействию лесных пожаров. В результате на месте «шелкопрядников» образовались низкопродуктивные для пушных видов мелколиственные леса, но оптимальные кормовые угодья в стадии молодняка для лося. В последние годы гибель хвойных лесов в северном регионе от сибирского шелкопряда наблюдается редко и носит локальный характер. Например, в Богучанском районе подобное явление наблюдалось лишь в 1996 году. Гусеницами был уничтожен лес на площади 33,9 тыс. га.

Таким образом, территории северного региона, неперспективные для лесозаготовок, и в дальнейшем сохраняют высокую продуктивность по пушным видам. В результате рубок с последующим омоложением древостоев и сменой хвойных пород на лиственные ёмкость угодий для пушных видов в ближайшей перспективе установится на более низком уровне, а для лося увеличится в 3-5 раз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д.Н. Данилов. Охотничьи угодья. Промысловая оценка и устройство угодий. М.: Изд-во Центросоюза, 1960. 284 с.
2. Г.М. Ельский. Формирование комплексов растительноядных млекопитающих на вырубках // Влияние хозяйственной деятельности человека на популяции охотничьих животных и среду их обитания: Мат. к конф. Т. 1. Киров, 1980. С. 88-89.
3. Г.А. Иванова. Зонально-экологические особенности лесных пожаров в сосняках Средней Сибири: Автореф. дис....докт. биол. наук. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 2005. 40 с.
4. Д.Н. Орешков. Комплекс мелких млекопитающих как показатель нарушенности лесных экосистем Средней Сибири: Автореф. дис....канд. биол. наук. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 2005. 16 с.
5. Н.Ф. Реймерс. Экологические сукцессии и промысловые животные // Охотоведение. М., 1972. С. 67-108.
6. В.Н. Скалон. Соболь и строительство соболя охотничьего хозяйства: в порядке обсуждения // Четвертая научная конференция: секц. зоол. и гидробиол. Томск, 1955. С. 217-230.
7. В.В. Тимофеев, В.Н. Надеев. Соболь. М.: Заготиздат, 1955. 403 с.
8. А.И. Хлебников, В.И. Гриценко, В.П. Черкашин. Методические рекомендации использования аэрокосмических снимков для оценки лесных охотничьих угодий. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1988. 24 с.
9. В. Шостакович. Лесные пожары // Сибирская советская энциклопедия. Т. 3. М.: Зап.-Сиб. отд-е ОГИЗ, 1932. Стлб. 124-127.

УДК 599.742.4

РАЦИОНАЛЬНОЕ РЕСУРСОПОЛЬЗОВАНИЕ ПОПУЛЯЦИЯМИ СОБОЛЯ В ЛЕСАХ СИБИРИ

Г.А. СОКОЛОВ

Сибирский федеральный университет, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Исследуется состояние численности соболя в лесах Сибири в прошлом и в настоящее время. Констатируется низкий организационный уровень ресурсопользования видом. Рекомендуются экологически обоснованные пути технологии промыслового пресса на популяции и местообитаниях соболя.

Таежные леса Сибири и их вторичная продуктивность представляют собой предмет занятости как аборигенного, так и переселенческого населения. В хозяйстве в первую очередь используются таежные животные, относящиеся к категории охотничьих, которые дают пушную и мясную продукцию – в частности, соболь, шкурки которого поступают на внутренний и внешние рынки страны. Популяции этого животного испытывали наиболее высокий антропогенный пресс в прошлом в результате перепромысла, а в настоящее время и в связи с чрезмерной трансформацией местообитаний. В силу большой значимости этих млекопитающих в хозяйстве человека требуется разработка более рациональных форм эксплуатации сообществ соболя. В связи с этим будет рассмотрено состояние численности основных видов из указанных таксонов и рекомендованы экологически обоснованные технологии их промыслового использования

Соболь (*Martes zibellina* L.) – наиболее ценный вид млекопитающих бореальных лесов России. Исторические материалы свидетельствуют, что востребованность соболя в международной

торговле возникла еще в IV веке [5]. Соболиные шкурки поступали не только в европейские страны, но также в Китай. В настоящее время значимость соболя не уменьшилась. Удельный вес шкурок вида в пушных заготовках в российском ареале составляет 80-98 % [6]. На международных пушных аукционах продажа шкурок соболя составляет около 100 %. Для большинства коренных народностей Сибири и русских охота на соболя обеспечивает занятость и составляет основную часть дохода. Экономика сибирских регионов должна учитывать это сложившееся в последнее время положение.

«Катастрофа» соболя в прошлом общеизвестна: в начале прошлого столетия он был на грани полного истребления. Некоторые ученые полагали, что соболь исчезнет как вид. Восстановление прежнего обилия – результат временных запретов охоты и реакклиматизации, на которую потребовалось вложение огромных финансов. Следует констатировать, что произошедшее не стало уроком для органов, осуществляющих промысловое использование вида. Потери за годы запретов и низкой численности соболя составили 7,0-8,0 млн шкурок.

Депрессия численности соболя в пределах разных подвидов началась вновь в 1970-е гг. [6 и др.]. По сведениям П.П. Наумова [3], в Прибайкалье чрезмерный пресс на популяции соболя начался в начале 1970-х гг. Решающими факторами уменьшения численности явились нерегулируемый промысел, вырубка лесов на больших территориях и освоение недр. На значительной части ареала уменьшилось обилие вида и в Красноярском крае [6 и др.]. Наиболее резко деградировали популяции в лесах Западного и Восточного Саяна, в пределах ангарского подвида и в южной тайге левобережья Енисея. Трансформация количественного обилия популяций началась также в начале 1970-х гг. В особенности резкие изменения произошли в Восточном Саяне: в 1993 г. после промысла численность в среднем составляла 2,2 особи, в 1995 г. – 1,2, в 1997 г. – 0,3 в 2001 – 2004 гг. – от 0,2 до 0,5 соболя на тыс. га. Численность уменьшилась в некоторых местообитаниях в 3-5 и даже в 10 раз. Произошло это в результате перепромысла, вырубки низкогорных и среднегорных лесов в горах юга края, в бассейне Ангары, в южной тайге на левобережье Енисея.

Уменьшение численности произошло и в других регионах Сибири. Так, на Алтае в 1957 – 1961 гг. обилие соболя было в 3-4 раза больше, чем в 1990 гг. [4]. Исследователь указывает, что ранее количество населения соболя в горной темнохвойной тайге в большинстве районов колебалось в пределах 11,2-15,0, а в 1990 гг. было на уровне от 4,0 до 5,0 особей на тыс. га, при общей численности ресурсов в 4-5 тыс. В начале 1970-х гг. общая численность вида только в Турочакском районе достигала 12,0 тыс. особей. Деградируют популяции и в таежных лесах бассейна р. Оби. Уменьшение численности происходит по причине перепромысла, а также в результате воздействия на среду обитания вида нефтегазового комплекса, которое привело к разрушению ценных для соболя местообитаний начиная со второй половины 1970-х гг. В некоторых местообитаниях Ханты-Мансийского автономного округа соболь также редок, его обилие колеблется в пределах 0,4-1,1 особи на тыс. га. По данным исследований, продуктивность угодий уменьшилась в 2,0-3,5 раза. Существует настоятельная необходимость охраны соболя и в Среднем Приобье. Экономические потери за последние 30 лет в результате нерационального использования популяций вида составляют 1,5-2,0 млн шкурок.

Приведенные данные свидетельствуют о необходимости разработки и принятия в практике ведения охотничьего хозяйства целого ряда мер по оптимизации численности вида в популяциях. Проблема управления численностью популяций соболя и поддержания их на эксплуатационно высоком уровне – одна из важнейших в охотоведении. Решать ее надо в интересах природопользователей. Нам видятся в этом направлении следующие пути.

Прежде всего, востребован действенный количественный учет численности соболя в пределах ареалов каждого подвида или региональных популяционных группировок. Всероссийского учета численности животных после 1973 – 1974 гг. не проводилось. Эксплуатация ресурсов соболя на основании относительных маршрутных учетов (подсчета следов) экономически неоправдана. Целесообразно проводить эти работы совместно с лесным ведомством, которое сможет также содействовать в получении прогнозных данных по урожайности хвойных, плодов и ягод.

Для сохранения в популяциях соболя высокого репродуктивного потенциала необходим точный расчет квоты изъятия. Она должна основываться на приросте популяции. Важно при этом осуществлять правомерный усиленный промысловый пресс на первый возрастной класс [5]. При численно оптимальном приросте целесообразно изымать до 60 % сеголетков. Норма их элиминации должна быть увязана со структурой возрастных групп в воспроизводственной группе (ВГ) особей, которой предстоит формировать следующие репродуктивные циклы. Необходим также усиленный промысел избытка самцов [5]. Исследования показали, что превышение половозрелых самцов над самками (ВГ) вызывает повышение числа их прохолостания. Не рекомендуется создание резерватов, которое уменьшает величину прироста в популяциях. Наконец, необходимо выделение зон промысловой охоты, где бы лесопользование велось на основе выборочных рубок леса

ЛИТЕРАТУРА

1. Монахов В.Г. О ресурсах соболя в автономных округах Тюменской области // Рациональное использование

- ресурсов соболя в России. Красноярск, 2001. С. 23-29.
2. *Надеев В.Н., Тимофеев В.В.* Соболя. М.: Изд-во техн. и эконом. лит-ры по вопросам заготовок, 1955. 403 с.
 3. *Наумов П.П.* Определение пространственных параметров влияния антропогенных воздействий на ресурсы охотничьих зверей на примере соболя // Рациональное использование ресурсов соболя в России. Красноярск, 2001. С. 35-38.
 4. *Собанский Г.Г.* Состояние ресурсов и организация хозяйства на соболя на Алтае // Рациональное использование соболя в России. Красноярск, 2001. С. 57-60.
 5. *Соколов Г.А.* Экологические основы управления репродуктивным потенциалом соболя // Рациональное использование ресурсов соболя. Дивногорск, 1992. С. 59-62.
 6. *Соколов Г.А.* Проблема рационального использования соболя в таежных лесах Енисейского региона // Рациональное использование ресурсов соболя в России. Красноярск, 2001. С. 71-81.

УДК 630

ФОТОСИНТЕЗ ХВОЙНЫХ ДРЕВОСТОЕВ НА ТЕРРИТОРИИ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Г.Г. СУВОРОВА, А.Т. ДЕЛОВЕРОВ

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск

АННОТАЦИЯ

Установлено, что годовая продуктивность фотосинтеза сосны обыкновенной, ели сибирской и лиственницы сибирской в зависимости от гидротермических условий вегетации изменяется в широких пределах, в отдельные годы – до 5 раз. Построены карты фотосинтетического стока углерода трех видов хвойных на территории Иркутской области для среднего значения за 11 лет, засушливого и оптимально влажного сезонов, позволяющие оценивать изменчивость этого показателя в зависимости от условий вегетации.

Хвойные леса, наиболее распространенные на территории Иркутской области и России, играют важную роль в ассимиляции техногенного и биогенного углерода в атмосфере. Для экосистем с участием хвойных лесов в условиях глобального изменения климата одними из наиболее важных показателей устойчивости и биологической продуктивности являются величины фотосинтетической активности и фотосинтетического стока углерода. В связи с этим возникает необходимость изучения этих процессов на больших территориях. Геоинформационные технологии являются одними из наиболее удобных и эффективных средств исследования природных процессов, протекающих в экосистемах большого масштаба.

Целью исследования было создание карт фотосинтеза в древостоях трех видов хвойных Иркутской области: сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) и ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.). В связи с этим были проанализированы изменения годичной продуктивности фотосинтеза в зависимости от условий сезона вегетации, рассчитана годовая продуктивность ассимиляции углерода хвойными Иркутской области в пересчете на CO₂, C и биомассу. Построены карты фотосинтетического стока углерода по среднегодовым значениям и в годы, существенно различающиеся по условиям вегетации. Работа выполнялась в лаборатории биоиндикации экосистем СИФИР СО РАН с использованием данных, полученных за период 1995 – 2006 гг.

Фотосинтетическую активность хвойных исследовали в насаждении, заложенном на окраине г. Иркутска в 1983 г. на пологом склоне (2°-3°) восточной экспозиции. Интенсивность фотосинтеза охвоенных побегов прошлого года жизни измеряли стационарной установкой на базе инфракрасного газоанализатора [2]. Использовали цилиндрические полиэтиленовые ассимиляционные камеры с каркасами из алюминиевой проволоки. Камеры устанавливали в средней части крон с южной стороны на побеги с хвоей прошлого года жизни. Параллельно с измерением интенсивности фотосинтеза регистрировали температуру воздуха и почвы, суммарную солнечную радиацию и влажность воздуха, запасы доступной почвенной влаги, погодные условия и осадки.

Дневную продуктивность фотосинтеза охвоенных побегов рассчитывали по часовым значениям скорости фотосинтеза в течение дня, месячную – умножением среднесуточной продуктивности фотосинтеза на количество дней в месяце, годовую продуктивность фотосинтеза – суммированием месячных значений. Эксперимент проходил в 1995 – 2006 гг. с начала периода вегетации в апреле-мае до конца вегетации в октябре. Продуктивность фотосинтеза на территории рассчитывали как произведение всей сухой массы хвои древостоев данного вида на территории на сезонную продуктивность фотосинтеза, выраженную в массе поглощенного CO₂ на единицу сухой массы хвои.

Карты фотосинтеза построены при помощи геоинформационной системы ArcView. Для построения карт фотосинтеза за основу в качестве слоя лесов был взят электронный вариант Карты лесов Российской Федерации [1], из которой были выделены слои распространения сосновых, лиственничных

и темнохвойных лесов. Ввели допущение, что распространение еловых лесов совпадает с обозначенной на карте территорий распространения темнохвойных лесов.

Вегетационные периоды различались по своим погодно-климатическим условиям. На протяжении 1995 – 2006 гг. чередовались теплые влажные, сухие жаркие, умеренно теплые и умеренно влажные летние сезоны, что привело к различиям в величинах годичной продуктивности фотосинтеза: для сосны от 1,9 до 6,83 г CO₂ г⁻¹ сезон⁻¹ при среднем значении 3,82; для ели от 0,9 до 7,09 г CO₂ г⁻¹ сезон⁻¹ при среднем значении 2,76; для лиственницы от 4 до 11,86 г CO₂ г⁻¹ сезон⁻¹ при среднем значении 7,88. Для определения *потенциального (фотосинтетического) стока углерода* в хвойные древостои на территории Иркутской области были введены допущения, что климатические условия по всей территории примерно одинаковы, что хвойные леса соответствуют одному классу возраста, 100-120 лет, и что фотосинтез деревьев данного вида по всей территории области протекает одинаково. Расчет производился по средним значениям сезонной продуктивности фотосинтеза за 11 лет. Аналогичные расчеты были произведены для 2003 и 2004 годов, существенно отличающихся друг от друга по количеству осадков и теплообеспеченности. Вегетационный сезон 2003 г. был засушливым и жарким, 2004 г. – дождливым, но с превышением среднемноголетнего уровня солнечной радиации.

Анализ экспериментальных данных показал, что в зависимости от условий вегетации величина фотосинтетической продуктивности и соответственно потенциального стока углекислоты колеблется в значительных пределах, для сосны – от 6 до 17 т CO₂ га⁻¹, для лиственницы – от 9,5 до 14 т CO₂ га⁻¹ и для ели – от 11 до 55 т CO₂ га⁻¹. Годичная продуктивность фотосинтеза и прирост биомассы разных видов хвойных изменяются до 5 раз в зависимости от условий вегетации. Меньшие амплитуды изменений этих показателей характерны для сосны и лиственницы по сравнению с елью. В то же время высокая продуктивность фотосинтеза ели в оптимально влажный сезон свидетельствует о ее большей экологической специализации в связи с приспособленностью к более увлажненным местообитаниям.

На основе рассчитанных значений фотосинтетической продуктивности построены карты потенциального (фотосинтетического) тока углерода трех видов хвойных на территории Иркутской области для среднего значения за 11 лет, засушливого 2003 г. и оптимально влажного 2004 г. По картам выявлены различия С-стока в зависимости от вида хвойного дерева. Установлено, что сосна определяет высокие значения потенциального стока углерода главным образом за счет фотосинтетической активности хвои, лиственница – за счет ее более широкого распространения по сравнению с другими хвойными, ель – за счет большой ассимилирующей массы на единицу занимаемой площади и способности увеличивать в несколько раз фотосинтез во влажные годы. Построенные карты позволяют оценивать изменчивость годичной продуктивности фотосинтеза и годичного потенциального стока углерода в зависимости от условий вегетации и в дальнейшем перейти к прогнозу динамики этих показателей при различных природных и антропогенных воздействиях.

Таким образом, годичная продуктивность фотосинтеза трех видов хвойных изменяется в зависимости от гидротермических условий вегетации в широких пределах, в отдельные годы до 5 раз. По среднемноголетним значениям, годичная продуктивность ассимиляции углерода хвойными составляет в пересчете на поглощенный CO₂ в целом на территории Иркутской области для сосны – 177×10⁶, для лиственницы – 242×10⁶, для ели – 69×10⁶ т CO₂; в пересчете на С на 1 га для сосны – 3,0, для лиственницы – 3,5, для ели – более 5,0 т С га⁻¹; в пересчете на прирост биомассы для сосны – 1,3, для лиственницы – 1,6, для ели – 2,4 т га⁻¹. По результатам исследований построены карты фотосинтетического стока углерода трех видов хвойных на территории Иркутской области для среднего значения за 11 лет, засушливого и оптимально влажного сезонов, позволяющие оценивать изменчивость этого показателя в зависимости от условий вегетации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барталев С.А., Еришов Д.В., Исаев А.С., Потапов П.В., Турубанова С.А., Ярошенко А.Ю. Карта лесов Российской Федерации, окрашенная по преобладающим группам пород деревьев и сомкнутости древесного полога. М., 2004.
2. Щербатюк А.С., Русакова Л.В., Суворова Г.Г., Янькова Л.С. Углекислотный газообмен хвойных Предбайкалья. Новосибирск: Наука, 1991. 135 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ПРОДУКТОВ И ПРЕПАРАТОВ НА ИХ ОСНОВЕ

Ю.Г. ТАГИЛЬЦЕВ¹, Н.В. ВЫВОДЦЕВ², А.И. ГОРОВОЙ¹, С.В. КАРАВАЕВ¹, Р.Д. КОЛЕСНИКОВА¹,
А.М. ОРЛОВ¹, Д.К. УВАРОВСКАЯ¹

¹ФГУ «Дальневосточный НИИ лесного хозяйства», Хабаровск

²Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск

АННОТАЦИЯ

Представлены сведения по использованию лесных древесных растений Дальнего Востока для получения биологически активных веществ (эфирных масел живицы, березового сока) и препаратов на их основе, применяемых для лечебных целей.

В течение нескольких десятилетий ДальНИИЛХ изучает полезные свойства древесных растений, возможность их рационального неистощительного использования без нанесения вреда естественно произрастающим сообществам.

Пихта почкочешуйная (белокорая) (*Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim.) – дерево с густой конусовидной кроной до 25 м высотой и 35 см в диаметре ствола. На российском Дальнем Востоке распространена в Приморье, Приамурье. Общее распространение: Китай (северо-восток), Корея. Это одна из основных лесообразующих пород материковой части Дальнего Востока. Растет в горах на высоте до 1000 м над уровнем моря и в долинах, иногда спускается до уровня моря на поймах рек. Чистых пихтарников не образует, в древостоях господствует редко и обычно сохраняет второй ярус в темнохвойных пихто-еловых лесах. Встречается и в смешанных хвойно-широколиственных лесах.

Используемые части растений для производства биологически активных веществ (БАВ) – эфирных масел (ЭМ), флорентинной воды и других – хвоя, древесная зелень и кора. Заготовка сырья может производиться из отходов лесопромышленного комплекса. Выход ЭМ из древесной зелени пихты белокорой составляет до 2 % и более. В состав ЭМ входят 104 компонента: монотерпеновые соединения (72,6 %), сесквитерпеновые соединения (27,4 %). Пихтовое ЭМ обладает ранозаживляющим, бактерицидным, противовоспалительным, анальгезирующим и другими положительными свойствами и применяется при лечении остеохондроза, ушибах, растяжениях связок и др.

Пихтовое масло из древесной зелени и коры обладает прекрасным ароматом хвойного леса и с успехом используется в ароматерапии, в саунах, банях, для санации и ароматизации помещений, особенно в местах большого скопления людей.

Ель аянская (*Picea ajanensis* (Lindl. et Gord.) Fisch. ex Carr.) – дерево до 40 м высоты и 110 см в диаметре. На российском Дальнем Востоке распространена в Приморье, Приамурье, Охотии, Камчатке, Сахалине, на юге Курил. Общее распространение: Китай (северо-восток), Корея, Япония (север). Растет в елово-пихтовых, кедрово-широколиственных смешанных лесах. Образует чистые и смешанные насаждения. Одна из основных древесных пород в лесах юга Дальнего Востока.

Используемые части растений для получения БАВ: хвоя, древесная зелень, кора. Выход ЭМ из свежей древесной зелени составляет до 1 %. В состав ЭМ входят монотерпеноиды (пинены, Δ^3 -карен, терпинолен и др.), сесквитерпены, а также борнилацетат, хамазулен. В количественном содержании состав масла из древесной зелени и коры значительно отличается.

Еловое эфирное масло – адаптоген, устраняет перенапряжение, нервозность, ликвидирует застойные явления при катарах верхних дыхательных путей, хронических бронхитах, повышает иммунитет.

Сосна корейская (кедр корейский) (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.). Используемыми частями растений являются семена (орехи), древесная зелень, кора. В ЭМ содержатся пинены, мирцен, Δ^3 -карен, фелландрены, цинеол, терпинолен, борнилацетат, кадинены, хамазулен. Хвоя содержит каротин, аскорбиновую кислоту, дубильные вещества, флавоноиды. Молодые шишки содержат алкалоиды. В орехах найдено 74 % жира, 14,8 % белка, каротин и витамин В₂.

Выход ЭМ из хвои до 0,9 %; из древесной зелени – до 1,5; из молодых шишек – до 0,25 %. ЭМ обладает противовоспалительным, противомикробным, ранозаживляющим, укрепляющим нервную систему действием.

Все хвойные породы обладают способностью смолообразования. Строение смолоносной системы сосны корейской и ели аянской аналогично ее строению у сосны обыкновенной. Наиболее смолопродуктивной из изучаемых нами дальневосточных хвойных пород оказалась сосна корейская, средний выход живицы у которой с одного дерева составляет 960-1000 г за сезон.

Живица (пихтовый бальзам) также обладает лечебными свойствами: биогенно-стимулирующими,

обеззараживающими, ускоряющими регенеративные процессы раневых поверхностей, противомикробными и противораковыми.

Нами изучаются также лиственные породы.

Береза плосколистная (*Betula platyphylla* Susacz) – дерево до 27 м высотой и 60 см в диаметре. На российском Дальнем Востоке распространена в Приморье, Приамурье, Охотии, Камчатке, Сахалине, Курилах. Общее распространение: Восточная Сибирь, Монголия, Китай (северо-восток), Корея, Япония. Растет в лесах и редколесьях различного состава и в разных местообитаниях после рубок и пожаров; также в ходе возрастных смен образует чистые и смешанные насаждения. Из других видов древовидных берез нами изучались биологически активные вещества березы желтой (ребристой) (*B. costata* Trautv.).

Указанная береза – дерево до 30 м высотой и 100 см в диаметре. Используемые части растений: листья, цветки, кора, чага (березовый гриб), почки. ЭМ в березе немного: в листьях – до 0,05 %, в коре – 0,055 %, однако в почках содержание ЭМ достигает 5,5 %. В ЭМ содержится в основном бетуленовая кислота. Оба вида берез имеют большое хозяйственное значение в лесном комплексе Дальнего Востока. Существенной биологической особенностью берез, в отличие от других лиственных пород, является их особенность при ранениях в весенний период до начала появления листьев выделять в значительных количествах пищевые соки. Нами изучена биологическая и производственная сокопродуктивность двух указанных видов берез в сезон подсочки, составлены нормативы ежегодно возможного для заготовки запаса березового сока по породам на 1 га. Березовые соки дальневосточных видов берез представляют собой бесцветные жидкости плотностью 1,002-1,005 г/см³, содержащие сахара в сумме от 0,9 до 1,3 %. Соки содержат легкоусвояемые углеводы, аминокислоты и микроэлементы (железо, магний, алюминий, калий, фосфор, медь, кальций, натрий, марганец, кремний, титан, барий, лантан, никель и др.). Нами выявлено также содержание в соке группы кумариновых соединений в количестве до 0,8 %. Кроме этого, в состав соков входят ЭМ, бетулон, сапонины, витамины. Химический состав соков указывает на их полезную роль в качестве натуральных физиологических напитков. В России березовые соки издавна применялись не только как жаждоутоляющие напитки, но и как народные средства против различных заболеваний, в том числе суставных, кожных, легочных, туберкулезных, сердечно-сосудистых, желудочно-кишечных, почечных, болезнях верхних дыхательных путей. Дальневосточный регион располагает огромной лесосырьевой базой, позволяющей производить тысячи тонн березового сока.

Разумеется, наши исследования проводятся с учетом охраны генофонда растений, без нанесения вреда экологии. Это является основой всех рекомендаций и правил по рациональному лесопользованию.

Нами разработано и запатентовано новое «Ароматизированное средство для ванн «ЛЭФМА»» (лесные эфирные масла) на основе природных солей и с добавлением натуральных хвойных эфирных масел. Средство обладает ароматом дальневосточной тайги, оказывает нормализующее действие на деятельность всего организма, улучшает работу сердечно-сосудистой системы, обладает биостимулирующим, противовоспалительным, антимикробным и общеукрепляющим действием (патент RU 2990917C1, 2007 г.).

Разработка «Ароматизированное средство для ванн «ЛЭФМА»» награждена дипломом и серебряной медалью XV международной выставки-конгресса 10-13 марта 2009 года (г. Санкт-Петербург).

Все биологически активные вещества, упомянутые выше, прошли тестирование в медицинском центре «Хабаровскэнерго» на компьютерном оборудовании системы «ИМЕДИС-БРТ-ПК». Показано их высокое лечебное действие на организм человека.

УДК 630*165.7: 631.532

ПЕРСПЕКТИВЫ ПЛАНТАЦИОННОГО ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ ХВОЙНЫХ ПРИ ПОМОЩИ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ СЕЛЕКЦИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ (СОМАТИЧЕСКОГО ЭМБРИОГЕНЕЗА)

И.Н. ТРЕТЬЯКОВА, А.С. ИВАНИЦКАЯ, А.В. БАРСУКОВА, С.С. САВЕЛЬЕВ, А.С. СИРЕНКО

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

В результате опытов по гибридизации кедра сибирского на клоновой прививочной плантации были получены гибридные шишки первого поколения с высокой семенной продуктивностью. Из изолированных зародышей кедра сибирского и лиственницы сибирской в культуре *in vitro* образовались эмбрионально-сuspензорная масса, соматические зародыши и растения-регенеранты. Определены генотипы донорских растений лиственницы сибирской и сосны сибирской, способные давать чистые эмбриогенные линии, соматические зародыши и растения-регенеранты.

Проблема сохранения генофонда основных лесообразующих видов России может быть решена при помощи сочетания классических методов селекции и современных методов биотехнологии, таких как соматический эмбриогенез, широко используемый в плантационном лесовыращивании за рубежом при реализации программы MVF (Multi variety forest). Соматический эмбриогенез имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами клонального размножения. Этот эффективный метод регенерации растений позволяет сохранить генетические ресурсы в течение длительного периода времени благодаря высокой продуктивности пролиферирующей эмбриональной массы и способности ее подвергаться длительной криоконсервации [7]. С помощью соматического эмбриогенеза можно производить массовое тиражирование высокопродуктивных, устойчивых к паразитам чистых линий растений для создания лесосеменных плантаций [3-5, 7].

Несмотря на быстрое развитие биотехнологии соматического эмбриогенеза хвойных, до сих пор не разработан комплексный селекционно-генетический подход и не полностью решены те аспекты фундаментальной проблемы морфогенеза (тотипотентность, детерминация и компетентность, дифференциация и дедифференциация), которые можно решить на примере именно соматического эмбриогенеза как модельной системы. Отсутствуют работы по сравнению цито-гистологического статуса морфогенных (эмбриональной массы) и неморфогенных каллусов различного происхождения во всей динамике их развития, вплоть до вызревания соматических зародышей и растений-регенерантов. Недостаточно разработаны способы управления путями соматического эмбриогенеза в контролируемых условиях культуры *in vitro*.

Технология соматического эмбриогенеза остается проблематичной для ряда видов хвойных, в том числе и видов, произрастающих на территории России [1, 2]. Критическим моментом является процесс созревания соматических зародышей, поскольку он влияет на жизнеспособность полученных зародышей и их способность прорасти и продуцировать нормальные растения-регенеранты.

Сочетание селекционной стратегии размножения для улучшения хвойных видов – внутривидовой и межвидовой гибридизации, основанной на использовании комплементарных признаков между родительскими генотипами, приводящими к гетерозису, и использование биотехнологии соматического эмбриогенеза будут способствовать массовому тиражированию гибридных и гомозиготных чистых линий, что внесет неоценимый вклад в генетическое улучшение лесов России.

Цель исследования – проведение работ по гибридизации, выявление эффекта гетерозиса у гибридов и разработка биотехнологии получения соматических зародышей и растений-регенерантов у гибридных и самоопыленных семян основных лесообразующих хвойных видов Сибири.

Объектом исследований служили деревья сосны сибирской (кедра сибирского, *Pinus sibirica* Du Tour) – основного орехоносного вида Сибири, произрастающего в естественном древостое Западного Саяна и на клонных прививочных плантациях Западно-Саянского опытного лесного хозяйства, а также лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.), произрастающей в естественных насаждениях на территории Республик Хакасия и Тыва, в искусственных насаждениях и клонных плантациях (Красноярский край). На клонных кедров сибирского и лиственницы сибирской проводились опыты по контролируемому опылению с использованием в качестве опылителей плюсовых деревьев и уникальных гетерозисных форм с однолетним развитием женской шишки (кедр сибирский), а также деревьев лиственницы сибирской, устойчивых к лиственничной почковой галлице.

В результате опытов по гибридизации (2005 – 2008 гг.) проводилось опыление 6-12 клонов (каждый клон включал 12-15 деревьев). С указанных клонов осуществлялся сбор шишек потомства первого поколения, половина которых шла на определение семенной продуктивности и качества семян, обработку семян биопрепаратами рода *Tricoderma* и *Streptomyces* для устойчивости их к паразитам и высадку семян в почву в условиях лесопитомника. Семена другой половины шишек вводились в культуру *in vitro*. Кроме того, в опытах по гибридизации проводилось тестирование пыльцы на жизнеспособность.

При проведении работ по соматическому эмбриогенезу семена стерилизовались и из них извлекались зародыши, которые вводились в культуру *in vitro*. Для инициации эмбриональной массы из зиготических зародышей использовались базовые среды $\frac{1}{2}$ MS, MS [6], $\frac{1}{2}$ LV, LV, MSG [8] и MA (неопубликованные данные) с добавлением мезоинозита, L-глутамина, фитогормонов (2,4-Д и 6-БАП), сахарозы, а также агара или Gelrite. Для пролиферации эмбриональной массы концентрация 6-БАП и сахарозы снижалась в 2-4 раза (у разных видов по-разному). Эксперименты по индукции и пролиферации эмбрионного каллуса проводились в темноте при температуре $24 \pm 1^\circ\text{C}$. Для перехода соматических зародышей к созреванию экспланты культивировались на безгормональных базовых средах с активированным углем в течение 1 недели. Для созревания соматических зародышей в среды добавлялись мезоинозит, L-глутамин, 2,4-Д, АБК, ИМК, сахароза, а также Gelrite. Культивирование проводилось на свету, при 16-часовом фотопериоде и температуре $24 \pm 1^\circ\text{C}$.

Для проведения цитологического анализа использовались давленные препараты. Окраска эксплантов проводилась сафранином с добавлением капли метиленового синего. Просмотр

микроскопических образцов осуществлялся на микроскопе МБИ-6. Статистическая обработка данных проводилась по стандартным методикам при помощи Microsoft Excel. Морфологические изменения фиксировались цифровой фотокамерой Fudjifilm FinePix S7000 (Япония).

Результаты проведенных исследований показали, что женские шишки появились на клонах в 10-летнем возрасте (2001 г.), мужские шишки – в 13-летнем возрасте (2006 г.). В этот период клоны достигали высоты 1,5-1,6 м, $D_{1,3}$ составил 15-17 см. Используемые в качестве опылителей плюсовые и гетерозисные деревья показали, что прорастание пыльцы *in vitro* у них было достаточно высоким. У разных деревьев жизнеспособность пыльцы колебалась от 75,4 % (дерево 22) до 96,8 % (дерево 492). Средняя длина пылевых трубок варьировала от 105 мкм (дерево 22) до 164,9 мкм (дерево 476), что также свидетельствует о высоком качестве пыльцы.

Семенная продуктивность гибридных шишек клоновых деревьев сосны сибирской в разных вариантах контролируемого опыления колебалась от 47 до 98,7 %. Полнозернистость семян составила 90-93 %. Зародыши достигали 1/4-1/2 длины зародышевого канала. У клонов, обработанных пыльцой гетерозисного дерева с однолетним развитием женских шишек, 30 % гибридных шишек развивались по однолетнему циклу. Однако размеры таких шишек оказались мельче (длина шишек составила 46 мм против 76 мм, ширина – 36 против 66 мм). Семенная продуктивность составила 57 %. У однолетних шишек данного клона в семяпочках формировались архегонии.

Введение изолированных зародышей семян кедра сибирского в культуру *in vitro* показало, что реализация соматического эмбриогенеза у изучаемых хвойных видов Сибири – процесс многоступенчатый, состоящий из индукции эмбрионного каллуса (ЭК), пролиферации эмбрионально-суспензорной массы (ЭСМ), вызревания соматических зародышей и их прорастания. На индукционной среде под действием гормонов 6-БАП и 2,4-Д соматические клетки зиготических зародышей лиственницы сибирской и кедр сибирского на 5-10 сутки культивирования начинали интенсивно растягиваться в длину и превращаться в эмбриональные трубки размером 200-300 мкм. Эмбриональные трубки в результате неравного деления образовывали мелкие эмбриональные клетки диаметром 39-47 мкм. В течение 1 месяца эмбриональные клетки активно делились и образовывали эмбриональные глобулы, которые окружались эмбриональными трубками. Наблюдалось образование эмбрионально-суспензорной массы. Пересадка ЭСМ на пролиферирующие среды с пониженным содержанием цитокининов и сахарозы вызывала интенсивную пролиферацию, в которой шел активный кливаж. Через 1 мес. культивирования на этих средах возникали торпедообразные соматические зародыши. При субкультивировании ЭСМ на базовых средах, содержащих АБК и ИМК, соматические зародыши приобретали биполярную структуру: на одном из полюсов формировались примордии семядолей, на другом – зародышевый корешок и хорошо развитый суспензор.

Наблюдения за динамикой роста ЭК показали, что процессы инициации и пролиферации каллуса у разных генотипов идут с неодинаковой скоростью. Из 17 эксплантов плюсовых деревьев кедр сибирского выделился один индивидуум, у которого объем эмбрионного каллуса в 2-3 раза превышал объем каллусов остальных плюсовых деревьев (1600 мм³ против 600-900 мм³). Наиболее активное образование ЭК шло у клонов в вариантах опыления пыльцой гетерозисного дерева с однолетним формированием женских шишек. Объем ЭК достигал 4460 мм³ за 50 дней культивирования. Динамика роста ЭК и образование соматических зародышей у лиственницы сибирской происходило аналогично кедр сибирскому. Среди 30 генотипов лиственницы выделились 18 % генотипов, у которых шло интенсивное образование эмбрионного каллуса, у 57 % генотипов образование эмбрионного каллуса шло значительно слабее и у 13 % генотипов формирования эмбрионного каллуса вообще не наблюдалось. Особенно заслуживает внимания генотип донора лиственницы сибирской, отличавшегося устойчивостью к повреждению лиственничной почковой галлицей, у которого формирование эмбрионного каллуса шло со значительной скоростью. За 50 дней культивирования объем ЭСМ достигал 18990,7 мм. На 1 мм ЭСМ насчитывалось в среднем $75 \pm 4,6$ эмбриональных глобул. У данного генотипа наблюдалось активное образование соматических зародышей. На среде вызревания (базовая среда с АБК и ИМК) происходило образование в среднем 380 штук зародышей на 1 г эмбрионного каллуса. Формировалась чистая эмбрионная линия.

Образование эмбрионного каллуса, его пролиферация и формирование соматических зародышей, а также их вызревание у лиственницы сибирской занимают 4-6 месяцев, у кедр сибирского – 7-10 месяцев. При этом соматические клетки зиготического зародыша становятся на путь развития зиготы. Аналогично процессам, происходящим с зиготическими зародышами, морфогенез соматических зародышей включает последовательное прохождение стадий проэмбрио, кливажа, образования глобулярных и торпедообразных зародышей, после которых осуществляются процессы дифференцировки – формируются апексы побега и корня, гипокотиль и семядоли, наконец, происходит прорастание соматических зародышей в растения-регенеранты. Реализация соматического процесса требует применения разных химических соединений, в том числе фитогормонов и различных физических предобработок. Поэтому соматический эмбриогенез у хвойных видов можно использовать

как модельную систему в эмбриологических исследованиях.

Эмбрионные культуры, зиготические и соматические зародыши обрабатывали метаболитами рода *Tricoderma* и *Streptomyces* для ускорения их роста и повышения устойчивости к паразитам. С помощью эмбрионных культур были получены генетически модифицированные растения, которые будут подвергнуты криоконсервации, что позволит создать банк улучшенных генотипов.

Таким образом, наиболее перспективным направлением в селекции хвойных является проведение работ по гибридизации с использованием улучшенных материнских и отцовских деревьев. В результате опытов по гибридизации кедра сибирского на клоновой прививочной плантации были получены шишки первого поколения с высокой семенной продуктивностью. С введением изолированных зародышей кедра сибирского и лиственницы сибирской путем подбора состава питательных сред была получена эмбрионально-суспензорная масса, соматические зародыши и растения-регенеранты. Наиболее активным ростом обладала эмбрионная масса, полученная из гибридных семян кедра сибирского от гетерозисных деревьев-опылителей с однолетним циклом развития женских шишек и лиственницы сибирской, устойчивой к лиственничной очковой галлице. Определены генотипы донорских растений лиственницы сибирской и сосны сибирской, способные давать чистые эмбрионные линии, соматические зародыши и растения-регенеранты.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 08-04-00107 и 09-04-10023к, р-Сибирь-а 09-04-98000 и 09-04 98008, интеграционного гранта № 53.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоруссова А.С., Третьякова И.Н. Особенности формирования соматических зародышей у лиственницы сибирской: эмбриологические аспекты // Онтогенез, 2008, т. 39, 2. С. 1-10.
2. Третьякова И.Н., Белоруссова А.С., Носкова Н.Е., Савельев С.С., Лукина А.В., Барсукова А.В., Изболдина М.В., Череповский Ю.А. Перспективы применения методов биотехнологии для размножения генетически ценных форм лесных древесных видов // Хвойные бореальной зоны, 2007, т. 24, 2-3. С. 309-318.
3. Klimaszewska K., Cyr D. R. Conifer somatic embryogenesis: I. Development // Dendrobiology, 2002, 48: 31-39.
4. Lelu M. A., Bastien C., Klimaszewska K., Charest P.J. An improved method for somatic plantlet production in hybrid larch (*Larix x leptoeuropaea*): Part 2. Control for germination and plantlet development // Plant Cell Tiss. Org. Cult., 1994, 36: 117-127.
5. Lelu-Walter M.-A., Bernier-Cardou M., Klimaszewska K. Clonal plant production from self- and cross-pollinated seed families of *Pinus sylvestris* (L.) through somatic embryogenesis // Plant Cell Tiss Organ Cult., 2008, 92: 31-45.
6. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // Physiol. Plant., 1962, 15(4): 473-497.
7. Park Y.-S. Implementation in conifers somatic embryogenesis in clonal forestry: technical requirement and development considerations // Ann. For. Sci., 2002, 59: 651-656.
8. Plant cell, tissue and organ culture: fundamental methods / Eds. O.L. Gamborg, G.C. Phillips. Berlin: Springer-Verlag, 1995, 358 pp.

УДК 502.7(571.54)

ЛЕСНОЙ ФОНД ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ

В.Н. ХЕРТУЕВ, А.В. ДМИТРИЕВА

Бурятский государственный университет, Улан-Удэ

АННОТАЦИЯ

Рассмотрено современное состояние лесов Республики Бурятия. Дана характеристика лесов по особо охраняемым природным территориям. Сделана попытка проанализировать количественную и качественную оценку лесов особо охраняемых природных территорий на примере общего состояния лесов по Республике Бурятия. Материалы доклада могут быть использованы специалистами в области охраны природы.

Бурятия в целом – горная страна, высокие хребты чередуются с глубокими межгорными котловинами. Основное направление хребтов – юго-западное и северо-восточное. Горные массивы по высоте не достигают снеговой линии, имеют широкие и пологие вершины. В то же время на западе и севере республики рельеф гор приобретает более альпийский характер: там встречаются хребты с остроконечными гребнями и пиками, с оголенными вершинами. Рельеф внутри котловины в целом равнинный [1]. Общая площадь лесов Республики Бурятия, расположенных на землях лесного фонда и землях иных категорий, на 01.01.2008 г. составляет 29228,3 тыс. га, или 83,2 % общей площади. Леса,

расположенные на землях лесного фонда и землях иных категорий, по своему функциональному значению делятся на лесные и нелесные. Лесные земли Бурятии составляют 23 116 тыс. га, или 79,1 % от общей площади лесов, расположенных на землях лесного фонда и иных категорий.

К лесам, не входящим в лесной фонд, относятся леса, расположенные на землях иных категорий. К таковым относятся леса особо охраняемых природных территорий, находящихся в ведении федеральных органов Росприроднадзора – 2065,1 тыс. га, или 7,1 % всех лесов Республики Бурятия. Среди таких территорий с учетом особенностей режима особо охраняемых природных территорий и статуса находящихся в них природных учреждений в Бурятии выделены следующие:

Баргузинский заповедник, учрежденный постановлением Правительства Российской Федерации от 26.12.1916 г. на общей площади 359346 га, где объектом охраны и исследования является экосистема северо-восточного побережья озера Байкал и популяции баргузинского соболя.

Государственный природный биосферный заповедник «Баргузинский» расположен на северо-восточном побережье Байкала в районе Северобайкальского нагорья, выделенного В.С. Преображенским и другими исследователями в качестве одной из геоморфологических единиц Забайкалья [3]. Он занимает западные склоны Баргузинского хребта – одной из самых мощных горных цепей, окаймляющих Байкал. Протяженность хребта – около 300 км, наибольшая высота достигает 2840 м над уровнем моря, а на территории заповедника – 2652 м. На юге заповедник граничит с Забайкальским национальным парком в районе р. Громотухи. Восточная граница проходит по главному гребню Баргузинского хребта. Западной границей служит берег Байкала. Кедровые и кедрово-пихтовые леса в заповеднике широко распространены в долинах рек и играют ведущую роль среди лесов на коренных склонах в верхней части горно-лесного пояса. Ближе к Байкалу в полосе, подверженной температурной инверсии, существенную роль в древостое играет лиственница Чекановского. Во втором ярусе кроме кедра встречаются пихта сибирская и ель сибирская. Подлесок составлен березой Миддендорфа. Надпойменные террасы речных долин нередко занимают еловые и елово-пихтовые леса.

Влажный прибайкальский тип лесной поясности наиболее отчетливо выражен у южных границ заповедника, где Баргузинский хребет близко переходит к озеру. Это самый влажный участок северо-восточного побережья. Здесь на склонах разных диспозиций от уровня Байкала до гольцов господствуют темнохвойные породы деревьев, преимущественно кедр и пихта.

Светлохвойные леса распространены по равнине и пологим возвышениям до 20 км и далее вглубь центральной части заповедника. Подпояс смешанных темнохвойных-светлохвойных лесов занимает высоты от 600-900 м над уровнем моря. При этом на южных и юго-западных склонах преобладают ельники, а на северных – кедровники с пихтой [4]. Учет и оценка лесов заповедника проведен в 1980 – 1981 гг. на площади 359346 га.

Байкальский государственный заповедник, учрежденный Постановлением Совета Министров РСФСР от 26.09.1069 г. № 571, объектом охраны которого являются горно-таежные комплексы хребта Хамар-Дабан и южного побережья Байкала.

Байкальский государственный природный заповедник находится на восточном берегу Байкала, но намного южнее. Его площадь составляет 165724 га, из них 107214 га занимает лес. Рельеф заповедника формируется в основном мощным хребтом Хамар-Дабан, достигающим высоты 2300 м над уровнем моря. На северных склонах преобладает темнохвойная тайга из пихты и кедра. От уровня оз. Байкал она поднимается высоко в горы. Местами встречаются березняки, небольшие сфагновые болота; в древостое кое-где обычна ель. В долинах рек распространены березово-тополевые насаждения с густым подлеском из черемухи, рябины, ольхи. В лиственных лесах и на полянах обильно развиваются разнотравье и папоротники; большие площади занимают ягодники. В подгольцовом поясе пихтарники паркового типа сменяются зарослями кедрового стланика, рододендронов и субальпийскими лугами. Еще выше на склонах и плоскогорьях располагаются обширные горные кустарничковые и лишайниковые тундры.

На южных склонах Хамар-Дабана больше распространены светлохвойная лиственнично-сосновая и кедрово-лиственничная тайга. У подножия склонов обычны степные растительные группировки (открытые остепненные склоны называют убурами). В долинах рек — березовые и осиновые леса, а в их верховьях встречаются чистые кедррачи. Инвентаризация лесов проведена в 1980 – 1981 гг. на площади 165724 га.

Забайкальский национальный парк учрежден Постановлением Совета Министров РСФСР от 12.09.1986 г. № 401, объектом охраны здесь является экосистема восточного побережья озера Байкал.

Забайкальский национальный парк расположен в пределах типичной горно-таежной области. В границах парка выделяются крупные орографические единицы: Святоносский хребет, Баргузинский хребет, Чивыркуйский перешеек и Ушканьи острова. Площадь парка составляет 267177 га, из них около 14000 га занимает лес. Лес распространен островами по речным террасам на моренах. В составе лесных насаждений преобладают хвойные породы: сосна – 83,6 %, кедровый стланик – 29,2 %, кедр – 13,5 %, лиственница Гмелина – 9,1 % и пихта сибирская – 5,4 %. Лиственничные породы деревьев занимают небольшие площади, береза каменная и широколиственная – 4,9 %, осина – 3,9 %.

На северо-западе полуострова Святой нос наблюдаются насаждения лиственницы, остальная часть территории в пределах лесного пояса занята сосновыми лесами. Они преобладают и на западном склоне Баргузинского хребта. Темнохвойные леса парка (пихта сибирская) занимают отдельные участки и тяготеют к наиболее увлажненному побережью Байкала, а также встречаются на северо-востоке полуострова Святой нос. По восточному берегу Байкала в подлеске появляется кедровый стланик. На отдельных участках побережья он вместе с другими хвойными породами деревьев формирует особый тип сообществ, соответствующий поясу влажных прибайкальских лесов. Учет лесов с получением информации о лесном фонде проведен в 1990 – 1991 гг. на площади 230177 га.

Джержинский заповедник, учрежденный Постановлением Совета Министров РСФСР от 14.08.1992 г. № 585 на общей площади 238088 га, объектом охраны которого является природный комплекс верховья реки Баргузин. В лесном поясе заповедника наиболее широко распространены леса из лиственницы Гмелина (даурской). Они господствуют в северной половине заповедника и в верхней полосе отрогов хребтов и на их северных склонах в южной части заповедника, где развита вечная мерзлота. Несколько меньшее значение имеют сосновые леса, которые наряду с лиственничниками являются важным компонентом растительного покрова Забайкалья. Они преобладают в южной части заповедника, а по мере продвижения к северу, с нарастанием абсолютной высоты местности, вытесняются лиственничниками на прогреваемые южные склоны. По днищам долин рек, но преимущественно в южной части заповедника встречаются небольшие участки лесов из ели сибирской. Кедр (сосна сибирская) произрастает преимущественно как примесь в лиственничных лесах на склонах северных румбов в южной и центральной части заповедника [5]. Лесоустроительные работы не проводились.

Тункинский национальный парк, учрежденный Постановлением Совета Министров РСФСР от 27.05.1991 г. № 282, объектом охраны является природный комплекс Восточных Саян.

Национальный парк «Тункинский» расположен в административных границах Тункинского района Республики Бурятия: по долине реки Иркут, окаймленный величественными Хамар-Дабаном и хребтами Восточных Саян, между двумя великими озерами Азии – Байкалом и Хубсугулом. Общая площадь парка – 1083680 га. Граничит на юго-западе с Монголией, на востоке – с Иркутской областью. Леса занимают 1079890 га, что составляет 71 % от общей площади парка. Основной лесообразующей породой является кедр. Кедровые леса занимают 51,9 % от общей площади лесов. Кедровники поднимаются до верхней границы леса, выше в субальпийском поясе встречаются сообщества кедрового стланика. Вследствие низких зимних температур, короткого периода вегетации, бедности каменистых почв в горах формируются низкопродуктивные кедровые насаждения, 25,8 % лесной площади приходится на долю лиственничников, сосновые насаждения составляют 8,1 %, еловые – около 1 %, незначительные площади занимает пихта. Из мелколиственных лесов (10,3 %) наиболее распространены березняки – 8,5 % и осинники – 1,6 %. Незначительные площади занимают сообщества из тополя душистого и ивняки.

В лесном поясе заповедника наиболее широко распространены леса из лиственницы Гмелина (даурской). Они господствуют в северной половине заповедника, в верхней полосе отрогов хребтов и на их северных склонах в южной части заповедника, где развита вечная мерзлота. Несколько меньшее значение имеют сосновые леса, которые наряду с лиственничниками являются важным компонентом растительного покрова Забайкалья. Они преобладают в южной части заповедника, а по мере продвижения к северу, с нарастанием абсолютной высоты местности, вытесняются лиственничниками на прогреваемые южные склоны. По днищам долин рек, но преимущественно в южной части заповедника встречаются небольшие участки лесов из ели сибирской. Кедр (сосна сибирская) произрастает преимущественно как примесь в лиственничных лесах на склонах северных румбов в южной и центральной части заповедника. Инвентаризация лесов в данном парке проводилась в 1995 – 1996 гг. на площади 1075800 га.

Чтобы оценить качественные и количественные изменения состояния лесов особо охраняемых природных территорий, рассмотрим общее состояние лесов по Республике Бурятия согласно разработке Лесного плана (01.01.2003 г. против 01.01.2008 г.), которая приведена в табл. 1.

Изменение общей площади земель лесного фонда и земель иных категорий (в сторону уменьшения на 84,3 тыс. га) произошло по ряду причин:

- площади земель лесного фонда уменьшились на 38,5 тыс. га за счет уточнения площадей в связи с проведением лесоустройства по Верхне-Баргузинскому лесничеству;
- площади земель населенных пунктов, на которых расположены городские леса, уменьшились в связи с уточнением данных с Управлением Федерального агентства кадастра объектов недвижимости по Республике Бурятия по Кяхтинскому и Закаменскому районам на 5,5 тыс. га;
- на 01.01.2003 г. в категории земель сельскохозяйственного назначения числилось 1302,7 тыс. га земель, на 01.01.2008 г., по данным Управления Федерального агентства кадастра объектов недвижимости по Республике Бурятия, площадь была уточнена и составила 1270,5 тыс. га, т.е.

уменьшилась на 32,2 тыс. га;

- по категории земель особо охраняемых природных территорий произошло уменьшение площади на 15 тыс. га, так как ранее в границах территории Баргузинского заповедника ошибочно числилась площадь водной акватории озера Байкал.

Таблица 1. Качественная и количественная оценка изменений состояния лесов Республики Бурятия

Показатели		на 01.01.2003 г.	на 01.01.2008 г.	Изменения за предшествующий период
Общая площадь	тыс. га	29312,6 (29133,7)	29228,3	-84,3
Покрытая лесной растительностью,	тыс. га	21995,5	22149,0	153,5
в т.ч.				
хвойные породы,	тыс. га	16699,6	16791,6	92,0
из них сосна	тыс. га	3321,1	3339,6	18,5
лиственница	тыс. га	11097,4	11146,9	49,5
из них молодняков	тыс. га	3048,1	3153,9	105,8
мягколиственные породы,	тыс. га	1875,3	1925,4	50,1
из них береза	тыс. га	1251,9	1291,6	39,7
осина	тыс. га	519,2	529,3	10,1
из них молодняков	тыс. га	522,0	536,4	14,4

В целом из таблицы видно, что по землям лесного фонда и землям иных категорий, куда и входят леса особо охраняемых природных территорий Республики Бурятия, отмечается положительная динамика соотношения общей площади и площади, покрытой лесной растительностью: отмечено ее увеличение на 153,5 тыс. га, или на 0,7 % [2].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Леса и лесное хозяйство Бурятии / Н.Е. Медведев. Улан-Удэ: Изд-во ОАО «Республиканская типография», 2004. 232 с.
2. Государственный учет лесного фонда по состоянию на 01.01.2003 г., на 01.01.2008 г.
3. Типы местности и природное районирование Бурятской АССР / В.С. Преображенский, Н.В. Фадеева, Л.И. Мухина, Г.М. Томилов. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 216 с.
4. Черников Е.М. Экология соболя (*Martes zibellina* Lunneus, 1758) в Баргузинском заповеднике. Улан-Удэ, 2006. С. 15-39.
5. Заповедники Сибири. Т. II / Под общ. ред. Д.С. Павлова, В.Е. Соколова, Е.Е. Сыроечковского. М., 2000. С. 205-216.

УДК 634.05+582.28

ОЦЕНКА НЕДРЕВЕСНЫХ РЕСУРСОВ ЛЕСА

А.С. ШИШИКИН

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Основные проблемы эффективного использования недревесных ресурсов – их территориальная приуроченность и прогноз урожайности. В основе предлагаемого метода лежит динамическая классификация лесной растительности, которая сочетает в себе консортивную производительность охотничьих видов животных, грибов и ягод лесных формаций с их сукцессионной приуроченностью. Оценка недревесных ресурсов выполняется в три этапа: классификация ресурсообразующих лесных территорий, качественная и количественная оценки урожайности.

Традиционно инвентаризация лесных угодий и их ресурсов проводится по материалам лесоустройства. В зависимости от задач и точности лесоустроительных работ проводится текущая оценка дикоросов. Обычно она основана на косвенных показателях площадей, занятых ягодниками, или выявленных зависимостей ресурса от свойств растительности.

Разработанная типология лесных угодий включает шесть уровней генерализации: категория, группа классов, класс, группа типов, тип, подтип, каждый из которых используется в зависимости от уровня мониторинга (федерального, регионального, производственного) (табл. 1).

Таблица 1. Классификационная схема угодий недревесных ресурсов

Уровень иерархии	Признак	Характеристика ресурса
Категория	Тип растительности (природные зоны)	Ареал
Группа классов	Высотный пояс, подзона	Ландшафтные комплексы ресурсов, запасы
Класс	Формация	Консортивная продуктивность
Группа типов	Сукцессионный ряд	Биотопическая динамика продуктивности
Тип	Сукцессионная стадия	Продуктивность стадии
Подтип	Погодная цикличность	Текущая продуктивность

Категория угодий недревесных ресурсов выделяется по типу растительности в масштабе широтной зональности и обычно соответствует ареалу вида. Эта таксономическая единица характеризует макроклиматические условия обитания вида: осадки, температуру, глубину снежного покрова, фенологию, что определяет распределение ресурса по территории или режим перемещения охотничьих видов, региональные экологические особенности.

Группа классов соответствует в горной местности высотным поясам (низкогорный, среднегорный, высокогорный), а на равнине – подзональным образованиям: южная тайга, средняя, северная. Группа характеризует специфические геоморфологические условия обитания, связанные с ландшафтными особенностями строения территории. На этом уровне определяется пространственное распределение ресурса (мозаичность), его доступность и концентрация.

Класс угодий объединяет формации (породы) и определяет видовой состав недревесных ресурсов, формирующийся на основе консортивных связей с главными породами (сосняки – маслята, белые грибы, брусника, глухарь; кедрачи – черника, соболев, белка; березняки – грузди, тетерев, копытные и т.п.). Могут выделяться смешанные классы угодий: светлохвойно-лиственные и темнохвойно-лиственные в разнотравных и крупнотравных типах леса. На уровне класса определяется биологическая урожайность лесной территории.

Группа типов угодий выделяется по сукцессионным циклам с использованием характеристики напочвенного покрова (лишайниковая, ягодная, мшистая, травянистая). Она определяет динамику формирования леса после гибели в результате пожара, вспышки шелкопряда или вырубки. Каждой группе соответствуют своя смена породного состава древесно-кустарниковой растительности и продолжительность возрастных стадий. Эти данные необходимы для прогнозирования сукцессионного состояния угодий и служат основой непрерывного мониторинга. Кроме того, характеристика напочвенного покрова позволяет оценить производительность ресурса по наличию ягодников и по косвенным признакам грибоносных площадей. Часть лесных территорий не имеет выраженных сукцессионных циклов, что характерно для пихтовых насаждений гор, а также болот.

Тип угодий представляет собой сукцессионную (возрастную) стадию развития леса и определяет более кратковременное состояние условий формирования недревесных ресурсов на одном участке. Сукцессионные ряды (группы типов угодий) подразделяются на четыре типа угодий: открытый травяно-кустарниковый (гари, вырубки, ветровал, редины), молодняк (I класс возраста), жердняк (II класс возраста) и взрослый (III–VI класс возраста). Этот уровень генерализации угодий позволяет определить заготовительную продуктивность угодий конкретного участка и дать прогноз урожайности на 10-20 лет.

Выделение подтипа угодий связано с сезонной изменчивостью погодных условий их фенологии, которые в основном корректируют урожайность ресурсов не только ягод и грибов, но и охотничьих животных, определяя динамику их численности. Этот уровень классификации разработан в меньшей степени. Предлагается три варианта: засушливый, влажный и средний сезон. В дополнение возможно более сложное фенологическое деление: ранняя (поздняя) весна (осень), они же дождливые или сухие. Для упрощения необходимо выявить основные зависимости урожайности от фенологических явлений и включать в классификацию только их. Следует отметить, что современное увлечение моделированием динамических процессов незаслуженно отодвинуло фенологию как науку о взаимосвязях, сезонной цикличности природных процессов в экосистеме.

Федеральный мониторинг недревесных ресурсов по разнообразию и общим запасам ведется на первых двух уровнях. Региональный – предусматривающий территориальное, административное распределение и слежение биологической урожайности ведется на следующих двух уровнях. Последний производственный уровень необходим для слежения за сезонной динамикой и оценки хозяйственной продуктивности.

Оценка продуктивности ресурсов. На основании региональных исследований проводится оценка продуктивности угодий в два этапа: по качественной балльной шкале, урожайности дикоросов и плотности населения охотничьих животных. Разделение угодий по бонитетам видов ресурсов проводится по потенциальной продуктивности, с учетом лимитирующих факторов, действующих в конкретных условиях. Это позволяет определить затраты на биотехнику и дифференцировать арендную плату в зависимости от ресурсной емкости лесного участка, а также контролировать эффективность использования каждого вида ресурса, сравнивая потенциальную и современную продуктивность.

Основным критерием разделения угодий по бонитетам является их производительность, определяемая по наличию и состоянию ягодников, кормовых условий и защитных свойств местообитаний охотничьих видов, косвенных признаков грибоносных площадей. Для оценки используется 4-балльная шкала, которая предполагает региональную разработку и применение. К первому классу бонитета относятся наиболее производительные угодья с максимальной урожайностью и ее стабильностью для оцениваемой территории. Второй класс имеет средние показатели, третий – низкие. Четвертый класс бонитета присваивается угодьям, где никогда не бывает данного вида ресурса. Для условий Сибири с небольшим разнообразием угодий и перечнем ресурсов использование более детальных, универсальных для всей России бонитировочных шкал нецелесообразно. Опыт применения в Сибири разработанной в европейской части страны шестибалльной шкалы продуктивности охотугодий выявил ее непригодность [1]. Так, в Забайкалье (Ингодинский лесхоз) по плотности зверей все биотопы изобря вошли в 4 и 5 классы несмотря на высокую продуктивность в регионе. Введение еще более дробной, десятибалльной, шкалы для всей России тоже необоснованно [2], поскольку это ведет к попытке замены качественного значения на количественное. Кроме того, при практическом ее применении в охотустройстве возникнут сложности в определении классов и создадутся предпосылки к субъективной оценке. Охотустроителю необходимо будет знать весь спектр качества биотопов, например, соболя от Камчатки до Урала, чтобы объективно определить класс бонитета в конкретном хозяйстве относительно всей России. Для оценки дикоросов балльная оценка обычно не применялась, поскольку собственно хозяйствования в отношении этого вида ресурса не велось, и он эксплуатировался при его наличии в форме собирательства.

Для количественной оценки продуктивности угодий применяется шкала урожайности, также разработанная для однородных региональных условий, где каждому бонитету соответствует плотность охотничьих видов или урожайность дикоросов. Различия между показателями урожайности по классам бонитетов обычно принимаются двукратные. При наличии контрастных биотопов, что свойственно, например, заболоченной территории Западной Сибири, различие между бонитетами может быть выше.

Хозяйственно доступный урожай определяется в зависимости от динамики численности охотничьих видов и емкости угодий, а для дикоросов – от сезона созревания и сохранения урожая с учетом удаленности и возможности первичной переработки [3].

Таким образом, для каждого однородного ландшафта или хозяйства в процессе проектирования его деятельности разрабатываются типологическая схема, бонитировочная таблица и шкала плотности, которые позволяют с учетом региональных особенностей формирования недревесных ресурсов провести их оценку и определить хозяйственно возможную продуктивность. Предлагаемая система трехуровневой корректировки оценки продуктивности угодий повышает точность определения недревесных ресурсов, а ее апробация в различных природных условиях Сибири показала высокую технологичность и практическую значимость, особенно при проведении комплексной оценки лесных ресурсов при лесоустройстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилов Д. Н., Русанов Я. С., Рыковский А. С. и др. Основы охотустройства. М.: Лесн. пром-ть, 1966. 329 с.
2. Линейцев С. Н., Рассолов А. Г. Оптимизация охотхозяйственного природопользования таежной зоны Сибири. Абакан: ООО «Кооп. «Журналист»», 2001. 88 с.
3. Шишкин А. С., Владимирова Г. А. Устройство комплексных лесохозяйственных хозяйств. Учебное пособие. Красноярск: СибГТУ, 1999. 96 с.

УДК 591.521

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА МЕСТООБИТАНИЙ НАЗЕМНЫХ ПОЗВОНОЧНЫХ

А.С. ШИШИКИН

Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Создана классификационная схема для выделения пространственных контуров, учитывающих особенности структуры ландшафтов. За основу взят бассейновый подход, согласно которому водосборная поверхность порядка притоков соответствует размеру территориального освоения животными.

На современном этапе изучения природных систем наиболее актуальной областью становится исследование пространственных структурно-функциональных связей. Это вызвано необходимостью получения количественной информации о численности и продуктивности зоокомплексов, особенно

промысловых видов. Сложный комплекс зависимостей вида от среды обитания обусловлен консортивными связями, формирующими видовое разнообразие биоценоза на фоне структурных элементов ландшафта. Кроме пространственной структуры, на население животных большое влияние оказывают временная цикличность погодных условий и сукцессий растительности, которые определяют динамику экологических условий. Временные изменения проявляются через эффект запаздывания и в значительной степени усложняют моделирование функционирования экосистем. Наши исследования направлены на создание классификационных схем для выделения пространственных контуров и временных стадий, учитывающих особенности структуры ландшафтов. В течение более 30 лет в различных природных зонах, от полупустынь Монголии до лесотундры, и географических странах, от Западной Сибири до Якутии, изучались особенности строения ландшафтов и население наземных позвоночных. В работе широко использовались материалы космической съемки и современные способы обработки изображения (ГИС). Полученные результаты нашли применение при проектировании ООПТ и охотничьих хозяйств, а также оценке различного антропогенного воздействия на природные системы в результате рубки леса, добычи угля, золота, нефти, создания водохранилищ ГЭС.

В настоящее время сложилось три направления оценки структуры местообитаний животных. Первое – средообразующее – основано на типизации растительного покрова и предполагает наличие биоценологических связей с животными [1]. Для него используют картографическую основу климата, геоморфологии, растительности, насыщая зоологической информацией в соответствии с известной экологией животных и по материалам выборочных учетных работ. Классификация территории по биотопическому принципу позволяет в дальнейшем репрезентативно закладывать учетные маршруты для получения количественных показателей численности животных, их стациального размещения и последующей экстраполяции полученных данных. В предлагаемом варианте карта местообитаний животных служит своеобразной контурной основой для заполнения зоологической информацией. Критерием достоверности выделенных контуров является типичность населения животных по видовому составу, половозрастной структуре и динамике численности. Наибольшее применение это направление получает при проведении охотоустройства [2] и оценке воздействия различных форм нарушений прежде всего на местообитаниях животных.

Второе – функциональное ранжирование по наличию и использованию животными элементов ландшафта для укрытия, корма, миграций, гнездования, зимовок и т.п. [4]. Это направление предполагает очень хорошую изученность зоологических комплексов в результате многолетних стационарных наблюдений и обычно используется при исследованиях в заповедниках.

Третье – экосистемная оценка закономерностей организации местообитаний на основе бассейнового принципа классификации [3, 7, 12]. Это современное и наиболее сложное представление о пространственной структурной организации экосистемы, в котором гидрологическая сеть и выработанные ею поверхности представляют собой закономерно сочетающуюся функциональную разномасштабную среду обитания животных. Бассейны различных притоков – это своеобразная «матрешка», в которой в зависимости от размера освоения территории определенного вида в течение некоторого отрезка времени находится жизненный ресурс.

Каждое из этих направлений развивается на основе различных областей знаний (лесоведение, экология животных, ландшафтоведение) и в совокупности позволяет создать пространственную и временную модель условий обитания животных.

Наземные позвоночные активно используют пространство для поиска оптимальных условий обитания. Перемещения наиболее закономерны в суровых климатических условиях, требуют больших энергетических затрат. Их следует признать как вынужденное поведение. Набор биотопов, их пространственное размещение и представленность определяют степень пригодности для обитания популяционных группировок животных. В зависимости от продолжительности освоения, оседлости и размера индивидуальных и семейных участков обитания определяются уровни генерализации местообитаний позвоночных. Структура ландшафтов и их внутренняя биотопическая мозаика, в свою очередь, определяют режим пространственного освоения.

В лесотундре межсезонные перемещения всех крупных и средних животных обусловлены динамикой климатических условий, а внутри сезона – кормовыми и защитными свойствами местообитаний. Распределение мелких млекопитающих с подснежным образом жизни полностью зависит от глубины и состояния снежного покрова. Он регулирует выживаемость зверьков как абиотический фактор и одновременно определяет распространение кустарниковой и травянистой растительности как биотического фактора численности зверьков. В условиях равнинной тайги преобладают кормовые перемещения и в большей мере проявляется комплекс биотических факторов средообразования. Здесь отсутствуют жесткие географические рамки формирования структуры местообитаний, обусловленные проявлением климатических условий. Перераспределение животных в большей степени связано с сукцессионными изменениями свойств биотопов. В горах ведущим фактором структурной организации местообитаний животных служит наиболее стабильный средообразующий

рельеф. Он корректирует зональный климат, определяет распространение формаций и биотопическую мозаику на уровне бассейнов водосборов. Горные территории более привлекательны для обитания животных, чем равнинные, поскольку высотная и экспозиционная составляющие позволяют предложить набор сезонных стадий в пределах суточного участка обитания даже для средних по размеру зверей. При этом чем сильнее сжаты высотные пояса (хр. Танну-Ола), тем выше мозаика и продуктивность населения позвоночных.

По структурным особенностям пространственного формирования местообитаний нами выделяется три типа бассейнов. Для заболоченных и тундровых ландшафтов с низкой лесистостью (р. Юган, Западная Сибирь) характерна концентрация лесов по речным валам поймы и дренированным склонам долин [5]. В засушливых условиях степей древесная растительность также сосредоточена в долине (р. Тес-Хем, Тува). Оба варианта демонстрируют контрастный тип бассейнов с сочетанием открытых и залесенных участков, где ведущая роль в формировании лесных зоокомплексов отводится гидросети. Она объединяет животное население, а безлесные водоразделы создают условия для изолированности лесных долин.

Для бассейнов таежных ландшафтов структурное разнообразие ограничивается сочетанием древесных формаций и их сукцессионного состояния, приуроченных к определенным геоморфологическим поверхностям. Это формирует достаточно однородные лесные условия обитания, поэтому население отдельных элементов бассейна отличается только по плотности.

В горных регионах с резко континентальным климатом (Тува, Забайкалье) образуются низкопродуктивные котловины с тундровым ерниковым типом растительности. Ведущими по продуктивности и структурно-функциональной значимости выступают водораздельные поверхности, где наблюдается сочетание леса и фрагментов остепненных склонов. Это обуславливает наиболее мозаичный тип горных лесных бассейнов. Каждый из выделенных типов бассейнов – контрастный, однородный, мозаичный – имеет свой набор местообитаний со специфичной структурной мозаикой и жестко обусловлен геоморфологическим строением бассейна и его зональным положением.

Масштаб выделения структурно-функциональных местообитаний соответствует уровню ландшафтных урочищ и отличается по видовому составу и плотности населения животных [11]. На уровне фаций выделяются три типа стадий, различных по набору видов, режиму обитания, плотности населения, популяционным характеристикам (табл. 1). Оптимальная стадия характеризуется постоянным населением с высокой продуктивностью и сохраняет воспроизводственное ядро популяции; обычно это сложившиеся взрослые насаждения. Стадии расселения, куда мигрируют молодые особи, как правило, занимают большую часть территории и имеют динамичное население по причине нестабильности условий обитания, связанных с климатической цикличностью, биотопической (кормовой), биоценотической (хищники, конкуренты) или сукцессионной. На непродолжительное время в этих стадиях может формироваться плотность выше, чем в оптимальных. Наиболее типичный пример подобного типа угодий – заселение зарастающих гарей и вырубков фитофагами. Стадии экологического риска обладают высокими экологическими свойствами и привлекают животных, но ежегодно там действует элиминирующий фактор: чаще это паводки в поймах рек. Для промысловых видов такие стадии соответствуют местам отстрелов или высокой доступности хищникам.

Таблица 1. Классификационная схема структурно-функциональных местообитаний

Зона	Рельеф	Структура	Местообитание	Геоморфа	Стадия
Лесотундровая Лесная Лесостепная	горный равнинный	пальчатая, веерная перистая кольцевая и т. п.	центральное контактное проходное комплексное однородное	долина склон водораздел	оптимума риска расселения

При выделении структурно-функциональных местообитаний по бассейновому принципу наиболее крупномасштабным, элементарным блоком являются водосборы первого порядка. Эт поверхность ключей с протяженностью русла 1,5-2,0 км, что соответствует семейному участку средних по размеру зверей и птиц (соболь, заяц, рябчик) и микропопуляции мелких млекопитающих. Физиономически бассейны ключей обычно имеют лопастное изображение, иногда струйчатый рисунок.

Второй уровень генерализации имеет ветвистый или гребенчатый рисунок, и в его бассейн входят притоки первого порядка с объединенным руслом небольшой речки протяженностью до 10 км. По масштабам освоения это сезонная стадия наиболее крупных животных (лось, медведь).

Бассейн притока третьего порядка может объединять несколько формаций растительности и служить годовым участком обитания крупных, микропопуляции средних и популяций мелких животных. Для последних возможно разделение населения водным рубежом на право- и левобережную часть. По протяженности русла этот уровень бассейна может достигать 100 км.

Основной признак четвертого порядка – пересечение природных зон и формационное

разнообразие по берегам. На этом уровне описываются общепринятые в зоогеографии комплексы (ареалы) животных в масштабе 1:1 000 000 и более.

Разработанная схема структурно-функциональной организации местообитаний с использованием бассейнового принципа ландшафтного деления апробирована при решении разнообразных задач: разработке схемы развития ООПТ Красноярского края [6] и отдельных территорий [9, 11], проектировании охотхозяйственной деятельности [8], оценке техногенного воздействия [10].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Владышевский Д. В.* Экология лесных птиц и зверей. Новосибирск: Наука, 1980. 260 с.
2. *Данилов Д.Н., Русанов Я.С., Рыковский А.С. и др.* Основы охотоустройства. М.: Лесн. пром-ть, 1966. 329 с.
3. *Кельбешев Б. К.* Этолого-экологическое обоснование бонитировки и картирования беличьих угодий Саянской тайги: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.02.03. М., 1988. 25 с.
4. *Кузякин В. А.* Охотничья таксация. М.: Лесн. пром-ть, 1979. 198 с.
5. *Седых В. Н.* Аэрокосмический мониторинг лесного покрова. Новосибирск: Наука, 1991. 239 с.
6. *Соколов В. А., Шишкин А.С., Втюрина О.П., Онучин А.А., Фарбер С.К.* Развитие региональных систем охраняемых природных территорий. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 131 с.
7. *Шишкин А.С., Космаков И.В.* Бассейновый принцип природных классификаций / Мат. науч. конф. «Актуальные вопросы геологии и географии Сибири». Томск, 1998. С. 225–227.
8. *Шишкин А.С., Данилин И.М.* Паспортизация охотничьих угодий административных районов (на примере Курагинского района Красноярского края) // Лесная таксация и лесоустройство. Межвуз. сб. науч. тр. Красноярск: СибГТУ, 1998. С. 264–279.
9. *Шишкин А.С., Хританков А. М., Морозов П. П.* Классификация местообитаний животных с помощью бассейнового метода // ГИС в научных исследованиях заповедников Сибири: Мат. докл. межд. науч. конф. – Красноярск: ЦОП «Принтрэйд», 2001. С. 156–162.
10. *Шишкин А. С., Орешков Д. Н.* Структура местообитаний наземных позвоночных на северо-западе плато Путорана // Животное население растительности северо-западной Монголии и бореальных лесов, лесостепей Средней Сибири. Вып. 2. Красноярск: РИО КГПУ, 2002. С. 237–247.
11. *Шишкин А. С.* Местообитания животных заповедника «Юганский» // Лесная таксация и лесоустройство. Межд. науч.-практ. журн., 2005, 1(34). С. 149–159.
12. *Шишкин А. С.* Ландшафтно-экологическая организация местообитаний лесных охотничьих животных в Сибири: Автореф. дис. ... докт. биол. наук: 03.00.16. Красноярск, 2006. 237 с.

УДК 630*

ЛЕСОРЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ: СУТЬ И НЕОБХОДИМОСТЬ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ

А.М. ШУБАЛЫЙ, Н.М. ВАСИЛИК

Луцкий национальный технический университет, Луцк, Украина

АННОТАЦИЯ

Исследованы мнения ученых относительно сути понятия «лесоресурсный потенциал» и его элементов, направлений использования в хозяйственной практике; обоснована необходимость обеспечения его комплексного освоения в условиях рыночных отношений. При определении стратегических направлений освоения лесоресурсного потенциала предложено учитывать региональную специфику.

Важным компонентом природно-ресурсного потенциала экономической системы является лесоресурсный потенциал, который охватывает всю совокупность ресурсов леса и его характеристик, поскольку наряду с хозяйственным значением они выполняют ряд экологических и социальных функций. Леса Украины – специфическая составляющая экономической безопасности и жизненного пространства. Они положительно влияют на развитие национальной экономики, социальной сферы и улучшение экологической ситуации. Наивысшей эффективностью леса характеризуются при условии достижения оптимального породного состава древостоев, вековой структуры и рационального размещения в территориальном разрезе.

Лесные насаждения являются своеобразным экологическим каркасом страны. Они продуцируют около 80 % биомассы и 60 % репродуктивного кислорода, обеспечивая вместе с другими типами растительности функционирование биосферы и поддержку экологического равновесия. Леса играют чрезвычайно важную роль в жизни человека: смягчают климат, создают комфортные зоны с летними температурами и оптимальной влажностью воздуха, защищают от солнечной радиации. Благодаря процессу фотосинтеза лесные насаждения способствуют стабилизации газового состава воздуха, в процессе которой поглощается углекислый газ и выделяется кислород. Лесная растительность выделяет

фитонциды – легкие эфирные вещества, которые уничтожают болезнетворные бактерии и вредную микрофлору, и абсорбирует загрязняющие воздух вредные вещества [1].

По мнению А. Голуба и Е. Хлобыстова, лесоресурсный потенциал – это совокупность сырьевых ресурсов и полезных свойств лесов, которые на данное время активно используются или в перспективе могут быть использованы для удовлетворения разнообразных потребностей общества. Но, как свидетельствует Государственный лесной кадастр Украины, экономическая оценка лесных угодий как целостного комплексного природного объекта не проводится. Следовательно, можно утверждать, что лесоресурсная составляющая национального богатства официально не оценена или недооценена в стоимостных показателях. Более или менее реально оценивается по специальным таксовым ценам спелая древесина на корне при отведении в рубки главного пользования. Существует целый пакет вопросов относительно оценки древесины, которая вырубается в ходе рубок, связанных с ведением лесного хозяйства, и оценки земель лесного фонда [2].

Вместе с тем Я. Коваль, А. Карпук и И. Евтушенко рассматривают лесоресурсный потенциал как неотъемлемую составляющую национального богатства страны. Доказано, что лесные ресурсы имеют наивысшую эффективность при условии их рационального размещения, оптимального породного состава, вековой структуры и высокой производительности. По стойкости влияния на окружающую среду леса преобладают над другими экосистемами Земли. Леса являются мощнейшими растительными группировками, что положительно влияет на водорегулирующие процессы, почвообразование, флору, фауну, климатический режим местности. Лесам присуще максимальное свойство стабилизации естественных процессов как на локальном, региональном, так и на глобальном уровнях. Леса – незаменимая составляющая эколого-экономической безопасности, нейтрализации вредного воздействия последствий жизнедеятельности человечества, в том числе стабилизации радиоэкологического состояния загрязненных территорий. На современном этапе экономического развития проблема комплексного освоения лесоресурсного потенциала и воссоздания лесных ресурсов остается особенно актуальной.

С позиции комплексного подхода сегодня четко прослеживаются основные недостатки лесной политики, стратегические и тактические просчеты, которые имели место в системе использования лесоресурсного потенциала: уничтожение лесов в прошлом и необоснованное потребительское отношение к ним в послевоенные годы. Последствиями научно не обоснованной лесной политики и стратегических просчетов стали: активизация эрозийных процессов, которые привели к потере значительной части украинских черноземов, плодородных почв и биоразнообразия; заиливание больших и пересыхание многих малых рек; массовые появления подвижных песков, пылевых бурь, засух, в горных условиях Карпат – наводнений, грязевых потоков и других негативных природных явлений [4].

Лесоресурсный потенциал можно рассматривать также с точки зрения имеющихся у страны возможностей организовать рациональное использование лесных ресурсов с перспективой на будущее. Поэтому, по нашему мнению, наиболее точную характеристику лесоресурсного потенциала может определять именно лесной фонд, под которым принято понимать количественное и качественное состояние лесных земель и природных ресурсов леса. Он имеет большое значение в экономике страны и оказывает существенное влияние на развитие многих отраслей промышленности, сельского хозяйства, транспорта, строительства, охраны здоровья, туризма, организации отдыха и т.д. В земельном фонде Украины лесной фонд занимает второе место, или около 16 % территории страны [3].

В соответствии с Лесным кодексом Украины леса по экологическому и социально-экономическому значению и в зависимости от основных выполняемых ими функций разделяются на такие категории:

- 1) защитные леса (выполняют преимущественно водоохранные, почвозащитные и другие защитные функции);
- 2) рекреационно-оздоровительные леса (выполняют преимущественно рекреационные, санитарные, гигиенические и оздоровительные функции);
- 3) леса природоохранного, научного, историко-культурного назначения (выполняют особые природоохранные, эстетические, научные функции и т. п.);
- 4) эксплуатационные леса.

Основным источником информации о лесоресурсном потенциале страны, отдельных регионов и лесопользователей является Государственный лесной кадастр, который включает следующее:

- 1) учет качественного и количественного состояния лесного фонда Украины;
- 2) деление лесов на категории в зависимости от основных выполняемых ими функций;
- 3) денежную оценку лесов (в необходимых случаях);
- 4) другие показатели [6].

Общепризнанными являются следующие принципы лесопользования: непрерывность, неистощимость и комплексность. Кроме того, следует учитывать, что каждый регион имеет определенные количественные и качественные особенности использования лесоресурсного потенциала, а также ограничения относительно его освоения. Например, леса Полесья и Карпат имеют

преимущественно хозяйственное значение, а леса Крыма – природоохранное. Соответственно этим характеристикам и должна строиться региональная политика комплексного освоения лесоресурсного потенциала. К сожалению, нередко эти, казалось бы, очевидные правила игнорируются. Как результат, сегодня, с одной стороны, ряд исследователей предлагают вообще на определенный период остановить хозяйственное использование лесов, а другие, наоборот, – разрешить полномасштабное лесопользование в лесах, которые имеют природоохранное значение. Понятно, что для решения этой проблемы нужен рационалистический подход. В ходе исследования процессов лесопользования на определенной территории нужно детально изучить особенности размещения и качественного состава лесных ресурсов.

Лес является объектом пользования и объектом хозяйственной деятельности не только в зрелом возрасте, но и на всем протяжении воспроизводственного цикла. Он несет в себе природные, материальные полезности, в то время как лесосеки, которые возобновляются после рубок главного пользования, используются для заготовки лекарственных растений, ягод, плодов или служат кормовой базой пчел и диких животных, выступают в роли рекреационных объектов. Также происходит процесс промежуточного пользования, начиная от первых рубок ухода, при которых возможно частичное использование заготовленной древесины.

Лесные ресурсы обеспечивают получение не одного, а множества продуктов: древесины от рубок главного и промежуточного пользования, побочных продуктов недровесного растительного и животного происхождения, невещественных потенциальных продуктов (в виде многосторонних полезных функций). Как самостоятельный структурный компонент биосферы и объект экономики, лес непрерывно дает совокупность взаимосвязанных между собой и внешней средой общественно полезных благ.

По мнению Ю. Туныци, И. Гунянского и В. Вереса, лесоресурсный потенциал лесохозяйственного комплекса следует рассматривать в виде взаимосвязанных между собой и внешней средой четырех обязательных компонентов (они условно обозначены начальными буквами греческих и латинских слов – «дерево», «гриб», «фауна», «рекреация»):

- ресурсы древесины (D), к которым относится ствольная древесина, ветви, суки, кроны деревьев, древесная зелень, пневая и корневая древесина, кора и другие потенциальные продукты древесинного происхождения;

- ресурсы недровесного растительного происхождения (M): грибы, ягоды, плоды, лечебное и техническое сырье, сенокосы, кормовые ресурсы пчеловодства и т. п.;

- ресурсы животного происхождения (F), то есть фауна – охотничья, биологически полезная (птицы и звери) и вредная (природные вредители леса, в частности, насекомые), а также микроорганизмы;

- специфические материальные ресурсы невещественного происхождения (услуги) (R): рекреационная (оздоровительная) полезность лесных массивов, влияние леса на уровень почвенных вод, защита почв от эрозии, регуляция водостока, повышение урожайности сельскохозяйственных культур, продуцирование кислорода, насыщение воздуха фитонцидами, очистка воздуха от вредных газов и т.д. [5].

Комплексное освоение лесоресурсного потенциала должно способствовать повышению экономической эффективности функционирования лесохозяйственного комплекса, увеличению объема, номенклатуры и ассортимента его продукции и услуг, снижению расходов на получение комплекса общественно полезных благ при сохранении и улучшении условий окружающей среды. Это, в свою очередь, должно привести к сокращению расходов на воссоздание лесных ресурсов и тем самым к экономии совокупных расходов общественного труда. Практика показывает, что посредством традиционных экономических методов невозможно объективно и полно оценить деятельность предприятий по использованию и воссозданию лесных ресурсов. Более объективной является эколого-экономическая оценка. С точки зрения комплексного использования лесных ресурсов и принципов их эколого-экономической оценки нужно учитывать возможность многостороннего использования одних и тех же лесов. Лес является средством труда в сельском, водном и других хозяйствах; он же может быть первичным материалом в лесной промышленности и т.д.

С учетом вышеизложенного принципиальное значение имеет выработка общей позиции всех заинтересованных в стабильном развитии лесного хозяйства сторон – институтов государственной власти и рыночных институтов, научно-исследовательских организаций, местных общин – относительно выбора стратегических направлений и приоритетов освоения лесоресурсного потенциала. Значение также имеет учет региональной специфики освоения лесоресурсного потенциала, ведь мероприятия, приемлемые для одних регионов, могут быть неадекватными для других. Поэтому с целью выявления характерных для отдельного региона или их совокупности причин возникновения проблемных моментов необходимо провести комплексный анализ тенденций и закономерностей развития лесохозяйственного комплекса и выбрать приоритетные направления обеспечения комплексного освоения лесоресурсного потенциала.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Голуб А.* О лесе та его стоимости // Вече, 1997, 9. С. 15.
2. *Голуб А., Хлобыстов Е.* Усовершенствование оценки убытков, причиненных лесному хозяйству в результате нарушения природоохранного законодательства и чрезвычайных ситуаций // Региональная экономика, 2003, 1. С. 239-245.
3. *Генсирук С.А.* Леса Украины. М.: Лесная пром-ть, 1976. 280 с.
4. *Коваль Я.В., Карпук А.І., Евтушенко І.А.* Лесоресурсная стратегия в контексте сбалансированного (устойчивого) развития // Экономика природопользования и охраны окружающей среды: Сб. науч. тр. К.: РВПС Украины НАН Украины, 2002. С. 84–93.
5. *Комплексное лесное хозяйство* / Ю.Ю. Туныця, И.И. Гунянский, В.Ф. Верес и др. М.: Агропромиздат, 1987. 215 с.
6. *Лесной кодекс Украины* в редакции Закона Украины № 3404-IV от 08.02.2006 г. // Сведения Верховной Рады, 2006, 21. С. 170,

БИОСФЕРНЫЕ ФУНКЦИИ ЛЕСА И НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ЭКОСИСТЕМНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСАМИ

УДК 630×114.68:630×43

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕСТРУКЦИЯ УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ ПОСЛЕ ПОЖАРОВ РАЗНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ В СВЕТЛОХВОЙНЫХ ЛЕСАХ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

А.В. БОГОРОДСКАЯ

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Исследована микробиологическая деструкция углерода в почвах после пожаров разной интенсивности в светлохвойных лесах Средней Сибири.

Почвенные микроорганизмы играют важную роль в функционировании лесных экосистем Сибири, поскольку своей жизнедеятельностью формируют до 80-90 % минерализационного потока углерода наземных экосистем, способствуют гумификации растительных остатков и участвуют в циклах превращения азота в почве, обеспечивая растения необходимыми элементами минерального питания. Поэтому для оценки особенностей биологического круговорота азота и углерода в лесных экосистемах необходимо иметь представление о составе микробных сообществ, преобладающем развитии тех или иных эколого-трофических и функциональных групп микроорганизмов, их численности, продуктивности, таксономическом составе и физиологических особенностях.

Лесные пожары в бореальных лесах Сибири являются естественно-историческим фактором развития современных лесных сообществ и направленности процессов почвообразования [1-2]. Известно, что в результате пожаров существенно изменяются физико-химические свойства, механический состав и гидротермический режим почв [3-4], а также происходит изменение количества и качества органического вещества [5], что оказывает непосредственное влияние на биологические свойства почв.

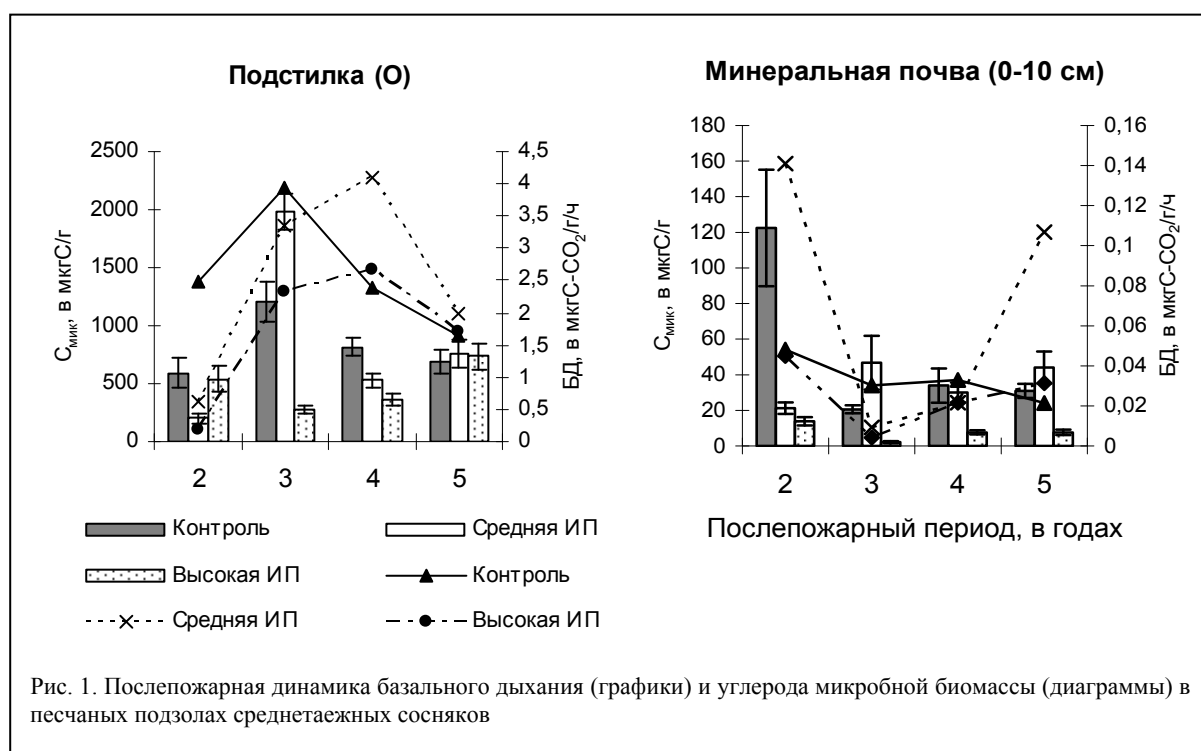
Основное количество пожаров по числу и площади приходится на светлохвойные леса Средней Сибири [6], чем объясняется актуальность исследования в этой зоне темпов микробиологической деструкции углерода в почвах после пожаров с известными количественными параметрами, характеризующими интенсивность огня.

Исследования проводились в 2000 – 2008 гг. в среднетаежных (60°38' с.ш. и 89°44' в.д.) и южнотаежных (58°35' с.ш. и 98°55' в.д.) кустарничково-лишайниково-зеленомошных сосняках и южнотаежных (58°36' с.ш. и 98°57' в.д.) мелкотравно-зеленомошных лиственничниках Средней Сибири. На участках по 4 га (в лиственничниках по 1 га) в 2000 – 2007 гг. проведена серия пожарных экспериментов, представляющих собой контролируемые выжигания, максимально приближенные к естественным пожарам. Изучение микробиологической деструкции углерода проводилось на 14 экспериментальных участках, пройденных пожарами разной интенсивности [7]. К низкоинтенсивным отнесены пожары с интенсивностью кромки огня ≤ 2000 , к среднеинтенсивным – 2001-4000, к высокоинтенсивным – более 4001 кВт/м [6].

Выявлено, что пожары высокой и средней интенсивности в средне- и южнотаежных сосняках в первый год оказывают негативное влияние на структуру и функциональную активность микробных комплексов песчаных подзолов: снижается численность и биомасса микроорганизмов азотно-углеродного цикла, обедняется качественный состав, уменьшается интенсивность микробного дыхания, повышается олиготрофность почв в отношении азота. В последующие годы после пожаров высокой и средней интенсивности в сосняках средне- и южнотаежных отмечается процесс постепенной стабилизации структуры микробных комплексов почв, активизируются микробиологические процессы минерализации опада, снижается олиготрофность, увеличивается видовое разнообразие микроорганизмов, восстанавливается активность функционирования гетеротрофного комплекса. При этом скорость послепожарного восстановления структуры и функциональной активности микробных комплексов почв определяется как первоначальной силой воздействия пирогенного фактора ($R^2 = 0,76$ при $P = 0,05$), так и особенностями динамики гидротермических и трофических условий почв изучаемых сосняков. Пожары низкой интенсивности в средне- и южнотаежных сосняках в первый год могут приводить к незначительному снижению численности и биомассы микроорганизмов в подстилке, в то время как в нижележащих горизонтах почвы они стимулируют процессы мобилизации азота и углерода. Уже через год после низкоинтенсивных пожаров отмечается положительная динамика биогенности и микробиологической активности почв. Усиление минерализации привнесенного органического

вещества, в свою очередь, обеспечивает необходимый уровень питания растений и улучшает трофические функции корней. Поэтому вместе с ростом биологической активности и улучшением трофического режима почв при пожарах низкой интенсивности в целом отмечается положительное влияние на темпы углеродного и азотного циклов, а следовательно, улучшаются и лесорастительные условия почв.

Динамика экофизиологических параметров (содержание микробной биомассы ($C_{\text{мик}}$) и интенсивность базального дыхания (БД)) свидетельствует о значительных и длительных нарушениях функционирования микробоценозов почв сосняков после пожаров средней и, особенно, высокой интенсивности. Вышеназванные величины восстанавливаются в подстилке среднетаежных сосняков до уровня контроля на пятый год после воздействия пожаров высокой и средней интенсивности, тогда как в верхнем минеральном слое почвы содержание $C_{\text{мик}}$ в 7 раз меньше контроля на участке после высокоинтенсивного пожара, а интенсивность БД имеет уровень в 10 и 3 раза выше контрольного после средне- и высокоинтенсивного пожаров соответственно (рис. 1). В подстилке южнотаежных сосняков через четыре года после высоко- и среднеинтенсивных пожаров величины $C_{\text{мик}}$ и БД в 2 раза выше контроля, тогда как в минеральном слое почвы (0-10 см) величина $C_{\text{мик}}$ немного снижена, а интенсивность БД выше в 4 и 2 раза соответственно для средне- и высокоинтенсивного пожаров. После низкоинтенсивных пожаров в сосняках экофизиологическое состояние микробоценозов восстанавливается в течение двух-трех лет.



Действие пожара высокой интенсивности на микробоценоз буроозема темного оподзоленного в южнотаежном лиственничнике неоднозначно в пределах одного участка: величина послепожарных изменений численности, биомассы и активности микроорганизмов зависит от степени прогорания подстилки и напочвенного покрова во время пожара, которая сильно варьирует и определяется неравномерным распределением горючих материалов, мозаичным характером произрастания напочвенного покрова и микрорельефом. Наибольшему воздействию пожара подвергались микробоценозы подстилки и верхнего 5 см слоя темного гумусового горизонта в зонах с сильным прогоранием: отмечено уменьшение на 50-80 % численности микроорганизмов изучаемых эколого-трофических групп, снижение на 85 % углерода микробной биомассы в подстилке и в 2 раза в верхнем слое темного гумусового горизонта. Интенсивность микробного дыхания сразу после пожара либо не менялась, либо незначительно увеличивалась (рис. 2).

В последующие два послепожарных года восстановление структурно-функциональной активности микробоценозов лиственничников определяется как степенью трансформации свойств почв, так и постпирогенными сукцессиями напочвенного покрова. Улучшение гидротермических и трофических условий почвы, обильное разрастание травянистой растительности оказывают благоприятное воздействие на функциональную активность микробоценоза буроозема темного оподзоленного в течение двух лет после пожара высокой интенсивности. Нарушение процесса минерализации-иммобилизации

органического вещества почвы отмечено только в зонах с сильным прогоранием подстилки и напочвенного покрова. Содержание $C_{\text{мик}}$ в верхних органических слоях снижено в 1,5-2 раза только в зонах с сильным прогоранием подстилки и напочвенного покрова, тогда как в зонах со средним и слабым прогоранием содержание $C_{\text{мик}}$ сравнимо с контролем. Интенсивность БД в подстилке и верхнем 5 см слое темногомусового горизонта несколько меньше во всех зонах. В слое 5-15 см параметры $C_{\text{мик}}$ и БД почти в 2 раза меньше контроля в зонах с сильным и средним прогоранием подстилки и НП (рис. 2). Через два года после высокоинтенсивного пожара содержание $C_{\text{мик}}$ в подстилке и верхнем 5 см слое темногомусового горизонта снижено почти в 2 раза только в зонах с сильным прогоранием, тогда как в зонах со средним и слабым прогоранием оно выше контроля в 1,5-2 раза. Интенсивность БД в подстилке и в верхнем 5 см слое темногомусового горизонта ниже контроля в 2-3 раза только в зонах с сильным прогоранием. Таким образом, послепожарное нарушение функциональной активности микробоценозов подстилки и верхнего слоя темногомусового горизонта бурозема темного оподзоленного наблюдается только в зонах с сильным прогоранием, где потеря почвенного органического вещества наблюдается в первый послепожарный год. В последующие два послепожарных года процессы минерализационно-иммобилизации органического вещества уравниваются и сравнимы с контролем.

Пожары низкой интенсивности в южнотаежных лиственничниках в первый год приводят к активизации микробиологических процессов минерализации органического вещества, но уже через год функциональная активность бурозема темного оподзоленного сравнима с контролем.

Микробные комплексы бурозема темного оподзоленного после пожаров разной интенсивности в южнотаежных лиственничниках быстрее восстанавливают свою функциональную активность, чем микробоценозы песчаных подзолов пирогенных сосняков той же лесорастительной зоны, что можно объяснить как более высокой допожарной трофностью бурозема темного оподзоленного, так и быстрым и обильным восстановлением напочвенного покрова в лиственничниках.

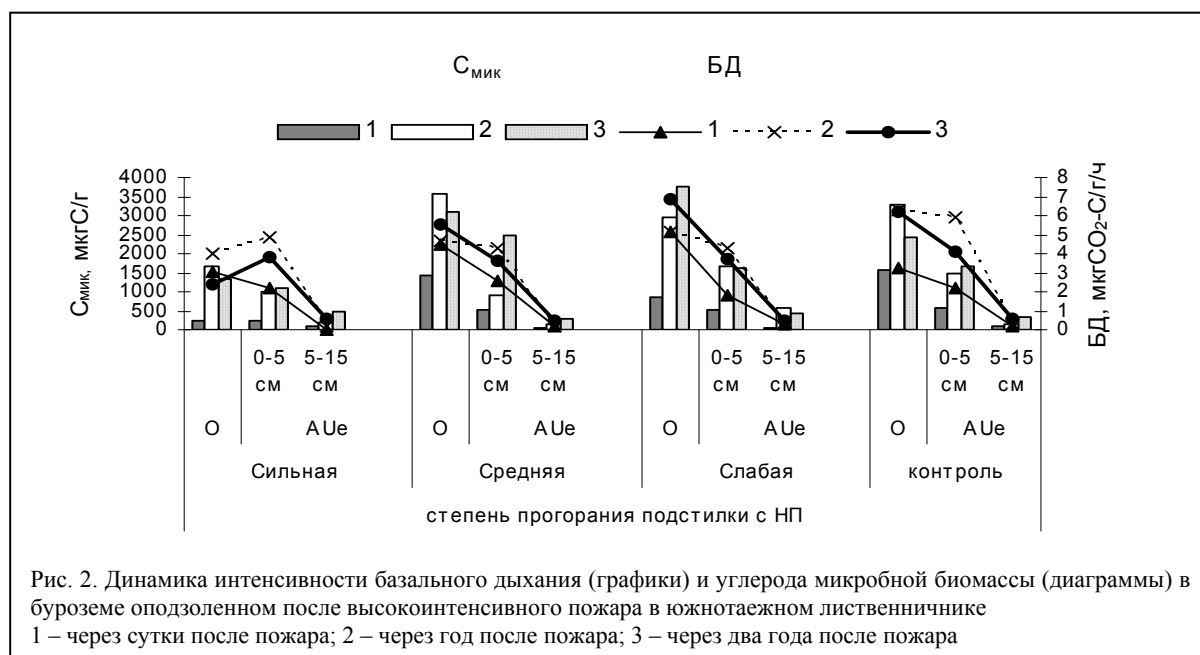


Рис. 2. Динамика интенсивности базального дыхания (графики) и углерода микробной биомассы (диаграммы) в буроземе оподзоленном после высокоинтенсивного пожара в южнотаежном лиственничнике
1 – через сутки после пожара; 2 – через год после пожара; 3 – через два года после пожара

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 07-04-00562); ISTC (проект № 3695).

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванова Г.А. Зонально-экологические особенности лесных пожаров в сосняках Средней Сибири: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 2005. 40 с.
2. Попова Э.П. Пирогенная трансформация свойств почв Среднего Приангарья // Сиб. экол. журн., 1997, 4. С. 413-418.
3. Фуряев В.В. Роль пожаров в процессе лесообразования. Новосибирск: Наука, 1996. 253 с.
4. Certini G. Effects of fire on properties of forest soils: a review // Oecologia, 2005, 143. Pp. 1-10.
5. Flannigan M.D., Amiro B.D., Logan K.A., Stocks B.J., Wotton B.M. Forest fires and climate change in the 21st century // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 2005, v. 11. Pp. 847-859.
6. Knicker H. How does fire affect the nature and stability of soil organic nitrogen and carbon? A review // Biogeochemistry, 2007, v. 85. Pp. 91-118.
7. McRae D.J., Conard S.G., Ivanova G.A., et al. Variability of fire behavior, fire effects and emissions in Scotch Pine Forests of Central Siberia // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 2006, 11. Pp. 45-74.

ИЗМЕНЕНИЕ ВОДНОГО БАЛАНСА ЛЕСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ В СВЯЗИ С АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИЕЙ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА

Т.А. БУРЕНИНА, Е.В. ФЕДОТОВА, Н.Ф. ОВЧИННИКОВА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

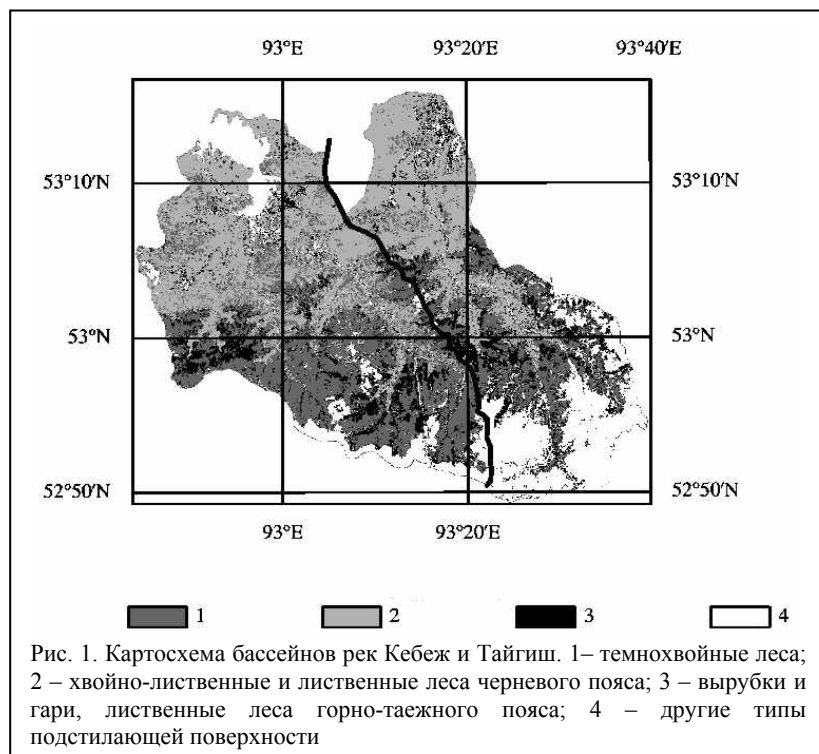
Для получения характеристик гидрологического режима исследуемых бассейнов рек северного макросклона Западного Саяна выделены природные комплексы с различными лесотаксационными и биометрическими признаками с использованием снимка Landsat. Получены воднобалансовые характеристики для различных высотных поясов комплексов с учетом современного состояния растительного покрова, проанализировано изменение структуры водного баланса по высотным поясам в связи с антропогенным воздействием на лесную растительность.

Освоение лесов рубками главного пользования приводит к уменьшению общей лесистости территории, росту доли молодняков и увеличению площадей, занятых производными мелколиственными насаждениями. Изменение структуры лесного покрова сказывается на трансформации гидрологического режима территорий и, прежде всего, на соотношении основных элементов водного баланса – суммарного испарения и стока.

Дифференциация растительного покрова бассейна и количественная оценка гидрологических функций растительных сообществ в бассейнах рек Тайгиш и Кебеж выполнялась с использованием данных дистанционного зондирования и ГИС-технологии. Снимки системы Landsat с пространственным разрешением 30 м позволяют достаточно детально провести разделение нарушенных рубками территорий и коренных ненарушенных лесов по спектральным характеристикам растительности.

На основе таксационных описаний Танзыбейского и Червизюльского лесничеств были выделены наиболее репрезентативные для бассейнов рек Кебеж и Тайгиш растительные сообщества:

- темнохвойные редколесья с полнотой насаждения 0,3;
- кедровые, кедрово-пихтовые насаждения, возраст от 200 лет, где в составе древостоя имеется от 3 единиц кедра по запасу;
- пихтовые насаждения, возраст от 100 лет, в составе древостоя пихта от 4 единиц и кедр;
- пихтовые насаждения, возраст 80-100 лет, в составе древостоя кедр и лиственные породы;
- смешанные насаждения из пихты, березы и осины, возраст 70-80 лет;
- лиственные насаждения с пихтой, возраст 50 лет, сформировавшиеся на месте вырубок;
- смешанные насаждения того же состава, но возраста 30, 20, 10 и 5 лет на местах рубок.



С учетом высотной поясной дифференциации бассейнов рек и выделенных растительных сообществ по летнему снимку Landsat 1999 года была выполнена классификация земной поверхности в пределах водосборных бассейнов рек Кебеж и Тайгиш. Для каждого из двадцати одного класса, соответствующего лесной растительности, рассчитывались биометрические показатели (фитомасса древесного яруса и живого напочвенного покрова). На рис. 1 представлен генерализованный результат классификации.

Установлено, что более 40 % от общей площади бассейна реки Кебеж и около 30 % от общей площади бассейна реки Тайгиш составляют леса,

нарушенные рубками и пожарами. Темнохвойные высокополнотные древостои сменились

производными насаждениями, преимущественно лиственными и хвойнолиственными. В основном вырублены темнохвойные леса в черневом поясе, являющиеся наиболее продуктивными. В бассейне реки Кебеж площадь нарушенных лесов в черневом поясе составляет 63,3 %, в горно-таежном – около 15 %. В бассейне реки Тайгиш эти площади по высотным поясам составляют 62 и 13 % соответственно.

Следует отметить, что в ходе долговременного проведения лесозаготовок (начиная с 50-х годов до середины 80-х годов XX века) структура лесного покрова в бассейнах рек Кебеж и Тайгиш претерпела значительные изменения: кедровые и кедрово-пихтовые леса были почти полностью вырублены. Они сменились производными насаждениями из пихты, осины и березы.

Как известно, изменение суммарного испарения по высотным поясам прежде всего связано с радиационным балансом территории, но в пределах высотных поясов величина испарения зависит от соотношения лесных и безлесных территорий, продуктивности фитоценозов. В работе использовались осредненные показатели интенсивности транспирации по основным лесным формациям и растительным сообществам безлесных территорий [1, 2, 3, 4, 8]. Для выделенных растительных сообществ рассчитывался расход воды на транспирацию. Сравнение величин транспирационного расхода по высотным поясам показывает, что основная доля в расходе на транспирацию приходится в черневом и горно-таежном высотных поясах. Количество влаги на транспирацию, которое тратится в черневом поясе, больше, чем в горно-таежном, что связано с пространственной структурой древостоев различной продуктивности, а также тем, что в горно-таежном поясе значительные площади заняты скалами и каменистыми россыпями. В пределах высотных поясов соотношения расходов влаги на транспирацию рассматриваемыми растительными сообществами значительно различаются (рис. 2).

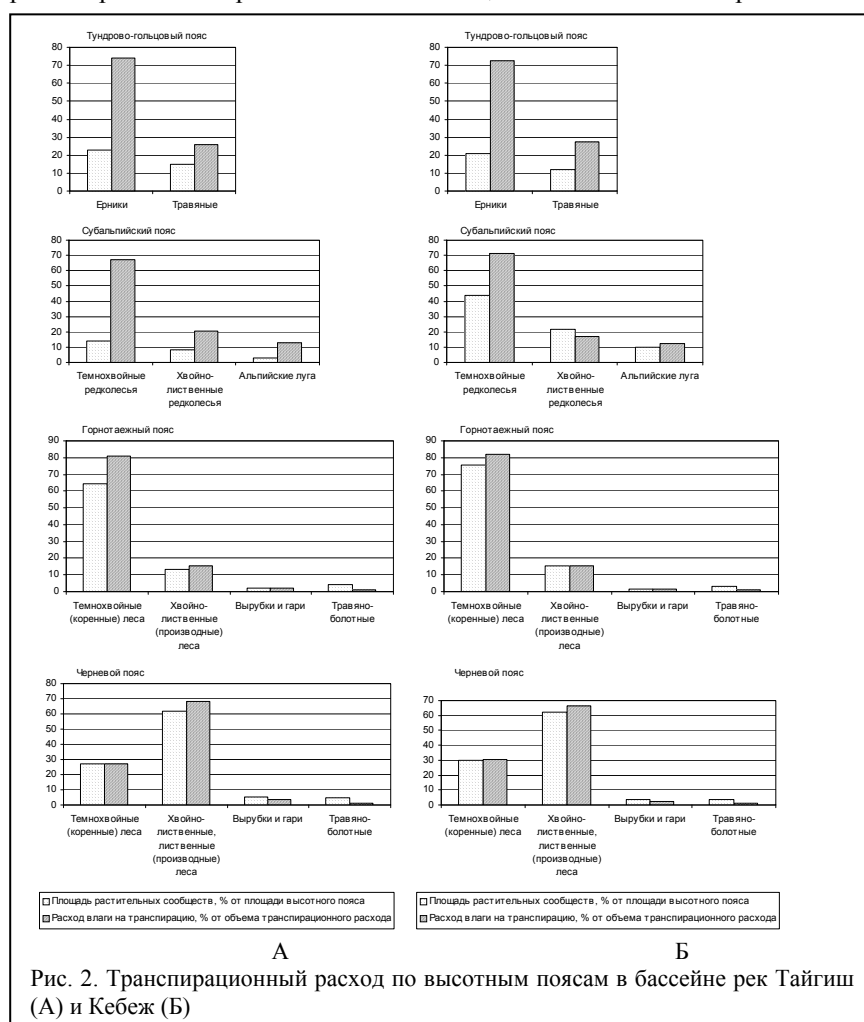


Рис. 2. Транспирационный расход по высотным поясам в бассейне рек Тайгиш (А) и Кебеж (Б)

Распределение транспирационного расхода между типами растительных сообществ в пределах каждого пояса определяется запасами транспирующей фитомассы этих сообществ и интенсивностью транспирации растений. В черневом рассматриваемых водосборных бассейнов более 60 % территории занято производными лесами, в составе которых значительную долю составляют березовые и осиновые леса. Как известно, транспирация этих пород в 1,5-2 раза выше, чем хвойных. Кроме этого, продуктивность лесов черневого пояса выше аналогичных древостоев горно-таежного пояса. Поэтому величины расхода влаги на транспирацию растительных сообществ, принадлежащих к одному типу, различаются для разных высотных поясов.

Анализируя данные по задержанию жидких атмосферных осадков пологом древостоя, следует отметить увеличение количества задержанных кронами деревьев осадков с возрастанием доли хвойных в составе насаждений. С увеличением запаса стволовой древесины перехват резко возрастает, особенно в интервале от 20 до 150 м³/га. Это связано с увеличением площади поверхности листвы и ветвей. Этим же обусловлено и то, что при одинаковых запасах молодняки перехватывают осадков больше, чем спелые древостои [6].

Что касается твердых осадков, лиственные породы задерживают снега значительно меньше, чем

хвойные. В первую очередь это относится к березнякам, где коэффициенты снегозапасов близки к 1,0 [7]. Поэтому количество задержанных древесным пологом осадков зависит, прежде всего, от породного состава, возраста и запаса насаждений. Расчетные данные по испарению осадков, задержанных древесным пологом, получены на основании зависимостей суммы перехваченных осадков от биометрических параметров древостоев [5, 6]. Наибольшие значения задержанных осадков характерны для насаждений горно-таежного пояса, где преобладают темнохвойные леса. В черневом поясе, как уже указывалось выше, значительные площади заняты лиственными насаждениями, что отражается на величине испарения задержанных кронами деревьев осадков.

В темнохвойных лесах Западного Саяна испарение задержанных кронами осадков и транспирация составляют 80-90 % от величины суммарного испарения. При этом расход влаги на транспирацию и испарение задержанных осадков изменяются по высотным поясам в зависимости от соотношения растительных сообществ. Испарение с почвы и снега составляет небольшую долю в общем балансе влаги на лесных участках исследуемых речных бассейнов. В тундрово-гольцовом и субальпийском высотных поясах испарение со снега является более значимой величиной.

В бассейне р. Кебеж эти два пояса занимают 4 % от общей площади водосбора. Поэтому на структуру водного баланса и формирование стока бассейна в целом влияют лесные экосистемы горно-таежного и черневого высотных поясов.

В бассейне р. Тайгиш тундрово-гольцовый и субальпийский пояса занимают около 16 % от площади водосбора, что отражается на структуре водного баланса всего бассейна и величине речного стока. Тем не менее основная доля стока, как и в бассейне р. Кебеж, формируется в горных лесах.

Таким образом, в результате выполненных исследований выявлено изменение структуры и продуктивности насаждений в результате рубок главного пользования за последние пятьдесят лет и показано, каким образом антропогенная трансформация лесов отражается на внутрибассейновой дифференциации гидрологических параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буренина Т. А. Динамика структуры водного баланса на вырубке среднегорного пояса Западного Саяна // Актуальные вопросы исследования лесов Сибири. Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1981. С. 19-20.
2. Буренина Т. А. Динамика восстановления лесогидрологических условий на экспериментальной вырубке Западного Саяна // Средаобразующая роль лесных экосистем Сибири. Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1982. С. 106-114.
3. Козлова Л. Н. Расход воды на транспирацию растениями южной тайги (Кас-Енисейская равнина) // Защитная роль лесов Сибири. Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1980. С. 46-61.
4. Козлова Л. Н. Транспирация в колковых насаждениях Красноярской лесостепи // Лесное хоз-во, 1988, 7. С. 33-34.
5. Онучин А. А. Высотно-поясные особенности трансформации твердых атмосферных осадков горными лесами Хамар-Дабана // Гидрологические исследования в лесах СССР. Фрунзе: Илим, 1985. С. 109-119.
6. Онучин А. А. Влагооборот горных лесов Сибири (локальные и региональные особенности): Автореф. дис.... докт. биол. наук: 03.00.16. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 2003. 33 с.
7. Рахманов В. В. Гидроклиматическая роль лесов. М.: Лесная пром-ть, 1984. 240 с.
8. Судаchkova Н. Е. Транспирация подроста кедра и пихты в северных отрогах Западного Саяна // Тр. ИЛиД СО АН СССР, 60. 1963.

УДК 630*43

ПОЖАРОУПРАВЛЕНИЕ КАК ЭЛЕМЕНТ ЭКОСИСТЕМНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСАМИ

Э. Н. ВАЛЕНДИК

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

В работе рассматривается система пожароуправления в бореальных лесах Средней Сибири и приводятся варианты пожароуправления для разных растительных зон.

Пожар в лесу – это естественный процесс, который в большинстве случаев определяет и тип экосистемы, и ее длительно-временную динамику. В свою очередь, на возникновение и распространение пожара влияют физико-географические, климатические и эколого-фитоценологические факторы, которые определяют условия развития пожаров и степень воздействия их на окружающую среду. Антропогенный же фактор лишь увеличивает масштабы этого воздействия [2].

На протяжении десятилетий возникшие лесные пожары воспринимались как чрезвычайные ситуации и даже – как стихийное бедствие, и единственным возможным откликом на него было

наступательное и полное тушение. Однако жизнь показала, что затраты на тушение всех лесных пожаров с точки зрения получаемых результатов не оправдались, что вред, причиняемый тушением, зачастую превосходит вред, который приносит пожар.

Длительные научные исследования в лесных странах демонстрируют необходимость экономически и экологически взвешенной политики управления пожарами. Исходя из этих предпосылок пожар следует рассматривать и как отрицательный фактор для экономики и социальной жизни людей, и как положительный природный элемент формирования растительных сообществ. В бореальных лесах лесные пожары невозможно исключить полностью. Политика полного исключения пожаров здесь приводит к доминированию темнохвойных лесов, которые в результате последующих пожаров полностью отмирают, а также к сокращению ранних сукцессионных стадий и уменьшению биоразнообразия. Возникая лишь в годы с экстремальными пожароопасными сезонами, пожары беспрепятственно распространяются на больших территориях и полностью уничтожают темнохвойные леса, где накапливаются большие запасы горючих материалов.

С 80-х годов прошлого столетия во многих лесных странах северного полушария политика «пожаротушения» сменилась на «пожароуправление». Последнее предусматривает, что пожар надо считать не только отрицательным, но и положительным фактором – например, в послепожарном формировании экосистем. Пожароуправление в лесах – это баланс между практическими задачами по тушению пожаров и необходимостью обеспечивать для них выполнение своей природной функции. Оптимальное пожароуправление должно удовлетворять требованиям охраны лесов от пожаров и в то же время позволять пожарам выполнять их природную роль.

Система пожароуправления включает и подсистему применения управляемого огня для решения многих лесохозяйственных задач. Основная функция управляемого огня состоит в удалении или снижении накопившихся запасов лесных горючих материалов (ЛГМ) как в лесах, так и на вырубках. Это позволяет предотвратить возникновение и распространение разрушительных пожаров, а также сдерживать развитие сукцессий древесных и кустарниковых пород на стадиях, которые являются более биоразнообразными и продуктивными, чем стадии, развивающиеся в условиях длительного отсутствия пожаров [5].

Установлено, что каждая лесорастительная формация имеет свой «пожарный режим», характеризующийся определенным видом и интенсивностью пожара, его максимальным размером, интервалами повторяемости, степенью повреждаемости растительных ресурсов и послепожарной динамикой лесовосстановительных процессов [1].

Пожарный режим в лесах – исторически сложившийся процесс, определяющий условия возникновения, распространения и развития пожаров и их длительно-временные последствия в экосистемах лесного ландшафта.

Сейчас пожар признается одной из важных отличительных черт естественной истории многих экосистем. Эволюционное развитие растений и животных происходит в экосистемах, где пожар был преобладающим свойством окружающей среды. Люди, проживавшие в том или ином районе, тоже испытывали на себе естественный пожарный режим, а частота пожаров увеличилась из-за действий человека. В Сибири естественный пожарный режим характеризуется межпожарным интервалом продолжительностью от 5 до 120 лет в зависимости от типа растительности, топографии и местонахождения.

Бореальные леса и тундра представляют собой экосистемы, зависящие от пожаров, с которыми связано их эволюционное развитие. Они утратят присущие им характеристики, жизнеспособность, а также разнообразие животного и растительного мира, если исключить из них пожары.

В целях снижения затрат на охрану лесов от пожаров необходимо вести поиск экономически эффективных вариантов стратегий пожароуправления, которые должны соответствовать всем требованиям экологии и экономики лесопользования в разных эколого-фитоценологических комплексах Сибири.

Проблему в охране лесов от пожаров представляют крупные лесные пожары, на которые приходится до 90 % причиненного ущерба. Развитие лесных пожаров до крупных размеров обусловлено рядом факторов, в т.ч. природными и организационно-техническими. Они взаимосвязаны, и определенные их сочетания создают те условия, когда небольшой пожар развивается до крупного.

К природным факторам относятся растительность, рельеф и погодные условия. К организационно-техническим – наличие или отсутствие тех или иных средств пожаротушения и эффективных технологий их применения в организации тушения. Лесной покров чрезвычайно мозаичен, и когда пожар распространяется после длительной засухи на десятки и сотни гектаров, то горению подвергаются все многочисленные лесные формации, присущие данной лесной зоне. Его развитие и распространение определяются уже не отдельными типами или группами типов леса и отдельных элементов рельефа, а их совокупностью, характерной для данной растительной зоны.

Пожароуправление в этих условиях, с одной стороны, основывается на совокупности зональных

особенностей растительного покрова и рельефа конкретной зоны, а с другой – на метеорологических и синоптических образованиях, характерных для данной зоны.

В связи с отмеченным систему пожароуправления необходимо разрабатывать для каждой лесорастительной зоны с учетом ее природных особенностей и длительно-временных эколого-экономических и социальных последствий пожаров, принимая во внимание направленность лесообразовательного процесса.

Предлагаются варианты пожароуправления для следующих четырех выделенных районов таежной зоны Сибири [4]:

I – подзона северных лиственничных лесов и редколесий;

II – подзона среднетаежных лиственничных и сосновых лесов;

III – подзона южнотаежных светлехвойных и темнохвойных лесов и лесостепей;

IV – горно-таежные и лесостепные леса юга Сибири.

Таблица 1. Варианты пожароуправления

№№	Вид охраны	Ареалы применения	Пожарные режимы на территории	Эколого-экономические и социальные последствия	Технология пожароуправления
I	Эпизодическая (только в экстремальные пожарные сезоны)	Северные лиственничные леса и редколесья	Низовые пожары разной интенсивности в зависимости от хода погоды. Межпожарный интервал – 20-60 лет [3]. Пожароопасный сезон – июль-месяц. Экстремальный пожароопасный сезон формируют среднесибирский и якутский антициклоны	Сокращение площадей оленьих пастбищ, усложнение организации и технологий оленеводства	Космический мониторинг за динамикой пожаров и послепожарного состояния территории. Тушение начинающихся пожаров в районах скопления оленьих стад
II	Ограниченная (на территории резервного лесного фонда с усилением охраны участков с особо ценными природными ресурсами)	Среднетаежные лиственничные и сосновые леса	Пожары разных видов и интенсивности в зависимости от хода погоды и длительности бездождного периода. Межпожарный интервал – 5-20 лет. Пожароопасный период – III декада июня – июль. Экстремальный пожароопасный сезон формирует якутский антициклон, реже – сибирский	Почвенные и верховые пожары с полной гибелью древостоя. Потеря древесины, возможны вспышки насекомых. При слабых низовых пожарах – снижение запасов ЛГМ, создается мозаика лесной растительности, улучшается состояние мест обитания фауны. Высокие затраты на защиту нефте- и газо-промыслов	Предписанные природные пожары и предписанные выжигания для защиты таежных поселков. Противопожарное устройство мест нефте- и газопромыслов. Защита газо- и нефтепроводов
III	Постоянная охрана (усиленная охрана промышленных лесов Приангарья и припоселковых боров)	Южнотаежные светло-хвойные и темнохвойные леса и лесостепи	Пожары разных видов и интенсивности в зависимости от хода погоды и растительности, бездождного периода. Межпожарный интервал 3-5 лет. Пожароопасный период – с III декады апреля по август. Экстремальные пожароопасные сезоны формируют антициклоны Средней Азии, Монголии и реже – Якутии	Большой ущерб от потери древесины и гибели лесных культур. Высокие затраты на тушение и противопожарное устройство сырьевых баз и припоселковых боров. Смена темнохвойных лесов на мелколиственные и сосновые	Космический и авиационный мониторинг. Широкое применение авиационных технологий по обнаружению и тушению пожаров. Противопожарное устройство припоселковых боров, предписанные выжигания на вырубках, создание защитных полос для предупреждения пожаров от сельхозпалов
IV	Повышенный режим охраны (территории, где возможен максимальный ущерб природным ресурсам)	Горно-таежные и лесостепные леса юга Сибири	Пожары разных видов, часто – верховые. Межпожарный интервал крупных пожаров – 5-10 лет. Пожароопасный сезон двойной: апрель – июнь; сентябрь – октябрь. Экстремальные пожароопасные сезоны формируются под влиянием антициклонов Монголии и Средней Азии	Породосменные пожары. Смена темнохвойных лесов на мелколиственные и сосновые. Формирование лиственничных парковых лесов. Создание мозаики лесов с возможными послепожарными вспышками насекомых. Потеря древесины ценных пород (кедр)	Постоянный космический мониторинг, а с апреля по июнь – авиационный. Широкое применение авиационных технологий для обнаружения и тушения пожаров. Предписанные выжигания в лесостепях межгорных котловин для предупреждения пожаров от сельхозпалов. Предписанные выжигания на вырубках

Задачи в области лесоуправления и лесопользования со временем меняются, и соответственно должны меняться варианты и приоритеты пожароуправления. В целях снижения затрат на тушение пожаров необходимо вести поиск экономически эффективных и экологически приемлемых стратегий

пожароуправления, которые должны соответствовать всем задачам в области лесоуправления и лесопользования. Но роль пожара как существенного экологического процесса и агента естественных природных изменений должна всегда включаться в процессы планирования лесоуправления и лесопользования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Валендик Э.Н., Иванова Г.А. Пожарные режимы в лесах Сибири и Дальнего Востока // Лесоведение, 2001, 4. С. 69-79.
2. Валендик Э.Н. Пожары как постоянно действующий природный фактор в бореальных лесах Евразии // Пожары в лесных экосистемах Сибири. Мат. всерос. конф. с межд. участием. Красноярск: Институт леса СО РАН, 2008. С. 15-18.
3. Софронов М.А., Волокитина А.В. Пожары растительности в зоне северных редколесий // Сиб. экол. журн., 1996, 1. С. 43-49.
4. Средняя Сибирь / Под ред. акад. И.П. Герасимова. М.: Наука, 1964. 490 с.
5. Kelleyhouse D. G. A case of dependency: Alaskan wildlife and wildfire // Alaska Conservation Review, 1978, fall/winter: 6-7.

УДК 574.4

БЮДЖЕТ УГЛЕРОДА ЛЕСОВ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

Э.Ф. ВЕДРОВА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Приводятся результаты оценки статуса лесов Средней Сибири (в границах Красноярского края) относительно диоксида углерода атмосферы. Анализ соотношения интенсивности двух ключевых потоков углеродного цикла – продуцирования органического вещества в процессе фотосинтетической ассимиляции атмосферного углерода и его освобождения при разложении с возвратом в атмосферу – показал, что леса Красноярского края служат стоком для 34,6 млн т $C\ g\ a^{-1}\ год^{-1}$ или 13 % годичной ассимиляции углерода атмосферы в продукции.

Глобальный баланс углерода, составленный из суммы частных балансов, рассмотрен IPCC (Межправительственная группа по глобальным изменениям климата) и признан. Однако для России, которая располагает 22 % площади лесов планеты, в том числе большей частью (более 70 %) бореальных лесов, которые наиболее эффективно поглощают и длительно сохраняют углерод, проблема не может считаться окончательно решенной: аргументированные определения секвестра атмосферного углерода лесами России пока что отсутствуют.

При анализе углеродного цикла ключевыми параметрами служат запас углерода в системе двух взаимодействующих блоков: «растительность» и «почва» и интенсивность процессов, формирующих этот запас и поддерживающих его. Для балансовых биосферных расчетов первостепенное значение имеет величина чистой экосистемной продукции (NEP). Её определяет соотношение интенсивности противонаправленных процессов, а именно затрат углерода на создание NPP за счет фотоавтотрофной ассимиляции CO_2 атмосферы и его возврата в атмосферу при минерализации органического вещества. Сибирские леса составляют около 40 % лесопокрытой площади России, что обуславливает их значимость для определения роли российских лесов в цикле биосферного углерода.

В настоящее время наибольшие неопределенности в оценках параметров углеродного цикла в лесах относятся к гетеротрофному (или минерализационному) потоку углерода из лесов в атмосферу. Возврат в атмосферу углерода обеспечивает деструкционное звено углеродного цикла. Оно реализуется главным образом в почвенном блоке экосистемы при разложении органического вещества (ОВ). ОВП гетерогенно по генезису и составу. Это определяет разную устойчивость его составляющих к биоразложению. Стабильная (устойчивая к биоразложению) фракция представлена специфическими гумусовыми веществами, прочно связанными с минеральной частью почвы. Компонентами легкоминерализуемой фракции являются фитодетрит, микробиомасса и подвижные органические продукты. Фитодетрит включает сухостой, валеж, пни, лесную подстилку, корневой детрит. Разная скорость разложения растительного материала подгоризонтов обуславливает различный вклад освобождающегося углерода в суммарную интенсивность минерализации подстилки. Подвижное ОВ объединяет продукты разложения фитодетрита и легкорастворимую часть почвенного гумуса и характеризует ближайший резерв ОВП для микробиологической трансформации. В целом легкогидролизуемая фракция почвенной органики служит основным источником формирования минерализационного потока углерода в атмосферу и синтеза гумусовых веществ. Быстро (относительно

гумуса почвы) обновляясь, она наиболее чутко реагирует на любые изменения экологической ситуации.

Результаты наших исследований касаются оценок параметров углеродного бюджета лесов Средней Сибири (в границах Красноярского края) и их статуса по отношению к диоксиду углерода атмосферы.

Лесопокрытые земли края, объединяющие лесотундру, подзоны северной, средней и южной тайги, лесостепь и горные леса юга края, составляют 117,3 млн га. Основную их часть занимают бореальные леса, на леса лесостепи и гор юга приходится лишь 11 % лесопокрытой площади. Среди лесообразователей высоких широт более половины площади занимает лиственница. В южной тайге первые позиции переходят к сосне и березе, в горных лесах – пихте и кедру. Возрастной состав лесообразователей почти на $\frac{3}{4}$ представлен спелыми и перестойными насаждениями.

Лесные экосистемы края аккумулируют в органическом веществе фитомассы и почвы около 20687 млн т углерода (С). Основным депо углерода служит почва, в ней сосредоточено почти 77 % его пула. В составе органического углерода почвы 18 % приходится на фитодетрит, остальное – на гумусовые вещества, $\frac{2}{3}$ которых представляют стабильную фракцию почвенного гумуса. Плотность основных составляющих пула С – фитомассы, фитодетрита и гумуса в лесных экосистемах составляет соответственно 41, 24 и 111 т С га⁻¹.

Запасы углерода в фитомассе древостоев увеличиваются в направлении от лесотундры к южной тайге от 21 до 55 т га⁻¹ [2], в лесостепной зоне и горных южных лесах составляют соответственно 36 и 49 т га⁻¹ [8]. Масса углерода гумуса в слое почвы 0-100 см увеличивается от лесотундры к южным бореальным лесам с 87 до 141 т га⁻¹. В лесостепи и горных лесах юга его плотность составляет соответственно 195 и 100 т С га⁻¹.

Запасы и состав фитодетрита зависят от видового и возрастного состава лесообразователей, гидротермических условий их функционирования, частоты и интенсивности лесных пожаров, интенсивности лесохозяйственного пользования. В меридиональном направлении плотность фитодетрита, рассчитанная с учетом покрытых лесом площадей лесотундры, северной, средней и южной тайги, лесостепи и горных районов юга Сибири изменяется как 31,1; 30,6; 20,2; 30,0; 9,0 и 10,5 т С га⁻¹. В лесах средней тайги при плотности фитомассы, близкой к северо-таежным, плотность фитодетрита ниже на 34 %. Это связано с изменением эколого-почвенных условий и, как следствие, увеличением скорости биотрансформации фитодетрита в 1,5-2 раза по сравнению с северной тайгой и лесотундрой. Лесные экосистемы лесотундры, северной и южной тайги, несмотря на близкую плотность фитодетрита, различаются по составу его компонентов. В лесотундре и северной тайге масса лесной подстилки в результате заторможенной деструкции превышает или приближается к запасу живой фитомассы растительного блока. В направлении к южнотаежным лесам усложнение состава лесообразователей, повышение продуктивности, активизация процессов биотрансформации растительного детрита отражаются в двукратном превышении запаса углерода в живом растительном веществе над мертвым. В южной тайге 40 % запаса С_{ФИТОДЕТРИТ} сосредоточено в экосистемах с пихтой и березой в роли эдификаторов. Интенсивная трансформация лесов при рубках и пожарах приводит к аккумуляции в них медленно разлагающегося органического материала в виде сухостоя, валежа, корневого детрита: его масса в 4-7 раз превышает массу углерода лесных подстилок. В лесных экосистемах лесостепи запасы фитодетрита в несколько раз ниже, чем в таежных, за счет значительного участия насаждений лиственных видов, преобладания разно- и высокотравных типов леса, снижения доли перестойных древостоев. Горные леса, более продуктивные, чем лесостепные, близкие по продуктивности к южнотаежным, мало отличаются от лесостепных по плотности фитодетрита. Несмотря на абсолютное преобладание в составе лесообразователей хвойных видов, пышно развитое, обогащенное азотом, фосфором и калием высокотравье, отмирая, увеличивает скорость разложения хвойного опада, исполняя в процессах деструкции роль затравочного эффекта.

Интенсивность продуцирования органического вещества фитомассы древесного яруса и напочвенного покрова на лесопокрытой площади нарастает в широтном направлении от 1,49 до 2,99 т С га⁻¹ год⁻¹, составляя в среднем 2,31 т С га⁻¹ год⁻¹. Суммарные затраты углерода на создание чистой первичной продукции за счет фотоавтотрофной ассимиляции CO₂ атмосферы составляют около 271 млн т · год⁻¹. Почти 90 % (87 %) этого потока приходится на лесные экосистемы лесотундры и тайги. Притундровые и северо-таежные леса, на 93-84 % представленные лиственничниками зеленомошной и лишайниковой групп типов леса, характеризуются преимущественным (до 60 %) участием напочвенного покрова в продуцировании органического вещества растительной биомассы. В лесных экосистемах средней и южной тайги основная роль в продукционных процессах (70-80 % углерода NPP) принадлежит древесному ярусу.

Возврат в атмосферу углерода, изъятая из нее растениями на формирование NPP, обеспечивает деструкционное звено углеродного цикла. Оно характеризуется одновременно протекающими процессами минерализации органического вещества до конечных продуктов окисления и гумификации, приводящей к синтезу гумусовых веществ. Минерализационный поток (гетеротрофное дыхание)

углерода в атмосферу формируется в почвенном блоке экосистемы при утилизации почвенными беспозвоночными и микроорганизмами подстилки, корневого детрита, свежееобразованных гумусовых веществ, собственно гумуса почвы и корневых выделений растений. Возможность оценки роли корневых выделений ограничена крайней малочисленностью и сложностью получения информации о количестве их поступления и последующей трансформации. Особенности деструкции фитодетрита в зональном аспекте обусловлены как разной длительностью периода биологической активности деструкторов, так и разной массой и соотношением компонентов в составе разлагающегося фитодетрита.

Наличие данных о возрастном составе лесообразователей в пределах лесорастительных округов и провинций, оценок плотности компонентов фитодетрита, скорости их деструкции позволили рассчитать интенсивность минерализационного потока для лесных экосистем каждого лесообразующего вида на лесопокрытой площади. При одинаковой плотности фитодетрита интенсивность высвобождения углерода в процессах разложения обусловлена концентрацией азота и минеральных элементов в разлагающемся материале: чем выше запасы этих элементов, тем выше «выход» углерода с единицы площади в единицу времени. Удельная скорость разложения контролируется качественным (биохимическим) составом фитодетрита, показателем которого служат соотношения C- и N-содержащих соединений, органических и минеральных соединений. Чем уже эти соотношения, тем выше удельная скорость разложения (выше «выход» C-CO₂ из единицы C-содержащего вещества в единицу времени).

Увеличение скорости разложения фитодетрита в лесных экосистемах средней тайги по сравнению с экосистемами более высоких широт связано со сменой экологических условий (увеличение количества тепла, отсутствие вечной мерзлоты, снижение количества осадков, улучшение дренированности территории). В составе лесообразователей увеличивается до 60 % участие видов, сбрасывающих листву, обогащенную азотом, кальцием. В результате активизируются процессы биохимической переработки растительного детрита, увеличивается удельная скорость разложения. В южной тайге удельная скорость разложения практически остается на уровне условий средней тайги из-за высокой доли грубого, медленно разлагающегося древесного материала на поверхности и в толще почвы (валеж, корневой детрит). Их разложение лимитируется особенностями химического состава (высокое содержание целлюлозы, лигнина, танинов и флавоноидов). Мертвый органический материал лесных экосистем лесостепи благодаря своему составу и свойствам (преобладание подстилки, в том числе листовенно-травянистой, среди других компонентов, обогащенность азотом и др.) при минимальных запасах характеризуется максимальной удельной скоростью разложения.

Интенсивность минерализационного потока углерода практически на 90 % определяется разложением фитодетрита. В течение года на территории края, покрытой лесом, «срабатывается» около 8 % массы фитодетрита. Для бореальных лесов эта величина изменяется в пределах 5-10 %. Поступление свежееотмирающего растительного материала с ежегодным опадом и отпадом составляет 3-5 % от массы фитодетрита. В лесостепных и горных лесах масса фитодетрита в течение года уменьшается на 25 %, «новое» поступление составляет 18-19 %. Целый ряд факторов, в том числе высокая вариабельность массы фитодетрита в зависимости от состава и возраста лесообразователей, неодинаковая наполненность базы данных по массе его компонентов, не позволяют однозначно оценить тренд изменения запаса пула углерода фитодетрита на лесопокрытой территории края в годичном цикле его трансформации. Экспериментальные исследования в листовенничниках лесотундры и северной тайги показали, что в последних отмирающие фракции фитомассы не только компенсируют углерод, освобождающийся при разложении, но и способствуют накоплению запаса мертвых растительных остатков. В лесотундре наблюдается несбалансированность процессов формирования пула детрита и «сработка» его запасов в экосистемах автоморфных позиций. Сосняки средней тайги характеризуются уравниванием процессов, контролирующих массу фитодетрита [8]. Исследования, проведенные в южнотаёжных производных березняках и коренных пихтарниках, показали, что на современной стадии функционирования они также характеризуются устойчивым запасом углерода в фитодетрите [5, 7, 9]. Активное накопление детрита, составляющее 10-20 % стока углерода, происходит в молодых формирующихся экосистемах хвойных и листовенных лесообразующих видов [1].

Из разлагающихся компонентов фитодетрита основной вклад в гетеротрофный поток углерода вносит подстилка. По мере накопления в составе фитодетрита валежа и корневой мортмассы в направлении от лесотундры к южной тайге её участие в формировании потока снижается с 80 до 50 % и увеличивается с изменением состава лесообразователей и гидротермических условий трансформации органического материала до 90 % в лесных экосистемах лесостепи и гор юга Сибири. Вклад гумуса почвы в формирование потока C-CO₂ в лесах южной тайги не превышает 13 %, в северных лесах – 3-6 %.

С учётом площадей суммарный минерализационный выход углерода из лесных экосистем на территории края составляет 236 млн т C-CO₂ год⁻¹. Анализ соотношения интенсивности двух основных потоков углеродного цикла – продуцирование ОВ в процессе фотосинтетической ассимиляции атмосферного C и его освобождение при разложении ОВ с возвратом в атмосферу – показал, что леса Красноярского края служат стоком для 34,6 млн т C га⁻¹ год⁻¹, что составляет 13 % годичной

ассимиляции углерода атмосферы в продукции. Притундровые леса на современном этапе функционирования практически не накапливают углерод (3 % от общего стока). Основной сток (NEP) приходится на таежные леса – 78 %, для лесов лесостепи и гор юга края он составляет 19 % величины NEP [7, 8].

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (гранты 07-04-00515а, 09-04-98104 (р_Сибирь_а), Интеграционного проекта СО РАН 50.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ведрова Э.Ф., Спиридонова Л.В., Стаканов В.Д. Круговорот углерода в молодняках основных лесообразующих пород Сибири // Лесоведение, 2000, 3. С. 40-48.
2. Ведрова Э.Ф., Стаканов В.Д., Плешиков Ф.И. Закономерности изменения пула углерода в бореальных лесах / Лесные экосистемы Енисейского меридиана. Новосибирск: СО РАН, 2002. С. 206-221.
3. Ведрова Э.Ф. Интенсивность разложения органического вещества серых почв лесных экосистем южной тайги Центральной Сибири // Почвоведение, 2008, 8. С. 973-982.
4. Ведрова Э.Ф., Стаканов В.Д. Роль лесов Центральной Сибири в поддержании стабильного газового режима атмосферы // Науч. конф. «Почвы Сибири: генезис, география, экология и рациональное использование», 1-4 декабря 2007 г., Новосибирск. С. 22-24.
5. Ведрова Э.Ф., Чупрова В.В. Бюджет углерода в лесных и агроэкосистемах южной тайги Центральной Сибири // Тр. II Нац. конф. с межд. участием «Проблемы истории, методологии и философии почвоведения». Т.1. Пушино, 2007. С. 172-176.
6. Ведрова Э.Ф., Ваганов Е.А. Углеродный бюджет бореальных лесов Средней Сибири // ДАН, 2009, т. 425. С. 678-682.
7. Плешиков Ф.И., Ведрова Э.Ф., Каплунов В.Я. и др. // ДАН, 2003, т. 388, 2. С. 246-248.
8. Трефилова О.В. Годичный цикл углерода в сосняках средней тайги Приенисейской Сибири: Автореф. дис.... канд. биол. наук: 03.00.16. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 2006. 17 с.
9. Stakanov V.D., Pleshikov F.I., Vedrova E.F., Verevokhina L.V. Carbon storage and dynamics in tree stands of Middle Siberia // Biodiversity and dynamics of ecosystems in north Eurasia. Novosibirsk, 2000. Pp. 119-121

УДК 634*956.58.01

СРЕДООБРАЗУЮЩАЯ РОЛЬ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЮГА СРЕДНЕЙ СИБИРИ

А.И. ГРИБОВ

Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, Абакан

АННОТАЦИЯ

Жизненно важными экологическими функциями лесов на территории юга Средней Сибири являются водоохранные, водорегулирующие, почвозащитные, климатологические и рекреационные. Разработана оценка лесов по защитной роли.

Под влиянием длительной хозяйственной деятельности, в которой главную роль сыграла интенсивная эксплуатация лесных и земельных ресурсов, природная среда юга Средней Сибири значительно трансформировалась.

Создание в регионе Саянского ТПК значительно увеличило антропогенные нагрузки на лесные экосистемы и усилило их деградацию.

Проведенные многолетние исследования лесов юга Средней Сибири и раскрытые при этом аспекты их многофункциональной роли в ландшафтах привели к следующим основным выводам и предложениям.

Юг Средней Сибири отличается чрезвычайной изменчивостью климатического фона, орографических условий и интенсивной хозяйственной деятельностью. Поэтому одной из основных особенностей лесных растительных формаций, продуцирующих в регионе, является динамичность, проявляющаяся в пространственной изменчивости типов леса, их биологической продуктивности и структурной организации в связи с широтной зональностью и высотной поясностью. Стационарными и маршрутными исследованиями по проблеме охвачена большая территория юга Средней Сибири, основные лесные формации региона, его горные и предгорные леса, лесостепные и степные ландшафты Минусинской котловины.

Смена пород в результате вырубki хвойных лесов и пожаров в горах Западного Саяна и Кузнецкого Алатау на юге Средней Сибири является наиболее распространенной формой динамики лесообразовательного процесса. На обширной территории в районе исследований около 20 %

лесопокрытой площади занимают березняки зеленомошной, разнотравной групп типов леса в возрасте 40-60 лет.

Исследованиями биологической продуктивности березняков впервые в регионе установлено, что в надземной части этих лесных экосистем в зависимости от типов леса и возраста сконцентрировано от 38 до 110 т/га органического вещества. Из его общей фитомассы около 80 % приходится на стволы, 17 % – на кроны, 3 % – на листья. Запасы фитомассы в живом надпочвенном покрове и подстилке составляют соответственно 1,5 и 8 % от общей массы органического вещества в насаждениях.

Изучены дополнительные биометрические параметры березняков, необходимые для количественной и качественной оценки экологических функций леса (листовой индекс насаждений, вес крон и листьев).

Количественное и качественное проявление экологических функций леса в различных зонах, подзонах и высотно-поясных комплексах (ВПК) неравнозначно и обуславливается в основном особенностями геофизического фона, на котором продуцируют насаждения, их таксационными и лесоводственными параметрами, плотностью сконцентрированной в насаждениях фитомассы и лесистостью территорий.

Изучены основные элементы водного баланса березовых экосистем, сделана количественная оценка их гидрологической роли. Она проявляется главным образом в почвозащитных, водорегулирующих и водоохраных функциях и носит макромасштабный характер.

Установлены закономерности в сезонной и суточной динамике термического режима стволов деревьев в березовых, сосновых, пихтовых и кедровых насаждениях и раскрыто значение сконцентрированной в них фитомассы для формирования климата лесных экосистем.

Проведена количественная оценка климатологических функций леса в лесостепных ландшафтах. В аридных условиях они проявляются в смягчении термического режима воздуха в летний период, увеличении его влажности, уменьшении скорости ветра и увеличении количества атмосферных осадков.

Трансформирующее влияние леса на климат распространяется на окружающие безлесные пространства природных комплексов, как в микро-, так и в макромасштабах. Оно тесно связано с концентрацией надземной фитомассы в лесных массивах и лесистостью территорий.

Выявлено, что в лесостепной части Минусинской котловины при высоких летних температурах воздуха даже при двадцатипроцентной облесенности берегов заметно проявляется охлаждающее влияние насаждений на температуру речной воды, что способствует сохранению ее качества. В среднегорном и предгорном ВПК достоверного влияния леса на температуру речных вод не отмечено.

Впервые изучена пылеаккумулирующая роль сосновых насаждений, произрастающих на различном расстоянии от очагов дефляции почв в Минусинской котловине. Установлено, что количество пыли, задержанной пологом лесных экосистем, зависит от расстояния до источника пыли, таксационных и биометрических параметров насаждений. Пылеаккумулирующий эффект сосновых насаждений прослеживается даже на расстоянии 250 км от очагов эрозии. Эти функции лесных фитоценозов, особенно в лесостепных и урбанизированных ландшафтах, имеют большое экологическое значение.

Лесные полосы, созданные в степной зоне Минусинской котловины, в условиях активной ветровой деятельности аккумулируют большое количество пыли и защищают сельскохозяйственные поля от дефляции почв, а каналы оросительных систем – от заносов и разрушений.

Лесные экосистемы, продуцирующие на водосборных бассейнах малых рек, действуя как биологические фильтры, защищают воду от продуктов дефляции почв и химических веществ (органических веществ, биогенов), поступающих из агроэкосистем и урбанизированных ландшафтов.

Выявлено, что рекреационному воздействию наиболее подвержены сосновые леса, произрастающие вокруг уникальных лечебных озер и водохранилищ. Здесь четко проявляется зональность интенсивности деградации насаждений в зависимости от удаления берегов водоемов.

На основании обобщения большого фактического материала, полученного в процессе исследований, разработана оценка лесов юга Средней Сибири по защитной роли.

При выделении классов защитности учитывались следующие основные показатели: геоморфологические условия, характер растительного и почвенного покрова, влагоемкость подстилки и водопроницаемость почв.

В пределах исследуемого региона выделено 7 классов лесов, объединенных в две категории – особо защитные и защитные.

В первую категорию – особо защитную – включены темнохвойные (кедрово-пихтовые) леса среднегорной части Западного Саяна и Кузнецкого Алатау, произрастающие на горных лесных темноцветных перегнойно-карбонатных почвах, отличающиеся особенно высокой водоохраной, почвозащитной и водорегулирующей ролью.

Ко второй категории – защитной – отнесены светлохвойные (лиственничные и сосновые) леса, произрастающие на горных дерновых глубоко-сильнощепнистых почвах. Они характеризуются высокими водоохраными, водорегулирующими и почвозащитными свойствами. К этой же категории

отнесены и производные типы леса (березняки и осинники IV-VI класса возраста), произрастающие на горных дерново-карбонатных мощных тяжелосуглинистых почвах. Отмеченные леса характеризуются высокими водоохранными свойствами, но их водорегулирующее и почвозащитное значение по сравнению с коренными лесами проявляется слабее.

Березовые молодняки I-II класса возраста, появившиеся на вырубках, характеризуются очень низкими защитными свойствами. Здесь процесс восстановления защитной роли лесов растягивается на 3-4 десятилетия.

Южную часть Средней Сибири следует рассматривать как единую большую сложную экосистему, где лесная растительность является одним из важнейших компонентов, контролирующих основные параметры жизнеобеспечения индустриальных ландшафтов.

УДК 630*

БИОМАССА НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В СВЕТЛОХВОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ НИЖНЕГО ПРИАНГАРЬЯ

С.В. ЖИЛА, Г.А. ИВАНОВА, Е.А. КУКАВСКАЯ

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Приведена оценка биомассы напочвенного покрова в светлохвойных насаждениях Нижнего Приангарья. Установлено, что биомасса напочвенного покрова в лиственничниках до пожара больше на 23 %, чем в сосновых насаждениях, и варьирует от 49 до 79 т/га, что может способствовать развитию как низкоинтенсивных, так и высокоинтенсивных пожаров в зависимости от погодных условий.

Биомасса напочвенного покрова в значительной степени определяет поведение лесных пожаров и их последствия. Основными горючими материалами при низовых лесных пожарах являются напочвенные горючие материалы, накопление которых обуславливается условиями местопроизрастания, типом леса, периодичностью лесных пожаров и другими факторами [3, 2, 1]. Сведения о биомассе напочвенного покрова необходимы для оценки природной пожарной опасности лесных участков, планирования очередности и объемов проведения в них лесоохранных работ, прогнозирования возникновения и развития лесных пожаров.

В связи с этим целью наших исследований являлась оценка биомассы напочвенного покрова в светлохвойных насаждениях Нижнего Приангарья.

Исследования проводились в смешанных лиственничниках разнотравно-зеленомошных и сосняках кустарниково-лишайниково-зеленомошных Нижнего Приангарья (58°32'с.ш., 98°57'в.д.).

В первом ярусе смешанных лиственничников доминируют лиственница и сосна, средний возраст которых составляет 140 лет. В составе второго яруса представлены пихта, ель, кедр, береза и осина, возраст которых 40-60 лет. Подлесок редкий и представлен ивой козьей, шиповником, спиреей, жимолостью, рябиной и можжевельником. Живой напочвенный покров развит хорошо. В травяно-кустарничковом ярусе доминирует таежное мелкотравье, виды лесного разнотравья. Общее проективное покрытие мхами – 40-80 %, где доминирует *Pleurozium schreberi*.

В сосняках средний диаметр деревьев составил 25 см, средняя высота – 20 м, полнота – 0,8. Рельеф равнинный, нанорельеф представлен валежом разной степени разложения и вывалами. Подлесок редкий, представлен ивой козьей, шиповником, рябиной. Напочвенный покров дифференцирован по условиям микросреды и в значительной мере связан с условиями увлажнения. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса зависит от сомкнутости и варьирует от 30 до 80 %. Доминируют кустарнички (брусника, черника, багульник). Моховой покров от 80 до 100 %, доминируют *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens* и *Dicranum polysetum*. Лишайников от 40 до 50 %, доминирует *Cladonia rangiferina*.

Было заложено шесть участков в лиственничниках и два в сосняках, площадью один гектар каждый, на которых разбита сеть базовых точек с целью дальнейшей привязки пробных площадок по определению биомассы напочвенного покрова и получения сопоставимых данных. Для оценки биомассы упавших древесных материалов, представленных ветвями и валежом разной степени деструкции, на каждом экспериментальном участке закладывали 25 пробных линий (5 м каждая) по методике Д. МакРэя [4], а для определения запасов напочвенного покрова – 25 пробных площадок размером 25×20 см [1, 4].

При низовых пожарах в горении обычно участвуют напочвенные лесные горючие материалы, представленные травами и кустарничками, мхом, опадом, подстилкой и упавшими древесными материалами. На экспериментальных участках накопилось большое количество горючих материалов,

биомасса которых в лиственничниках варьирует от 49 до 79 т/га, в сосняках – от 42 до 49 т/га (табл. 1). Это обусловлено тем, что последний пожар в лиственничниках был 60, а в сосняках 40 лет назад.

В отличие от сосновых насаждений, лиственничники Нижнего Приангарья характеризуются большей биомассой напочвенного покрова – в среднем на 23 %. Однако более плотная структура напочвенных горючих материалов, высокая сомкнутость древостоя и меньшая величина солнечной радиации, поступающей под полог смешанных лиственничников, обуславливают более медленное пожарное созревание участков.

Таблица 1. Структура биомассы напочвенного покрова в светлохвойных насаждениях Нижнего Приангарья до пожара, т/га

Участок	Травы и кустарнички	Опад	Валеж и ветки	Мох и подстилка	Всего
Смешанные лиственничники					
1	0,27±0,04	2,5±0,31	18,8±5,22	38,85±3,54	60,42
2	0,27±0,05	2,25±0,28	31±5,56	31,51±2,17	65,03
3	0,27±0,04	2,86±0,28	20,7±4,69	24,83±1,43	48,66
4	0,35±0,05	2,28±0,59	28,5±8,68	22,09±1,69	53,22
5	0,29±0,05	1,48±0,18	19,9±4,14	30,37±2,77	52,04
6	0,35±0,05	1,48±0,18	27,9±9,94	48,95±4,42	78,68
Сосняки					
1Г	0,32±0,07	1,58±0,3	5,81±0,13	34,83±2,61	42,54
2Г	0,55±0,11	1,09±0,18	8,31±0,25	39,3±3,67	49,25

Наибольший процент биомассы напочвенного покрова приходится на мхи и подстилку. В лиственничниках этот показатель равен 55 %, а в сосняках 81 %. Доля трав и кустарничков в биомассе составляет по 1 %, упавших древесных материалов (валеж и ветки) – 41 % в лиственничниках и всего 15 % в сосняках. Вклад опада в общий запас напочвенного покрова составляет 4 % для лиственничников и 3 % для сосняков. Коэффициент вариации составил для трав и кустарничков 69-79 %, опада – 48-73 %, подстилки – 29-45 %; при этом точность учета по сумме напочвенных горючих материалов (без учета упавших древесных материалов) находилась в пределах от 5,5 до 8,7 %.

Наибольший запас как в лиственничниках, так и в сосняках приходится на древесные элементы, диаметр которых более 7 см. Так, на неразложившиеся упавшие стволы и ветви в среднем приходится около 30 % в смешанных лиственничниках и 67 % в сосновых насаждениях, доля же разложившихся элементов составляет в лиственничниках около 50 % от общего запаса упавших древесных материалов. Из древесных элементов диаметром до 7 см преобладают веточки размером от 1,0 до 2,99 см, составляющие в среднем 6 % в лиственничниках и 11 % в сосняках от общего количества. На долю древесных элементов диаметром от 3,0 до 6,99 см приходится по 6 %, а до 1 см – 2 % в лиственничниках и 4 % в сосняках (рис. 1, 2).



Рис 1. Распределение запаса упавших древесных горючих материалов по классам диаметра в смешанных лиственничниках, %

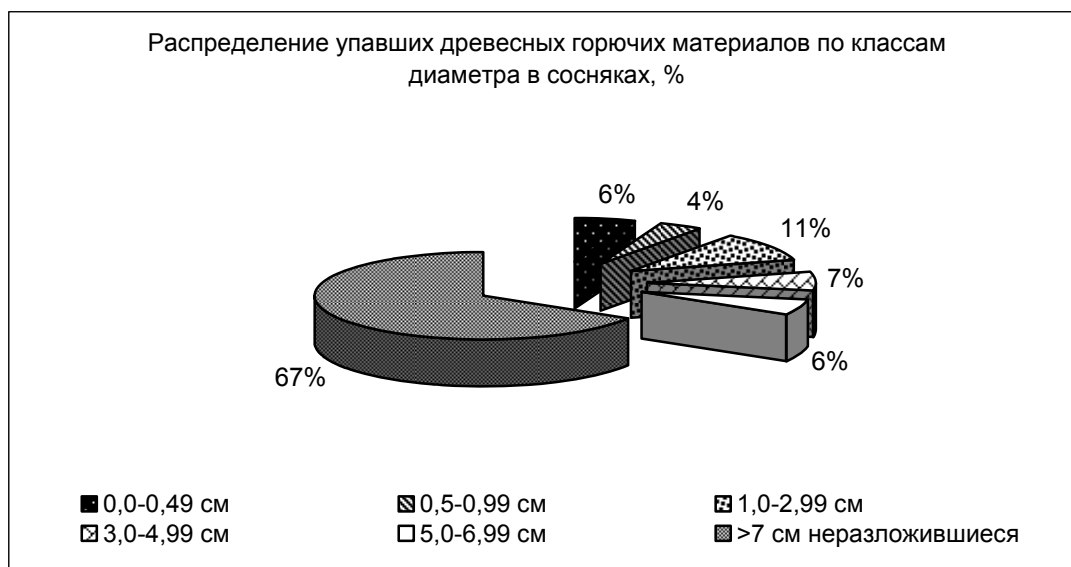


Рис. 2. Распределение запаса упавших древесных горючих материалов по классам диаметра в сосняках, %

Таким образом, биомасса напочвенного покрова в смешанных лиственничниках Нижнего Приангарья на 23 % больше, чем в сосняках, и варьирует от 49 до 79 т/га, при этом наибольший процент запаса приходится на мхи и подстилку – до 64 %; на долю упавших древесных материалов приходится до 53 %. Такие запасы при длительных засухах могут способствовать развитию высокоинтенсивных низовых пожаров, которые могут переходить в верховые за счет сложной структуры древостоев лиственничников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курбатский Н.П. Исследование количества и свойств лесных горючих материалов // Вопросы лесной пирологии. Красноярск, 1970. С. 5-58.
2. Курбатский Н.П. Техника и тактика тушения лесных пожаров. М.: Гослесбумиздат, 1962. 155 с.
3. Мелехов И.С. Природа леса и лесные пожары. Архангельск: ОГИЗ, 1947. 60 с.
4. McRae D.J. Measurement and description of fuels and fire behavior on prescribed burns: a hand-book. / D.J. McRae, M.E. Alexander, B.J. Stocks // Rep. O-X-287. Sault Ste. Marie, Ontario: Environ. Can., Can. For. Serv., Great Lakes For. Res. Cent., 1979. 44 pp.

УДК 630*1.111.161:630*161.32

СУТОЧНАЯ ДИНАМИКА ПОТОКОВ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА И УГЛЕРОДА В СЕВЕРОТАЕЖНОМ ЛИСТВЕННИЧНИКЕ

В.И. ЗЫРЯНОВ¹, Ю. НАКАИ², О.А. ЗЫРЯНОВА¹

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

²Институт лесоводства и лесных продуктов, Япония

АННОТАЦИЯ

Выявлены особенности суточной динамики потоков углекислого газа при различных погодных условиях, осуществлена количественная оценка суточных потоков CO₂ в системе атмосфера – лиственничный биогеоценоз, проведена оценка суточного нетто-газообмена CO₂.

Концентрация углекислого газа, повышение которой стало главной причиной глобального потепления, растет в атмосфере с угрожающей быстротой. За последние 30 лет XX столетия она увеличилась с 300 до 360 ppm CO₂, и скорость этого процесса составляла примерно 1,5-1,6 ppm CO₂ в год. К 2006 году концентрация углекислоты достигла 380 ppm, повышаясь с 2000 года на 2,1 ppm ежегодно [8], причем наибольшее потепление зафиксировано в высоких широтах северного полушария, включая криолитозону Сибири.

Показателем того, является ли экосистема источником поступления CO₂ в атмосферу или его поглотителем, служит чистый экосистемный обмен углекислого газа [2, 7]. В лесных экосистемах он

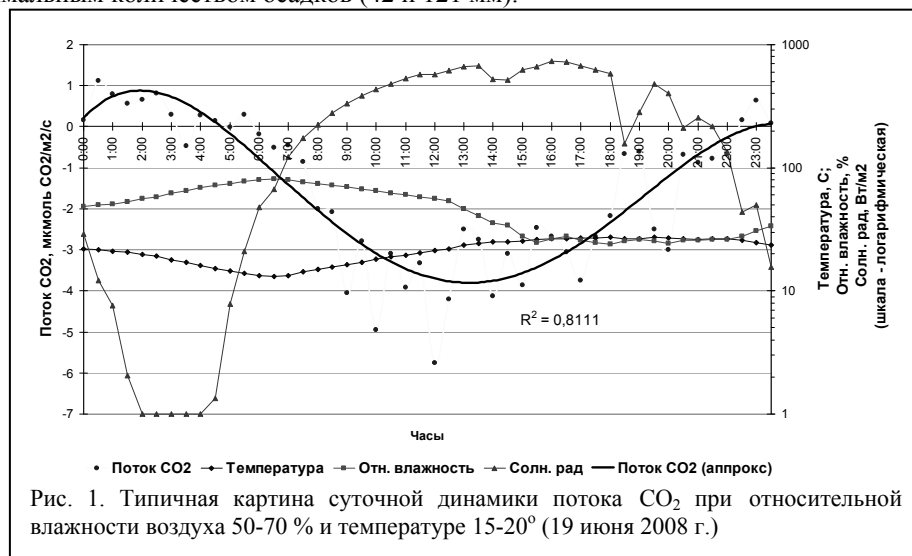
определяется взаимодействием двух основных процессов: поглощения растительностью атмосферного углерода в виде CO_2 для создания чистой продукции и выделения в атмосферу углерода (тоже в виде CO_2) в результате автотрофного дыхания и разложения органического вещества подстилок и почв [1]. Поэтому от функционирования экосистемы в определенных конкретных условиях зависит точность прогнозов дальнейших климатических изменений и тенденции самих изменений.

Исследование суточной динамики потоков позволяет не только выявить интенсивность и количественные показатели поглощения/выделения углекислого газа, определить влияние микрометеорологических параметров на изменения потоков CO_2 , но и установить, является ли экосистема стоком атмосферной углекислоты или ее источником.

Оценка чистого экосистемного обмена северотаежного лиственничника проводилась методом микровихревых пульсаций на базе Эвенкийского ОЭП Института леса СО РАН. Из четырех сравниваемых вегетационных сезонов первые два (2004 и 2005 годы) были умеренно сухими и прохладными, сезоны 2007 и 2008 годов – более теплыми и увлажненными.

При отображении направления интегральных потоков углекислоты в работе использовались следующие общепринятые обозначения: потоки считались отрицательными (знак «-»), если они направлены из атмосферы в экосистему, и положительными (знак «+»), если они направлены, наоборот, в атмосферу.

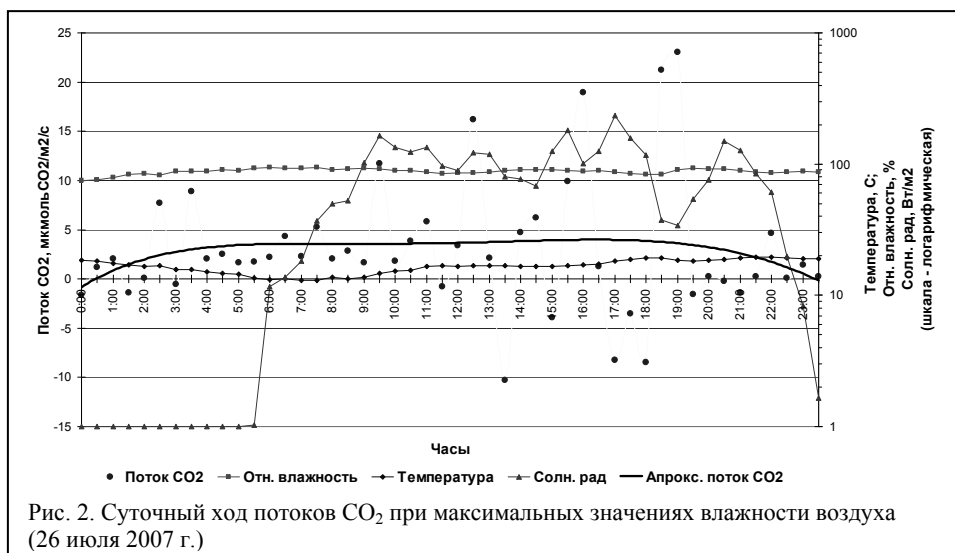
Типичная динамика суточных потоков CO_2 . Установлено, что типичные (средние) показатели функционирования лиственничных экосистем Центральной Эвенкии в вегетационные сезоны находились в пределах среднесуточных температур воздуха 10-18°C и относительной влажности воздуха 50-70 %. Максимальные показатели солнечной радиации колебались в пределах 600-730 Вт м⁻². В таких условиях доминировали процессы поглощения CO_2 лиственничником (рис. 1). Максимальных значений – 5, –6 мкмоль CO_2 м⁻² с⁻¹ и –9, –11 мкмоль CO_2 м⁻² с⁻¹ интенсивность поглощения углекислого газа достигала в 2004 г. и в 2008 г. соответственно. Она наблюдалась во второй половине июля, в месяцы с максимальным количеством осадков (42 и 121 мм).



Суточная динамика потоков имела сходный характер во все рассмотренные вегетационные сезоны при доминировании процессов поглощения атмосферной углекислоты лиственничной экосистемой. Наши данные близки к оценкам максимальной интенсивности потоков поглощения CO_2 в 125-летнем лиственничнике (лиственница Каяндера) в Центральной Якутии: –7 мкмоль CO_2 м⁻² с⁻¹ [10], в 200-летнем западносибирском сосняке: –10, –12 мкмоль CO_2 м⁻² с⁻¹ [7] и к полученным в темных хвойных лесах (ель черная *Picea mariana* (Mill.) B.S.P.) Северной Америки: –9, –10 мкмоль CO_2 м⁻² с⁻¹ [9].

Интенсивность потока CO_2 в течение суток положительно коррелирует с относительной влажностью воздуха ($R = 0,51$) и демонстрирует отрицательную корреляцию с температурой воздуха ($R = -0,47$) и солнечной радиацией ($R = -0,88$).

Изменение суточной динамики потоков CO_2 под влиянием влажности воздуха. Характер суточной динамики углекислоты в дни, характеризующиеся высокими показателями относительной влажности воздуха (~80-99 %), меняется коренным образом. Если влажность воздуха равномерна в течение суток и держится на уровне 90 % и выше, то экосистема «работает» как источник углекислого газа в атмосферу (рис. 2).



Механизм такого «поведения» экосистемы пока объяснить непросто. Подавление процесса поглощения атмосферной углекислоты может быть связано с низким уровнем солнечной радиации ($250\text{--}300 \text{ Вт м}^{-2}$). Из-за высокой облачности ее суточная динамика в такие дни имеет скачкообразный характер: значения колеблются в пределах $50\text{--}300 \text{ Вт м}^{-2}$. Отмеченные «всплески» выделения CO_2 , вероятно, обусловлены увеличением вклада дыхания кустарничков (багульник, брусника, голубика), а также почвы с подстилкой и лишайников с подстилкой [5] вследствие физического увлажнения этих компонентов при высокой влажности и температуре воздуха. В таких условиях может активизироваться деятельность микроорганизмов, которые сосредоточены, в основном, в подстилке и из-за периодического ее пересыхания в течение вегетации работают прерывисто [6].

Полученные результаты являются также косвенным подтверждением гипотезы о том, что на территориях бореальных лесов, характеризующихся повышенной облачностью, последняя может являться ограничивающим фактором для процесса поглощения углекислоты.

Следовательно, важно знать, сколько дней с повышенной относительной влажностью воздуха встречается за весь вегетационный сезон. Наличие большого количества дней с максимальной влажностью может сдвинуть функционирование экосистемы в сторону выделения углекислоты в атмосферу.

Оценка влияния метеорологических факторов на потоки углекислого газа. Установлено, что при изменении температуры влажность воздуха оказывает значительное влияние на величину потока CO_2 . При минимальных значениях температуры и минимальной влажности (от 0 до 30 %) величины потоков составили $0,6$ (выделение) и -1 (поглощение) $\text{мкмоль CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$ соответственно а при средних значениях температуры и увеличении влажности до верхнего предела – 99 % – значения потоков возросли до $4,6$ и $-6,3 \text{ мкмоль CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$ [3]. Высокая температура и, как следствие, низкая влажность воздуха снижают численные значения потока как при поглощении, так и при выделении углекислого газа лиственной экосистемой.

Оценка суточного экосистемного обмена CO_2 и углерода при различных метеорологических условиях. Применение метода микровихревых пульсаций позволяет измерять чистый экосистемный обмен CO_2 . На основе имеющихся получасовых значений интенсивности потока углекислого газа были рассчитаны его выделение как сумма ночных положительных значений CO_2 и поглощение как сумма отрицательных значений за день. Рассмотренное влияние метеоусловий на суточный ход потока CO_2 и его величину вызвало и соответствующие изменения суточных значений нетто-обмена углерода.

Средняя величина нетто-обмена углерода в дни с типичной картиной газообмена варьировала от $0,33 \text{ г С м}^{-2} \text{ сутки}^{-1}$ до $0,95 \text{ г С м}^{-2} \text{ сутки}^{-1}$ в достаточно сухие сезоны 2004 и 2005 годов. Максимальные значения достигали $2,1 \text{ г С м}^{-2} \text{ сутки}^{-1}$. Более влажные сезоны 2007 – 2008 годов характеризовались аналогичными (2007 г.) и повышенными ($1,3 \text{ г С м}^{-2} \text{ сутки}^{-1}$ в 2008 г.) средними значениями нетто-обмена. Максимум поглощения равнялся $2,7 \text{ г С м}^{-2} \text{ сутки}^{-1}$.

В дни с повышенной и высокой влажностью воздуха значения нетто-обмена углерода возрастали в 2-3 раза относительно средних за весь сезон. Так, в сезоны 2004 – 2005 годов нетто-обмен в такие дни достигал $3,5 \text{ г С м}^{-2} \text{ сутки}^{-1}$, а в сезоны 2007 – 2008 гг. – $3,9 \text{ г С м}^{-2} \text{ сутки}^{-1}$. Кроме того, такие условия меняли картину нетто-обмена в сторону выделения углерода. В сезоны 2004 – 2005 годов она могла достигать $0,4 \text{ г С м}^{-2} \text{ сутки}^{-1}$, а в сезоны 2007 – 2008 годов пиковые значения были равны $3,1\text{--}4,3 \text{ г С м}^{-2} \text{ сутки}^{-1}$.

Следовательно, повышение влажности воздуха в течение суток с 50-70 % до 80-90 % вызывало

увеличение нетто-обмена CO₂. В сухие сезоны суточное поглощение атмосферной углекислоты экосистемой возрастало в 4-10 раз, во влажные – в 3-12 раз. Выделение CO₂ в атмосферу в течение суток при влажности воздуха более 90 % во влажные сезоны было в 8-11 раз выше, чем в сухие. Поэтому соотношение дней с нормальной, повышенной и высокой влажностью воздуха будет определять сезонный нетто-обмен углекислоты между листовенничной экосистемой и атмосферой. Дни с максимальной влажностью воздуха в течение суток встречались нечасто: 6-17 дней за весь вегетационный сезон. Доля дней с повышенной и высокой среднесуточной влажностью воздуха варьировала от 15 % в сухие (2004 – 2005 гг.) до 40 % во влажные (2007 – 2008 гг.) сезоны.

Средний суточный нетто-обмен углерода в экосистеме, образованной листовенницей Гмелина (Эвенкия), значительно ниже, чем в экосистеме с листовенницей Каяндера (Якутия) (табл. 1).

Оценка вклада отдельных компонентов в общую эмиссию CO₂ и C листовенничной экосистемой. Вклад древостоя в общую эмиссию экосистемы составил 29-30 %, суммарная эмиссия кустарников, напочвенного покрова, мхов и лишайников равнялась 41-49 %, а вместе с почвенным дыханием составила 70-71 % общей экосистемной эмиссии CO₂, что согласуется с полученными ранее результатами [5]. Доля почвенного дыхания равнялась 29-30 %.

Таблица 1. Показатели суточного обмена углерода в экосистемах, сформированных разными видами листовенницы

Сезон (год)	Поглощение C, г С м ⁻² сутки ⁻¹	Выделение C, г С м ⁻² сутки ⁻¹	Нетто-обмен, г С м ⁻² сутки ⁻¹
Листовенница Гмелина			
Сухой (2005)	-1,3	0,4	-0,9
Влажный (2008)	-2,1	0,9	-1,2
Листовенница Каяндера*			
Сухой (2001)	-4,08	2,50	-1,58
Влажный (2000)	-5,30	3,33	-1,97

Примечание. * [4].

Таким образом, на протяжении суток листовенничная экосистема является стоком атмосферного CO₂. Максимальная интенсивность поглощения атмосферной углекислоты листовенничной экосистемой в Центральной Эвенкии во влажные вегетационные сезоны в 1,5-2 раза выше, чем в сухие. В целом она близка к оценкам этого параметра в других бореальных экосистемах.

Факторами, ослабляющими процессы поглощения атмосферной углекислоты в течение суток, являются высокая влажность воздуха и низкая солнечная радиация, складывающиеся при облачной погоде. В этих условиях листовенничник начинает выделять CO₂ в атмосферу. Вклад таких дней в суммарное выделение углекислоты экосистемой в течение сезона варьирует от 7,5 % до 49,2 %.

Работа выполнена при финансовой поддержке Интеграционного проекта СО РАН № 76, гранта РФФИ-JSPS № 08-04-91204 и гранта РФФИ № 09-04-00179.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ведрова Э.Ф. Интенсивность разложения органического вещества на поверхности и в толще почвы // Лесные экосистемы Енисейского меридиана. Новосибирск: Наука, 2002. С. 231-232.
2. Замолодчиков Д.Г. Баланс углерода в тундровых и лесных экосистемах России: Дис. в виде науч. докл. ... докт. биол. наук: 03.00.16. Москва, 2003. 56 с.
3. Зырянов В.И., Накаи Ю., Ваганов Е.А. Влияние микроклимата на потоки углекислого газа в листовенничнике центральной Эвенкии // Хвойные бореальной зоны, 2008, XXV, 1-2. С. 122-127.
4. Максимов Т.Х. Круговорот углерода в листовенничных лесах якутского сектора криолитозоны: Дис. ... докт. биол. наук: 03.00.16 Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 2007. 303 с.
5. Масягина О.В. Эмиссия CO₂ напочвенным покровом и почвой листовенничников криолитозоны Средней Сибири: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 2003. 17 с.
6. Сорокин Н.Д., Евграфова С.Ю. Биологическая активность лесных криогенных почв Центральной Эвенкии // Почвоведение, 1999, 5. С. 634-638.
7. Чебакова Н.М., Колле О., Золотухин Д.А., Ллойд Дж., Арнет А., Парфенова Е.И., Шульце Е.-Д. Годичная и сезонная динамика энерго- и массообмена в сосновом лесу средней тайги // Лесные экосистемы Енисейского меридиана. Новосибирск: Наука, 2002. С. 252-264.
8. Arguez, A., Waple A.M., Sanchez-Lugo A.M. State of the climate in 2006. Executive Summary // Bull. Amer. Meteorol. Soc., 2007, 88 (6): 929-932.
9. Pattey E., Desjardins R.L., St-Amour G. Mass and energy exchanges over a black spruce forest during key periods of BOREAS 1994 // Journal of Geophys. Res., 1997, 102D (28): 28967-28975.
10. Schulze, E.-D., Lloyd J., Kelliher F.M., et al. Productivity of forests in the Euro Siberian boreal region and their potential to act as a carbon sink – a synthesis // Global Change Biol., 1999, 5:703-722.

ВЛИЯНИЕ ЛЕСА В ГОРНЫХ ЛАНДШАФТАХ КАВКАЗА НА ФОРМИРОВАНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ ПАВОДКОВ

А.П. КАЗАНКИН

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Показана зависимость числа наводнений на континентах от совместного действия гор и лесов. Установлена связь максимального модуля стока рек Кавказа с лесистостью и площадью водосборов.

Отмечается, что на склонах с лесными почвами, подстилаемыми плотными грунтами или трещиноватыми горными породами, формирование паводков существенно различается. Максимальные паводки имеют наименьшие значения при лесистости водосборов около 50 %. В России наводнения наносят ущерб более 40 млрд рублей в год. Одним из главных факторов учащения наводнений в мире считается уничтожение лесов [1]. За последние годы проведены исследования, по результатам которых сделаны выводы о незначительном влиянии леса на максимальные паводки и минимальные расходы рек в различных географических условиях Европы [13]. Эти выводы противоречат многочисленным исследованиям, выполненным в России и за рубежом, и обуславливают необходимость дополнительного анализа факторов стока в целях выявления роли леса при формировании максимальных паводков, наносящих нередко значительный ущерб народному хозяйству. При возникновении паводков и наводнений большое значение придается горам, которые направляют многие процессы, происходящие в предгорье, а регулярные катастрофические наводнения на реках Ганг и Брахмапутра связаны не только с муссонным климатом, но и с вырубкой лесов на горных склонах Гималаев [11]. Этот вывод справедлив для районов, расположенных в центральной и восточной частях северного склона Большого Кавказа и для верховья реки Кубань.

Анализ материалов показал, что среднее число наводнений на шести континентах имеет тесную связь с совместным влиянием гор и лесов. Эта связь оценивается индексом корреляции, равным 0,999.

В целях выявления факторов, наиболее существенно влияющих на формирование максимальных паводков, из 83 рек Кавказа были подобраны 15, которые отличаются наивысшими модулями стока за весь период наблюдений (до 1980 г.). Принятым величинам лесистости водосборов соответствуют различные площади бассейнов, или близкие площади бассейнов имеют разную лесистость. Исходными данными явились основные гидрологические характеристики [2, 7, 10, 12].

Рядом исследователей установлено отношение модуля максимального расхода на малолесных реках к модулю лесных рек, которое меняется по географическим зонам от 1,44 до 2,26 [4]. П.Ф. Иззон пришел к выводу, что для горных условий на каждом водосборе площадью 1500 га и более должно оставаться лесопокрываемой площади не менее 50 % от площади водосбора, и ни один из частных водосборов меньшего размера не должен оказаться вырубленным полностью [4]. Оптимальная водорегулирующая лесистость для горных районов составляет 40-60 % [9]. Для сравнения укажем, что наименьшие пики весенних паводков на равнинных реках наблюдается при лесистости 30-40 % [8].

На формирование модуля максимального стока существенное влияние оказывает площадь водосбора, так как наиболее сильные ливни охватывают относительно небольшие территории с резким убыванием интенсивности по мере удаления от центра ливневых осадков, в результате чего модуль стока снижается с увеличением водосбора [3].

В горных условиях Кавказа на территории, расположенной между бассейнами рек Сунжи на востоке и Риони на западе, корреляционная связь модулей максимального стока (M_m , м³/сек) 15 рек с совместным влиянием лесистости (X , % от 0 до 99 %) и площади водосборов (Y , км² в пределах 14,6-2830 км²) характеризуется уравнением:

$$M_m = 7,8 - 0,0028Y - 0,2664X + 0,00000042153Y^2 + 0,00003045XY + 0,0027X^2.$$

Индекс корреляции между эмпирическими и вычисленными значениями составляет 0,965±0,073. Эта связь графически выражается в виде поверхности регрессии, на которой зависимость M_m от X имеет вид кривой, аналогичной по форме полученной А.Д. Дубахом [5] и И.В. Ивановым [6] при анализе соотношения наибольших расходов в результате таяния снега в бассейнах с различной лесистостью. Для горных рек Кавказа наименьшие значения M_m наблюдаются при лесистости водосборов 40-60 %. При таянии снега снижение паводков объясняется одновременностью этого процесса в лесу и на открытом пространстве. При ливнях на частично залесенных водосборах снижение M_m достигается различной скоростью передвижения воды по поверхности почвы с травянистой растительностью и почвенным стоком в лесу. Отмеченное явление характерно для почвенного покрова, подстилаемого водоупорным горизонтом или плотной осадочной и эффузивной горной породой. В таких условиях на склонах

естественная система внутрипочвенных дрен имеет направление, параллельное поверхности почвы, и на фоне наименьшей влагоемкости при ливнях образуется почвенный сток, который выклинивается в гидрографическую сеть и может сформировать паводок, мало чем отличающийся от реки с беслесным водосбором. Если почва подстилается трещиноватыми горными породами или другими хорошо дренированными грунтами, то на склонах формируются почвы с вертикальными дренами, по которым вода при ливнях поступает вглубь горных пород – этим лесные почвы на склонах существенно отличаются от горно-луговых, плотная дернина которых характеризуется низкой водопроницаемостью.

Влияние трещиноватости горных пород на максимальные паводки определяется суммарной ёмкостью пустот и скоростью разгрузки трещинных, пластовых, карстовых вод в гидрографическую сеть водосбора, орошаемого ливнем, а в антиклинальных долинах – объёмом воды, поступающей в пласты, расстоянием до источников и скоростью разгрузки пластовых вод.

Согласно уравнению, при лесистости (10 %) водосбора реки Подкумок (площадь 1010 км²) в районе г. Кисловодска потенциальный модуль максимального стока составляет 3,3 м³/с/км², а расход 3348 м³/с; при лесистости 40 % соответственно 0,296 м³/с/км² и 299 м³/с. В последнем случае паводки будут ниже измеренного максимума (350 м³/сек). Средний многолетний сток наносов с полностью залесенных водосборов достигает 463, а с полностью безлесных – более 3600 т с 1 км² в год. Характерно, что при формировании значительных паводков на горных реках с высокой лесистостью водосборов лесные экосистемы сохраняются без видимых нарушений, отсутствуют также селевые потоки и лавины. Восстановление лесных насаждений на водосборах в верховье р. Кубани, центральной и восточной частях северного склона Большого Кавказа позволило бы уменьшить разрушение горных ландшафтов и снизить паводки на реках.

Таким образом, в условиях Кавказа не подтверждается вывод авторов [13] о незначительном влиянии лесистости водосборов на максимальные расходы рек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авакян А.Б., Истомина М.Н. Наводнения в мире в последние годы XX века // Водные ресурсы, 2000, 5. С. 517-523.
2. Важнов А.Н. Анализ и прогноз стока рек Кавказа. М: Моск. отдел. Гидрометеоздата, 1966. 274 с.
3. Важнов А.Н. Гидрология рек. М.: Изд-во Моск.ун-та, 1976. 240 с.
4. Влияние леса на водные ресурсы. М.: Наука, 1986. 168 с.
5. Дубах А.Д. Лес как гидрологический фактор. М.-Л.: Гослемуиздат, 1951. 160 с.
6. Иванов И.В. О влиянии лесистости бассейна на максимальный расход половодья // Тр. Центр. ин-та прогнозов (ЦИП), 1951, вып.24 (51). С. 55-59.
7. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. 1, вып. 1. Л.: Гидрометеоздат, 1986. 243 с.
8. Молчанов А.А. Гидрологическая роль леса. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 454 с.
9. Онучин А.А., Гапаров К.К., Михеева Н.А. Влияние лесистости и климатических факторов на годовой сток рек Прииссыкуля // Лесоведение, 2008, 6. С. 45-52.
10. Основные гидрологические характеристики. Т.8. Л.: Гидрометеоздат, 1966. 452с.; 1980. 355 с.
11. Супруненко Ю.П. На высотных этажах планеты. М.: Триванг, 1999. 496 с.
12. Хмаладзе Г.Н. Выносы наносов рек Черноморского побережья Кавказа. Л.: Гидрометеоздат, 1978. 168 с.
13. Robinson M., Cognard-Plang A-L., Cosandey C., David J., Durand P., Fuhrer H.-W., Hall R., Hendrigues M.O., Marc V., McCarthy R., McDonnell M., Martin C., Nisbet T., Dea P., Rodgers M., Zollner A.. Studies of the impact of forests on peak flows and base flows: a European perspective // Forest Ecol. And Manag [ЭУ], 2003, 186, 1-3. Pp. 85-97.

УДК 574.4+582.475.4

ОЦЕНКА ЗАПАСОВ КРУПНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ОСТАТКОВ В ТЕМНОХВОЙНЫХ ЛЕСАХ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ ПО ФИТОДЕТРИТУ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

А.В. КЛИМЧЕНКО, С.В. ВЕРХОВЕЦ, О.А. СЛИНКИНА, Н.Н. КОШУРНИКОВА

Институт леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Показаны запасы крупных древесных остатков на поверхности почвы в темнохвойных лесах средней тайги Средней Сибири, произрастающих в зоне охвата радиусом до 100 км от измерительной вышки обсерватории ЗОТТО. Данные оценки получены для формирования базы данных по компонентам фитодетрита и необходимы для уточнения количественной характеристики потока углерода при деструкции растительных остатков.

В настоящее время запасы углерода в фитодетрите лесных экосистем России не определены должным образом, поэтому необходимо создание базы данных по запасам углерода в лесной подстилке и крупных древесных остатках (КДО), поскольку эти группы детрита различаются скоростью разложения [1]. По сравнению с другими растительными остатками на поверхности почвы отпавшая древесина разлагается намного медленнее, поэтому её наличие в экосистеме в некоторой степени сдерживает возврат углерода в атмосферу. В рамках проведенных исследований к КДО относятся отпавшие стволы деревьев на поверхности почвы и пни.

Исследования запасов КДО проводились на территории радиусом до 100 км от измерительной вышки международной обсерватории ZOTTO, расположенной в районе пос. Зотино (Красноярский край, (60° с.ш., 90° в.д.), в рамках комплексной экспедиции по таксации и инвентаризации основных сибирских экосистем, входящих в охват измерений станции высотной мачты. Район исследований, согласно лесорастительному районированию [4], относится к Сымско-Дубческому лесорастительному округу среднетаёжных лесов.

Для выявления участков со сходными типами растительного покрова проведена классификация снимков LANDSAT. В результате анализа полученной классификации установлено, что 48 % исследуемой территории приходится на темнохвойные леса. На основе космоснимков со спутников LANDSAT в районе проведения исследований выделены трансекты, на которых были запланированы точки для закладки пробных площадей.

Пробные площади закладывались в систематическом порядке. Выстраивались трансекты, охватывающие наиболее репрезентативные участки лесных массивов территории района исследования. Закладка пробных площадей в систематическом порядке позволяет максимально исключить влияние субъективизма при выборе местоположения каждой пробной площади, а также не допустить диспропорций при выборе соотношения различных типов растительности. Расстояния между пробными площадями в направлении ЮС и ЗВ равнялись 1 км. Местоположения каждой конкретной пробной площади определялись с помощью портативного позиционирующего устройства (GPS) с точностью 15 м.

Пробная площадь состояла из трех concentрических кругов. Диаметр первого круга – 3,5 м, второго – 7,5 м и третьего – 15,0 м. Центр каждой пробной площади отмечался деревянной вешкой. Разбивка пробной площади на местности осуществлялась по направлениям С, Ю, З, В при помощи буссоли, мерной ленты и флажков-указателей.

На пробных площадях определялись запасы органического вещества древесного яруса, подроста, подлеска, живого напочвенного покрова, подстилки, КДО и почвы.

Изучение запасов КДО проведено посредством сплошного учета отпавших стволов и пней с определением класса разложения и породы дерева. Выделено три класса разложения: 1 – древесина не утратила своей твердости, на стволах сохраняются кора и ветви; 2 – древесина частично утратила свою твердость, кора довольно легко отслаивается, присутствуют крупные и мелкие ветви; 3 – древесина почти полностью утратила свою твердость, на стволах в незначительном количестве имеются кора и крупные ветви. На основании геометрических параметров КДО рассчитан их объем по формуле объема усеченного конуса. Согласно литературным данным [2, 3, 7] для различных древесных видов и разных условий местопроизрастания, снижение плотности валежа по отношению к базовой для 1, 2, и 3 классов разложения составили в среднем 10, 30 и 50 % соответственно. Согласно литературным данным [5, 6], величина базовой плотности для кедра, пихты и ели составила 0,4, 0,329 и 0,411 т/м³ соответственно. На основании полученного объема и плотности древесины по классам разложения определен запас органического вещества в т/га.

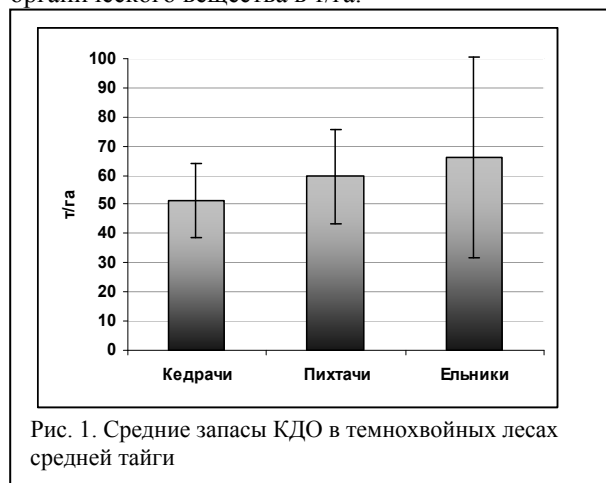


Рис. 1. Средние запасы КДО в темнохвойных лесах средней тайги

Исследования запасов КДО были проведены на 49 пробных площадях, заложенных в кедрачах, пихтачах и ельниках зеленомошной группы типов леса.

Запасы мертвой древесины для всех темнохвойных насаждений изменяются в достаточно широких интервалах и могут составлять от 2 до 260 т/га. В среднем аккумуляция органического вещества в КДО составила для кедрачей 51,5±12,8, для пихтачей 59,6±16,1 и для ельников 66,2±34,5 т/га (рис. 1). Общие запасы на всей территории радиусом до 100 км от измерительной вышки достигают в кедрачах 2,9·10⁶ т, в пихтарниках и ельниках 8,9·10⁶ т.

Таким образом, на основе коэффициентов скорости разложения КДО и приведенных оценок запасов в дальнейшем будет получена величина потока

углерода в атмосферу при деструкции крупного фитодетрита.

Работа выполнена при поддержке проекта МНТЦ-2770,

ЛИТЕРАТУРА

1. *Круговорот* углерода на территории России / Углерод в лесах северной Евразии / А.С. Исаев, Г.Н. Коровин. Под общ. ред. Г.А. Заварзина. М., 1999. 325 с.
2. *Климченко А.В.* Аккумуляция углерода в валежнике лиственничников северной тайги Средней Сибири // Лесное хозяйство, 2005, 5. С.33-34.
3. *Кошурникова Н.Н.* Бюджет углерода в темнохвойных лесах южной тайги: Автореф. дис.... канд. биол. наук: 03.00.16. Красноярск: Ин-т леса СО РАН. 2007. 20 с.
4. *Кротков И.А.* Лесорастительное районирование России и республик бывшего СССР // Углерод в экосистемах лесов и болот России. Красноярск: Ин-т леса СО РАН. 1994. С. 29-47.
5. *Плотность* древесины / Полубояринов О.И. М.: Лесная пром-ть, 1976. 160 с.
6. *Справочник* по древесине / Боровиков А.М., Уголев Б.Н.. М.: Лесная пром-ть, 1989. 294 с.
7. *Трефилова О.В.* Годичный цикл углерода в сосняках средней тайги Приенисейской Сибири: Автореф. дис.... канд. биол. наук: 03.00.16. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 2006. 17 с.

УДК 581.5+630х561.24

ДИНАМИКА ПРОДУКТИВНОСТИ ДРЕВОСТОЕВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КЛИМАТИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СРЕДЫ

А.А. КНОРРЕ^{1,2}, Е.А. БАБУШКИНА², А.В. КИРДЯНОВ^{1,2}

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

²Сибирский федеральный университет, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Исследования по выявлению доминирующих факторов, определяющих рост и динамику древостоев, проводились на территории юга Красноярского края и Хакасии. Выявлено, что на прогнозируемое повышение температуры наиболее резко отреагируют растительные сообщества лесостепи и высокогорий. Продуктивность древостоев, сформированных в пределах одного высотного уровня, будет сильно зависеть от их видового состава из-за специфичной реакции разных видов на климатические изменения в зависимости от их сценария.

Вопросы установления степени и характера влияния природных и антропогенных процессов на формирование и продуктивность лесных экосистем остаются открытыми вследствие постоянно меняющихся условий внешней среды [7]. Необходимо четко представлять степень и качество воздействия каждого из факторов в отдельности, разделяя их влияние на биоту. Исследования лесных экосистем и, в частности, формирующих их древостоев с использованием методов дендрохронологии вносят существенный вклад в понимание длительной динамики их функционирования в плане продуктивности и определяющего ее фактора. Если на границах растительных ареалов вопрос с выявлением определяющих рост факторов изучен достаточно [1, 2, 4, 5], то для обширных территорий внутренней части ареалов с огромным разнообразием топографических, почвенных и фитоценологических условий он остается до конца не решенным. По некоторым расчетным данным [6], уже в течение последующих 80 лет прогнозируется резкая смена растительных поясов, что может привести к перераспределению как биосферной, так и ресурсной роли лесов. Тем более необходимым является изучение реакции разных видов растительности на условия внешней среды и выявление их видоспецифичности в меняющихся условиях.

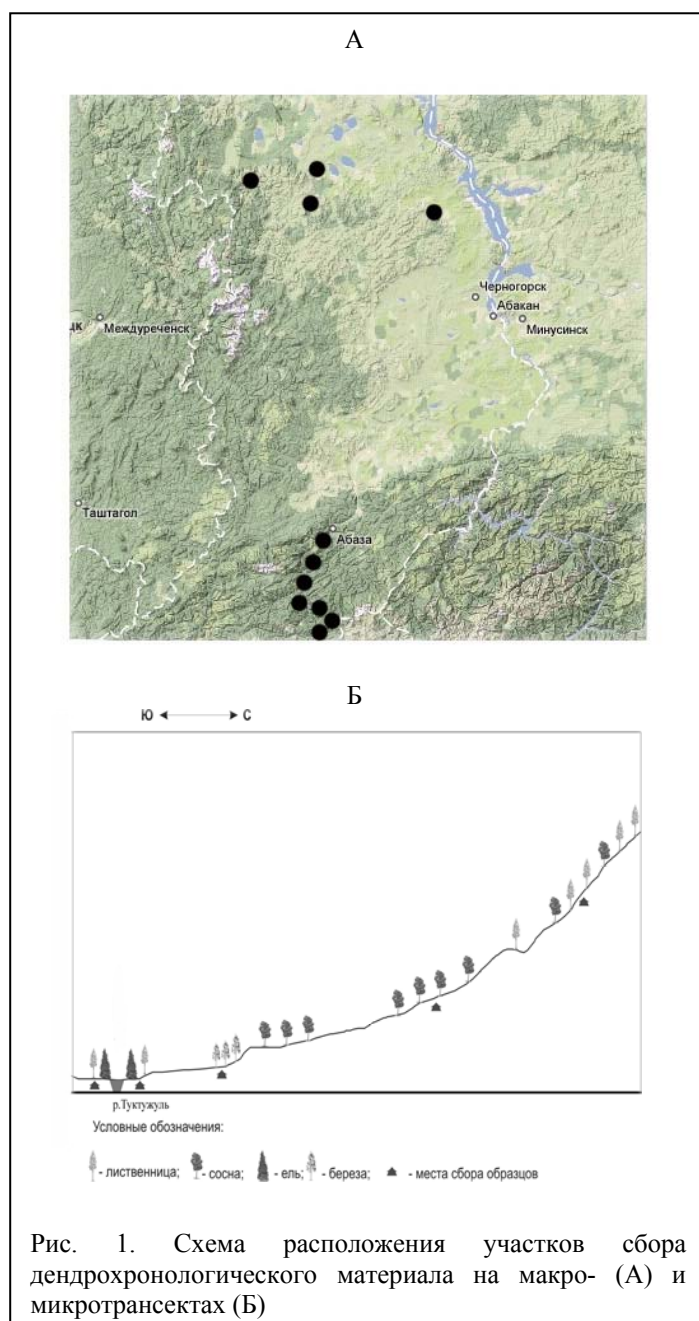
Исследования проходили на территории юга Красноярского края и в Республике Хакасия. Для сравнительного анализа и изучения реакции хвойных на изменение климатических параметров среды было выбрано два вида высотных трансектов (макро- и микро-) (рис. 1). Макротрансект включал получение хронологий для перепада высот от 440 до 1100 м над уровнем моря (от лесостепи до верхней границы леса). Микротрансект включал орографический профиль склона горы, переходящего в низинную часть, с участком периодически затопляемой поймы ручья Туктужуль (Ширинская лесостепь).

В пределах макротрансекта было построено 4 хронологии для низинной (лесостепной) части и 7 хронологий на разных высотных уровнях (рис. 1А).

В пределах микротрансекта проведено сравнение для трех хронологий на склоне и двух хронологий в пойме ручья (рис. 1Б). В анализе использовали керны живых деревьев *Pinus sylvestris*, *Larix sibirica*, *Pinus sibirica* на участках макротрансекта и *Pinus sylvestris*, *Larix sibirica*, *Pecea obovata* на участках микротрансекта.

Макротрансект

Диапазон возрастов, использованных в анализе деревьев, составляет для лесостепи 112-234 лет, для горных участков 164-260 лет. Показатели радиального прироста (ШГК) сильно варьируют в зависимости от вида и возраста деревьев и мало зависят от условий произрастания, кроме самых крайних участков (сухая лесостепь – верхняя граница леса). Средняя величина прироста у всех исследованных видов колеблется от 0,6 до 1,3 мм. Причем наибольший его разброс характерен для лиственницы и кедра на разных высотных уровнях трансекта, наименьший – для сосны. По степени чувствительности к внешним факторам выделяется лиственница, которая показывает наибольшие значения коэффициентов чувствительности (0,31-0,36) по сравнению с сосной (0,21-0,31) и кедром (0,15-0,17). Выявлены некоторые общие закономерности при анализе влияния климатических факторов на радиальный прирост хвойных (рис. 2). В лесостепи, в условиях недостатка влаги, как для лиственницы, так и для сосны

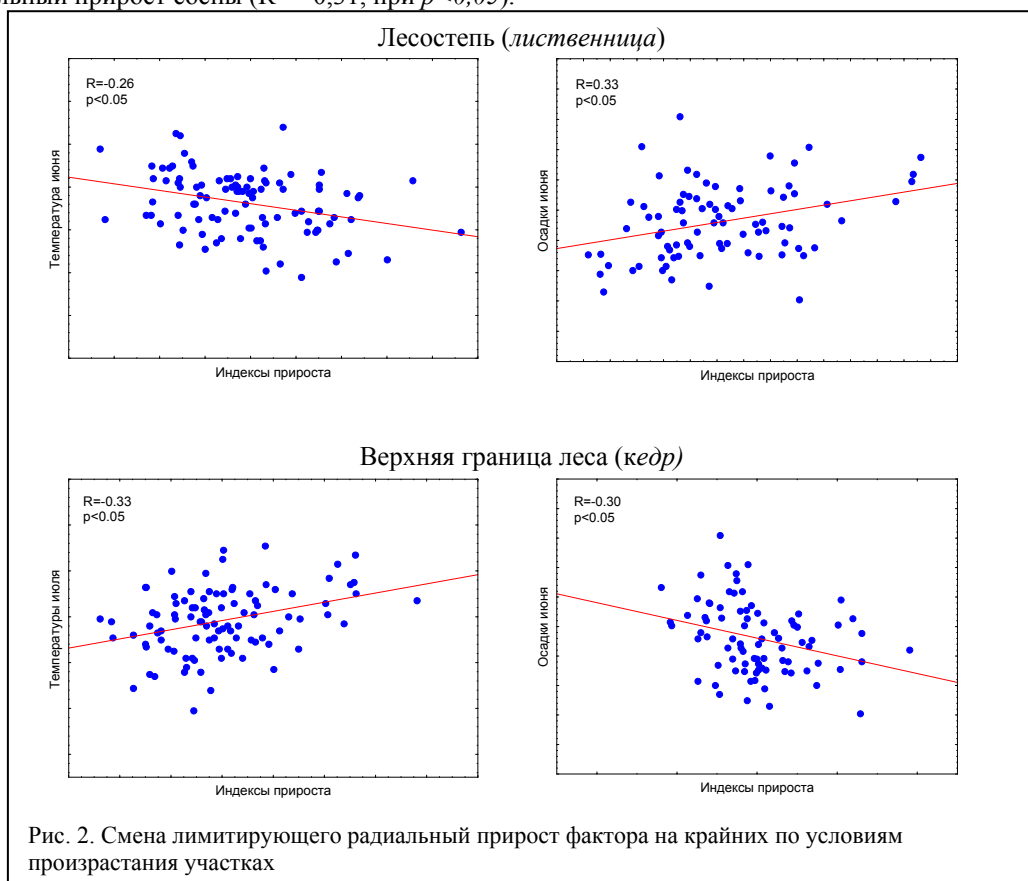


Микротрансект

Полученные хронологии для двух условий местообитаний (склон южной экспозиции и пойма ручья) описывают динамику радиального прироста разных видов за период от 150 до 205 лет. Средние показатели ШГК варьируют от 0,76 мм у лиственницы до 0,92 мм у сосны. Чувствительность полученных хронологий превышает значения 0,3, что свидетельствует о значительной реакции прироста

отмечается значимое влияние среднемесячного количества осадков в период начала вегетации ($R = 0,34-0,37$, при $p < 0,05$). Причем для сосны отмечаются более ранние сроки со значимыми коэффициентами корреляции, чем для лиственницы, что обусловлено несколько ранним по сравнению с лиственницей началом фотосинтетической активности. Для верхней границы леса, с преобладанием в составе древостоя кедра, наоборот, избыточное количество осадков июня месяца негативно влияет на радиальный прирост ($R = -0,35-0,42$, при $p < 0,05$). Влияние температурного режима показывает противоположную направленность, то есть в лесостепи в начале вегетационного периода температура отрицательно влияет на прирост хвойных ($R = -0,20-0,31$, при $p < 0,05$), тогда как на верхней границе она положительно значимо связана с приростом кедра ($R = 0,24-0,37$, при $p < 0,05$). Для переходной зоны между лесостепью и высокогорьем климатический сигнал имеет более размытый характер связей, однако отмечается общая зависимость радиального прироста хвойных от количества осадков начала вегетационного периода (апрель – май), и одновременно для этого же периода отмечается негативная связь с температурами воздуха. Это свидетельствует о том, что, несмотря на увеличение общего количества атмосферных осадков при продвижении от лесостепи к горным экосистемам, деревья могут испытывать недостаток влаги. Особенно это характерно для хронологий склонов из-за незначительного задержания воды в верхних горизонтах почвы.

деревьев на внешние условия. Все полученные хронологии статистически значимо ($p < 0,05$) связаны между собой внутри одного участка ($R = 0,42-0,56$). Несмотря на непосредственную близость двух участков, связи между хронологиями разных местообитаний сильно ослабевают ($R = 0,26$) либо становятся незначимыми для отдельных видов. Отклик (реакция) радиального прироста деревьев на климат различается как в зависимости от элемента рельефа, так и в зависимости от вида. Лиственница, произрастающая на склоне, показывает наиболее значимую связь с количеством атмосферных осадков июня месяца ($R = 0,26$, при $p < 0,05$) и негативно реагирует на высокие температуры начала вегетации, а именно мая ($R = -0,31$, при $p < 0,05$). Также отрицательно влияют высокие температуры воздуха июня на радиальный прирост сосны ($R = -0,31$, при $p < 0,05$).



Для пойменного участка, при общем благоприятном фоне условий для роста ели, увеличение атмосферных осадков июня месяца и увеличение температур воздуха июля месяца подавляют величину радиального прироста этого вида ($R = -0,26$ и $R = -0,38$, при $p < 0,05$ соответственно). Прирост лиственницы в большей степени зависит от температурного режима, значение коэффициента корреляции между температурой июня и ШГК составляет 0,58.

На основании проведенного анализа можно выделить некоторые общие закономерности влияния климата на динамику прироста хвойных видов. При рассмотрении реакции деревьев, произрастающих в условиях, обусловленных заранее разными параметрами климатических факторов в пределах макротрансекта (недостаток – избыток влаги), выделяется три группы. Определяющим фактором роста деревьев, произрастающих в зоне лесостепи, является степень увлажнения начала вегетационного периода. На верхней границе леса таким фактором является температурный режим середины вегетационного периода. Межгорные котловины и склоновые участки показывают смешанный климатический сигнал, однако прирост деревьев, произрастающих на более крутых склонах, в большей степени зависит от количества осадков, чем от температуры.

В условиях единообразного воздействия климатических факторов (микротрансект), когда точно известно, что на прирост деревьев оказывают влияние идентичные погодные условия, показано, что реакция деревьев в большей степени зависит от условий произрастания. Несмотря на то, что все хронологии были получены для деревьев, произрастающих в пределах 500 – 800 м, их реакция на климат существенно различается даже для одного вида. Так, на примере лиственницы видно, что она может служить хорошим индикатором как условий увлажнения на склонах южной экспозиции, так и термического режима в условиях с избытком почвенной влаги. Микроэкологические условия приводят к совместному влиянию разных факторов (температура, влажность) на формирование колец хвойных. Причем выявление связи прироста с одним из факторов (например, температурой) может служить

опосредованной реакцией дерева на недостаток влаги, и наоборот. Выявленная реакция прироста лиственницы, растущей в условиях повышенного увлажнения, позволяет говорить о том, что нетипичные для вида условия могут показать сильную зависимость от фактора (температуры), который при обычных условиях роста не находится в минимуме. Т.е. переизбыток влаги для лиственницы может создавать условия, в которых возможно более интенсивное протекание физиологических процессов (фотосинтез), а недостаток тепла приводит к их торможению. Здесь можно провести аналогию со сменой лимитирующего прирост фактора, отмеченного для хронологий высокогорных территорий и межгорных котловин, где при изменении климата происходит смена климатического сигнала [3].

Таким образом, на основании изучения динамики радиального прироста хвойных как интегрированного показателя продуктивности древостоев можно сделать некоторые предположения о изменении этого параметра в связи с меняющимся климатом исследованного региона. На прогнозируемое повышение температуры наиболее резко отреагируют растительные сообщества лесостепи и высокогорий, причем если у первых продуктивность будет снижаться, то у последних, наоборот, увеличиваться. Если при повышении температуры одновременно будет увеличиваться увлажненность территории, это положительно скажется на продуктивности всех древостоев. Однако динамика количества осадков и температуры воздуха последних десятилетий, по данным метеостанций (Шира, Минусинск), показывает, что при значительном увеличении температур воздуха не происходит увеличения количества осадков. Такая климатическая ситуация не способствует увеличению продуктивности лесов данного региона, что также фиксируется в ширине годичных колец, динамика которых не показывает значительных положительных трендов.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ 09-04-01380, 07-04-00293 и программы АБЦ «Развитие научного потенциала высшей школы» (№ 2.1.1/6131).

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев С.Б., Тулохонов А.К., Наурзбаев М.М. Региональные закономерности изменчивости прироста сосны в степной зоне Бурятии // География и прир. ресурсы, 2001, 1. С. 73-78.
2. Ваганов Е.А., Шиятов С.Г., Мазепа В.С. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике. Новосибирск: Наука, 1996. 245 с.
3. Магда В.Н., Ваганов Е.А. Климатические факторы, определяющие изменчивость радиального прироста лиственницы в межгорных котловинах Алтая // География и прир. ресурсы, 2001, 3. С. 76-81.
4. Магда В.Н. Радиальный прирост древесных растений как показатель увлажнения на юге Сибири: Автореф. дис.... канд. биол. наук: 511100. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 2003. 34 с.
5. Наурзбаев М. М., Ваганов Е. А., Сидорова О. В. Изменчивость приземной температуры воздуха на севере Евразии по данным тысячелетних древесно-кольцевых хронологий // Криосфера Земли, 2003, 7(2). С. 84-91.
6. Чебакова Н.М., Рейфельдт Дж., Парфенова Е.И. Перераспределение растительных зон и популяций лиственницы сибирской и сосны обыкновенной в Средней Сибири при потеплении климата // Сиб. экол. журн., 2003, 6. С. 677-686.
7. IPCC (2007) 4th Assessment report Intergovernmental panel on climate change.

УДК 630*11+630*116.1 (571.63)

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЛЕСНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ НА ВЕСЕННИЙ СТОК МАЛЫХ РЕК

Н.К. КОЖЕВНИКОВА

Биолого-почвенный институт ДВО РАН, Владивосток

АННОТАЦИЯ

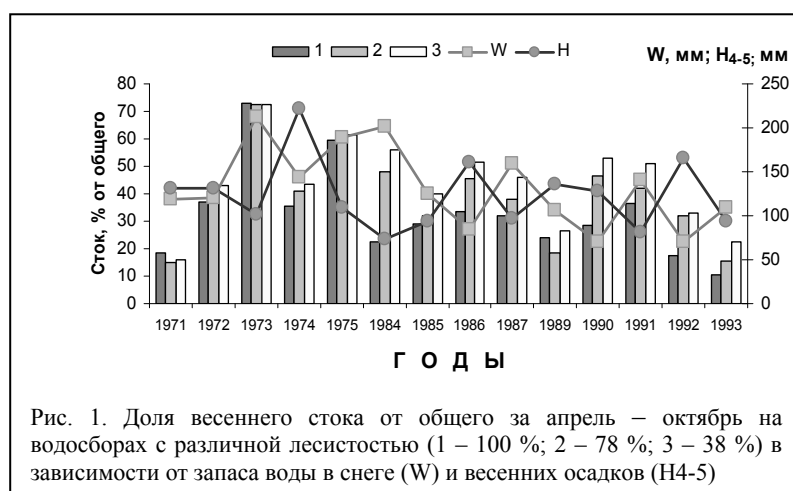
Для изученных водосборов определена тесная корреляционная связь максимального расхода и объема половодья с биометрическими свойствами лесного покрова: величиной фитомассы хвои и листвы, запасом сырого леса. По тенденции изменения характеристик лесного полога в коренном лесу и на вырубках эта зависимость отражена тремя уравнениями регрессии. Анализ регрессионных моделей показывает, что водорегулирующее влияние состава леса в весенний сезон проявляется в характеристиках снеготаяния и промерзания почвогрунтов.

Знание закономерностей изменения водных ресурсов того или иного региона в связи с динамикой лесистости, состоянием лесов и характером использования земель на водосборах представляет большой практический интерес. В малом речном бассейне отражается равновесие эндогенных и экзогенных, рельефообразующих и климатических процессов. В таких условиях процессы, происходящие на этих водосборах, с большой долей правдоподобности описываются системой уравнений [1, 8].

Исследования за русловым стоком произведены в горных бассейнах верхнего течения р. Уссури

на западном макросклоне Южного Сихотэ-Алиня. Анализу подлежат характеристики весеннего половодья на водосборах с различными таксационными характеристиками древостоев. За весенний сезон принят период от начала снеготаяния до окончания половодья. В основном этот период включает апрель и май, редко – первую декаду июня.

В весенний и раннелетний период питание рек происходит за счет снеготаяния и выпадающих осадков. Некоторое количество влаги образует поверхностный сток (1-5 %). Большая ее часть аккумулируется в толще мерзлых грунтов. По мере их оттаивания происходит просачивание талых вод и поступление их через систему дрена в русловую сеть [3, 4]. Весной доля стока составляет, чаще всего, 10-25 % от суммарного за теплый период (рис. 1). В отдельные годы при повышенных снегозапасах и относительно сухом лете весеннее половодье является основной фазой водного режима.



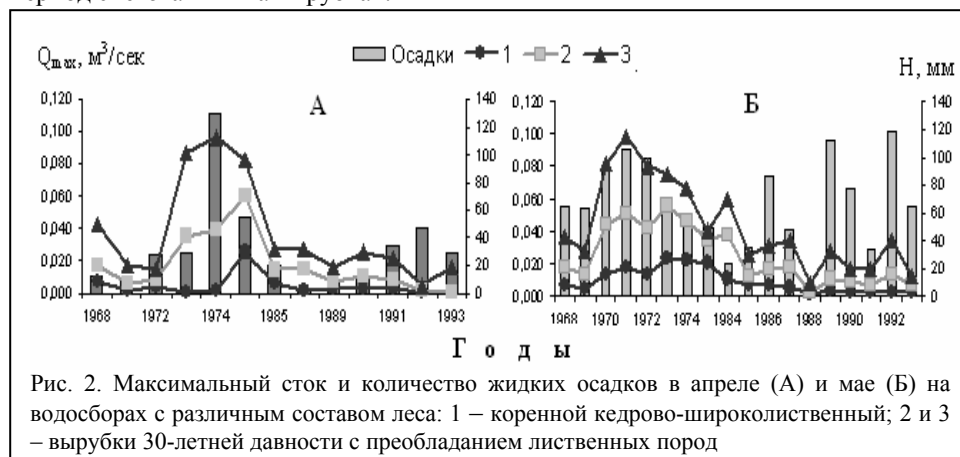
в 1,5-2 раза [5]. С конца прошлого столетия значительно возросло количество зимних осадков [7,11]. При обильных снегопадах в период максимального накопления запасов воды в снеге (март), число случаев которых увеличилось с 1980 г. в 2 раза, возрастает угроза наводнения.

Разливы рек в весенний период наблюдаются по всей территории Приморского края. Половодье отчетливо выражено только на реках бассейна Уссури и по своему объему не уступает отдельным дождевым паводкам. Для бассейна верхнего течения р. Уссури характерны очень большие разливы рек весной [12]. Определяющими факторами сезона весеннего половодья являются: максимальные запасы воды в снеге, предшествующее увлажнение, условия промерзания почвы, осадки и температура за период половодья. Из всех климатических характеристик снежного покрова важнейшим интегральным стокообразующим показателем являются максимальные снегозапасы [7, 9]. Определенные для конкретной территории, они характеризуют ее снежные ресурсы. На величину снегозапасов при прочих равных условиях (географическое положение, одинаковая лесистость водосборов и др.) существенное влияние оказывают высота местности и экспозиция склонов. В формировании весеннего стока в бассейне значительное место занимают дождевые воды, накладывающиеся на спад половодья. Все факторы, влияющие на объем и максимальный слой весеннего половодья в лесном бассейне, зависят от биометрических характеристик насаждений [2]. Водосбор с преобладанием в составе древостоя лиственных пород отличается большим снегонакоплением. Снежный покров в лиственных лесах образуется с наибольшими запасами воды и высотой снега по сравнению с хвойными [9, 10]. Влияние насаждений на величину запаса воды в снеге хорошо иллюстрирует коэффициент снегозапаса – отношение снегозапасов на различных участках к максимальному на водосборе. За период имеющихся в исследуемом бассейне наблюдений в порядке убывания средних коэффициентов снегозапаса насаждения можно разместить таким образом: вырубка – лесные полосы – лес, пройденный выборочными рубками – лес, не тронутый рубками [4].

Объем весеннего половодья на водосборе, покрытом лиственными молодняками, в 1,5-3 раза выше. Максимальный расход за период весны на площади, где была проведена сплошная вырубка леса, чаще случается в апреле. На водосборе с коренным хвойно-широколиственным лесом пик максимума весной приходится на май. Максимальный сток в апреле и мае на водосборах, подвергшихся вырубке леса (2 и 3), возрастает с увеличением количества жидких осадков (рис. 2). Максимальный расход на этих водосборах превышает максимум с полностью облесеных. Отношение $Q_{\text{maxВыр}}/Q_{\text{maxЛес}}$ в апреле составляет 2,5-75, в мае 1,5-5. Наибольший максимум наблюдается на сплошной вырубке с преобладанием склонов южных экспозиций. В год с максимальными снегозапасами и холодным апрелем – таким был, например, 1973-й, – повышение водности на лесном водосборе начинается только в мае. Уровень воды в ручье на этом участке в апреле низкий, поэтому в такие годы зафиксировано

На водосборах, покрытых коренным лесом, доля весеннего стока выше, чем на вырубке. По мере зарастания вырубки лиственными молодняками на этих водосборах происходит большее накопление снега и меньшее промерзание почвы [6]. Вышеназванные условия и радиационный тип весны способствуют поступлению наибольшего объема воды в русловую сеть на этом участке реки. Преобладание лиственных пород на водосборе содействует возрастанию максимального весеннего стока в такие периоды

значительное превышение расходов в период активного поступления талой воды с вырубленных водосборов. Такая же картина наблюдается при выпадении большого количества жидких осадков в период снеготаяния на вырубках.



изученных водосборов определена тесная корреляционная зависимость максимального расхода и объема половодья с индикаторными свойствами лесного покрова: величиной фитомассы хвои и листьев, запасом сырого леса, полнотой. Зависимость обратная, величины корреляционных коэффициентов наиболее значимы при анализе с максимальными расходами ($R = 0,60-0,89$). Корреляционный анализ показывает, что на водосборе, покрытом коренным лесом, наиболее значима фитомасса хвои, а на восстанавливающихся вырубках – фитомасса листьев и общий запас древостоев. На водосборе с преобладанием склонов южных экспозиций и лесистостью 38 % наиболее значимой связью становится после достижения лесистости экспериментального бассейна 50 %.

Уравнения регрессии (1-6) могут быть использованы при прогнозировании параметров весеннего половодья на водосборах со сходными таксационными характеристиками. Наличие связи достоверно с вероятностью 95 %, $F > F_{0,05}$. Регрессионные модели для водосборов, покрытых лесами с различным составом древостоев, приведены ниже:

Разнокустарниковый кедровник с березой желтой (водосбор 1). Лесистость – 100 %. На юго-западных и западных склонах леса характеризуется большим участием в составе лиственных пород, состав леса – 3КЗБж1Е1П2Лп ед. Кл, Я, Д, Бб; на теневых в составе насаждений – 3К2Е2П2Бж1Лп ед. Кл, Я – возрастает участие ели аянской и пихты белокорой.

$$Y_{\max} = 50,2 + 0,037 * W + 4,3 * I - 10,8 * \Phi X + 4,95 * \Phi Л + 0,02 * H_{10}; R^2 = 0,87; F = 22,5 \quad (1)$$

$$Y = 781 + 0,291 * W - 142,6 * \Phi X + 67,9 * \Phi Л - 29,6 * I + 0,147 * H_{10}; R^2 = 0,74; F = 7,7 \quad (2)$$

Сплошная вырубка 1965 – 1966 гг. в разнокустарниковом кедровнике с березой желтой в верхней и средней частях экспериментального участка (водосбор 2). Лесистость после рубки – 78 %. Состав леса через 30 лет после рубки: на восточном склоне 6Бж1Еа1Т1Лп1Кл+К,Пб,Ив, на западном 4Бж2Еа2Пб1К1Лп+Кл,Ив,Т_ед.Чм.

$$Y_{\max} = 20 - 0,008 * W - 1,03 * I + 9,37 * \Phi X - 41,6 * \Phi Л + 0,01 * H_{10}; R^2 = 0,89; F = 16,5 \quad (3)$$

$$Y = 111 + 0,47 * (W + H) - 74,96 * I + 176,7 * \Phi X - 633 * \Phi Л + 0,169 * H_{10}; R^2 = 0,92; F = 18,5 \quad (4)$$

Сплошная вырубка 1965 – 1966 гг. в нижней части экспериментального бассейна (водосбор 3). Лесистость после рубки – 38 %. На северном склоне в разнокустарниковом кедровнике с березой желтой через 30 лет после рубки состав леса следующий: 2Бж2Т1К1Пб1Кл1Лп1Ив1Вм+Еа_ед.Чм,Рб. На южном склоне в мшисто-папоротниковом кедрово-еловом лесу с липой и березой желтой – 4Бж3Т1Лп1Ос1Лп+К,Еа,Пб_ед.Чм,Кл.

$$Y_{\max} = 6,81 - 0,004 * (W + H) + 1,17 * I + 2,99 * \Phi X - 9,64 * \Phi Л + 0,014 * H_{10}; R^2 = 0,90; F = 17,2 \quad (5)$$

$$Y = 67 + 0,484 * (W + H) - 32,1 * I + 40,1 * \Phi X - 139,9 * \Phi Л + 0,169 * H_{10}; R^2 = 0,95; F = 33,1 \quad (6), \text{ где}$$

$Y_{\max}$ – максимальный расход воды, мм; Y – объем весеннего половодья, мм; W – запас воды в снеге, мм; H – осадки за апрель – май, мм; I – интенсивность оттаивания почвы, см/сут; H_{10} – осадки за октябрь, мм; ΦX – фитомасса хвои; $\Phi Л$ – фитомасса листьев; R^2 – коэффициент детерминации; F – критерий Фишера.

Оценка статистической значимости коэффициентов регрессии показала, что наиболее статистически значимыми являются биометрические характеристики древостоев. При лесовосстановлении доля листовая масса в наибольшей степени влияет на величину стока весеннего половодья на водосборе с лесистостью после рубки 38 %. На водосборе с первоначальной лесистостью 78 % изменения максимального расхода и объема половодья зависят в равной степени от фитомассы хвои и листьев. При лесовосстановлении (1965 – 1995 гг.), когда количество общей надземной фитомассы увеличивается на 11-12 %, максимальный расход уменьшается в 3 и 2,6 раза соответственно на

По многолетним наблюдениям установлена зависимость характеристик весеннего паводка от величин промерзания-оттаивания почвы, снегонакопления и количества жидких осадков, выпадающих в весенний период и в октябре. Для

водосборах с лесистостью после вырубki 78 и 38 %. В коренном лесу за этот же период максимальный сток уменьшился в 3,5 раза. Таким образом, водорегулирующее влияние леса в весенний сезон проявляется в характеристиках снеготаяния и промерзания почвогрунтов. Снижая интенсивность этих характеристик, лесные насаждения с преобладанием хвойных пород способствуют просачиванию значительного объема влаги в метровый слой почвы. Талые воды постепенно поступают в русловую сеть, снижая максимальный расход половодья и повышая среднюю водность водосбора в весенне-раннелетний период.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Влияние леса на сток рек* / П.Ф. Идзон, Г.С. Пименова. М.: Наука, 1975. 111 с.
2. *Водорегулирующая роль таежных лесов* / М.В. Рубцов, А.А. Дерюгин, Ю.Н. Салмина и др. М.: Агропромиздат, 1990. 222 с.
3. *Гарцман И.Н.* Весенний сток рек Приморья // Тр. ДВФ СО АН СССР, сер. техн., 1958, т. 1. С. 151-221.
4. *Жильцов А.С.* Гидрологическая роль горных хвойно-широколиственных лесов Южного Приморья. Владивосток: Дальнаука, 2008. 331 с.
5. *Кожевникова Н.К.* Влияние сезонного промерзания почвогрунтов на русловую сток весенне-летнего периода в лесах южного Сихотэ-Алиня // Мат. всерос. конф. «Природная и антропогенная динамика наземных экосистем». Иркутск, 2005. С. 308-311.
6. *Кожевникова Н.К.* Динамика сезонно-мерзлотных характеристик почв в лесах южного Сихотэ-Алиня // Вестник КрасГАУ, вып.2.. Красноярск, 2008. С. 58-65.
7. *Кожевникова Н.К.* Водный режим горных лесных бассейнов в период циклонической деятельности // Вестник КрасГАУ, вып.6. Красноярск, 2008. С. 70-79.
8. *Мишон В.М.* Снежные ресурсы и местный сток. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1988. 192 с.
9. *Онучин А.А.* Влагооборот горных лесов Сибири (локальные и региональные особенности): Автореф. дис.... докт. биол. наук: 03.00.16. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 2003. 33 с.
10. *Петропавловский Б.С.* К влиянию полноты кедрово-широколиственных насаждений на снегонакопление и снеготаяние // Тр. ДальНИИЛХ. Хабаровск: Хабаровское кн. изд-во, 1969. С. 201-212.
11. *Платонова В.А.* Оценка и прогноз современного климатического режима холодного полугодия юга Сибири и Дальнего Востока: Автореф. дис.... канд. геогр. наук: 25.00.30. Владивосток: ДВГУ, 2006. 20 с.
12. *Ресурсы поверхностных вод СССР*. Т. 18, вып. 3. Приморье / Л.: Гидрометеиздат, 1972. 627 с.

УДК 630.182.58

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПИТАТЕЛЬНОГО СТАТУСА СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ НА ФОНОВЫХ И ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЯХ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Т.А. МИХАЙЛОВА¹, О.В. КАЛУГИНА¹, Л.В. АФАНАСЬЕВА², О.И. НЕСТЕРЕНКО¹

¹Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск

²Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ

АННОТАЦИЯ

Проведено исследование элементного химического состава ассимилирующей фитомассы древостоев сосны в разных биогеографических и лесорастительных условиях. Выявлены связи между морфоструктурными параметрами крон деревьев и химическим составом хвои. Проанализированы тренды изменений биогенных элементов и элементов-поллютантов при техногенной дигрессии в разных частях региона. Охарактеризован уровень адаптивного потенциала древесных растений и специфика его проявления в разных условиях произрастания.

Многолетние исследования элементного химического состава хвои сосны обыкновенной (растения-индикатора) позволили выявить пространственное распространение техногенного загрязнения в Байкальском регионе, провести выделение территорий по уровню и характеру загрязнения, установить связь между накоплением элементов-поллютантов и степенью угнетения древостоев [1, 5]. Дальнейшее развитие этих исследований проводилось с целью изучить изменения питательного статуса древостоев при техногенной дигрессии и показать степень влияния на этот процесс биогеографического и лесотипологического факторов.

Хотя при техногенном загрязнении трансформация лесной экосистемы обусловлена нарушением всех ее основных компонентов, главенствующая роль в этом процессе принадлежит фитоценозу, основной составляющей которого является древесный ярус, древостой. Считается, что именно древостой принимает на себя основную нагрузку, определяя всю последующую циркуляцию элементов (и поллютантов, и биофилов) в лесной экосистеме [2, 4]. При этом роль регуляторного звена принадлежит ассимилирующим органам. Содержание химических элементов в ассимилирующей фитомассе – это

достаточно информативный показатель, он позволяет диагностировать ранние изменения питательного статуса фитоценоза и соответственно нарушения биогенной миграции элементов в лесной экосистеме. Тем базовым критерием, который указывает на естественный биологический цикл элементов, служит их содержание на фоновых территориях.

Нами проведен анализ данных элементного химического состава хвои сосны в разных частях Байкальского региона – в южном Предбайкалье, юго-западном Забайкалье и в северном Прибайкалье, которые отличаются по рельефу, континентальности климата, уровню осадков, сумме положительных температур и по другим параметрам. Необходимо подчеркнуть, что в данном сообщении рассматриваются локальные фоновые и загрязненные участки, находящиеся в пределах каждой географической территории.

Исследовались наиболее распространенные типы леса (группы типов леса): в южном Предбайкалье – сосняки разнотравные и рододендроновые, в юго-западном Забайкалье – сосняки ксерофитно-низкотравные и рододендроновые, в северном Прибайкалье – рододендроновые. Полученные данные свидетельствуют о различиях в элементном химическом составе хвои на фоновых территориях. Так, в южном Предбайкалье наибольшая степень варьирования выявлена для свинца, марганца, кремния; в северном Прибайкалье – для кадмия, цинка, кальция; в юго-западном Забайкалье коэффициенты вариации ниже, не превышают 12 %. Если же сравнивать количественные значения (по средним величинам), то обнаруживается, что северное Прибайкалье выделяется по меньшему содержанию азота, магния, кальция, натрия и более высокому уровню фосфора, калия, кремния, марганца, цинка, кадмия. В юго-западном Забайкалье в хвое сосны несколько больше серы, фтора, свинца, кальция, но более низкий уровень цинка, меди, железа, марганца, кадмия. Южное Предбайкалье по содержанию элементов ближе к юго-западному Забайкалью, но есть и отличия – более высокий уровень марганца, железа, меди, кадмия. Различия выявляются даже в рядах накопления элементов, в частности, в северном Прибайкалье, в отличие от южного Предбайкалья и юго-западного Забайкалья, меняются местами калий и кальций, в группы большего накопления переходят кремний и железо, в группы меньшего накопления – магний, натрий, фтор, свинец, группа ($n \times 10^{-5}$) – вообще отсутствуют. Исходя из этих данных, можно говорить, что в северном Прибайкалье сосна обыкновенная характеризуется калиево-азотным типом минерального питания, а в южном Предбайкалье и юго-западном Забайкалье – кальциево-азотным.

Если проанализировать содержание элементов, лежащих на линии питательных веществ «калий – углерод – железо» в периодической системе Д.И. Менделеева [3], то выявляется, что их суммарное количество на фоновых территориях разных участков Байкальского региона различается в меньшей степени. В связи с этим представляло интерес выяснить изменение не только абсолютного содержания элементов, но и их соотношений. Поскольку и ростовые процессы, и устойчивость растений обеспечиваются определенным соотношением элементов питания, данный критерий оценки жизненного состояния растительного организма часто является более информативным по сравнению с количественным содержанием макро- и микроэлементов.

Результаты показывают, что и по соотношению элементов северное Прибайкалье характеризуется гораздо большими отличиями от южного Предбайкалья и юго-западного Забайкалья. Об этом же свидетельствует и дендрограмма, построенная по формализованным данным концентраций элементов в хвое сосны. По этому признаку уровень сходства Предбайкалья и Забайкалья составляет 75 %, в то время как уровень сходства их с северным Прибайкальем – около 40 %.

Таким образом, южное Предбайкалье и юго-западное Забайкалье, имеющие существенные различия по биогеографическому фактору, обнаруживают, тем не менее, сходство рядов накопления элементов, их соотношений, а также высокий уровень сходства по результатам кластерного анализа, в то время как северное Прибайкалье явно отличается по исследованным характеристикам. По-видимому, химический состав хвои на первых двух территориях в большей степени определяется видовыми генетическими факторами, а в северном Прибайкалье большее влияние на его формирование оказывают природно-экологические условия.

Влияние лесотипологического фактора на элементный химический состав хвои сосны рассматривалось в двух вариантах. Так, при анализе соотношений биогенных элементов по схеме: «один тип леса – разные территории» выявляется высокая вариабельность элементного состава хвои в исследованных типах леса. Например, в сосняках рододендроновых в соотношении N:P:K уменьшается доля азота в Забайкалье и северном Прибайкалье и возрастает доля фосфора и калия, особенно на севере, здесь же обозначена тенденция к уменьшению доли магния, кальция и серы, а в Забайкалье обнаруживается сильное снижение доли марганца. Если же рассматривать соотношения биогенных элементов по другой схеме: «одна территория – разные типы леса», то наибольшие различия выявляются в северном Прибайкалье (сравнивались сосняк душекиево-рододендроновый и бруснично-рододендроновый), а наименьшие – в юго-западном Забайкалье (рассматривались сосняки рододендрово-брусничный и ксерофитно-низкотравный).

При выяснении связи между обеспеченностью элементами питания и ростовыми характеристиками ассимилирующих органов древостоев сосны показано, что содержание биогенных элементов (было взято их суммарное содержание) коррелирует с основными морфоструктурными параметрами, причем уровень корреляций в большинстве случаев довольно высок ($r = 0,7-0,9$). При рассмотрении количественных значений параметров выявляется, что древостои южного Предбайкалья отличаются более высокими показателями роста и состояния ассимилирующих органов. Насаждения юго-западного Забайкалья и северного Прибайкалья оказались близки по ряду параметров – меньшей длине и массе хвои и побегов, более низкому коэффициенту роста хвои.

Таким образом, по общему количественному содержанию биогенных элементов в хвое древостои трех территорий различаются мало, в то время как по морфоструктурным параметрам различия значительны; следовательно, можно заключить, что затраты вещества и энергии на ростовые процессы в древостоях разных регионов будут существенно отличаться – в южном Предбайкалье эта доля наибольшая, в юго-западном Забайкалье и северном Прибайкалье – меньшая. Если сопоставить эти данные с такой интегральной характеристикой древостоев, как класс бонитета, то выявляется определенное соответствие – обследованные древостои южного Предбайкалья характеризуются более высоким бонитетом, а юго-западного Забайкалья и северного Прибайкалья – более низким.

Рассмотренные данные касались фоновых территорий. Формирование химизма растений на этих территориях может рассматриваться как единообразный системный процесс, характеризующийся воздействием одностипных факторов на входе (рельеф, гидротермический режим, эдафические условия). И тем не менее, как видно из изложенного, даже на фоновых территориях это явление очень сложное и разнонаправленное. Требовалось выяснить, что происходит в условиях воздействия техногенного атмосферного загрязнения, когда на входе добавляется сильный фактор, оказывающий большое влияние на формирование химического состава лесных древесных растений, в первую очередь, за счет фоллиарного поглощения тех элементов, которые входят в состав аэровыбросов.

Исследовались древостои разной степени угнетения промузлами: в южном Предбайкалье – Усольско-Ангарским, в юго-западном Забайкалье – Улан-Удэнским, в северном Прибайкалье – Северобайкальским. Показано, что в условиях воздействия промышленных эмиссий тренды содержания элементов в ассимиляционных органах существенно изменяются. В южном Предбайкалье происходит явное увеличение содержания фтора, серы, кремния, натрия и тяжелых металлов (свинца, кадмия, цинка, меди, железа), из биогенных элементов несколько возрастает уровень азота, фосфора (при слабом угнетении), магния и кальция, тренд к снижению содержания выявляется для калия и более резко – для марганца. Похожие тенденции обнаруживаются и для юго-западного Забайкалья, но есть различия – содержание цинка у сильно угнетенных древостоев снижается, очень сильно выражено уменьшение уровня марганца и фосфора. В северном Прибайкалье тренды увеличения характерны для серы, фтора, меди, свинца, калия, уменьшения – для азота, кальция, кремния, натрия, цинка, марганца, практически не меняются уровни железа, фосфора, магния. Что касается соотношений элементов, то их изменение при угнетении древостоев подтверждает выявленные тренды количественных концентраций – увеличение уровня азота в южном Предбайкалье и юго-западном Забайкалье, снижение – в северном Прибайкалье и здесь же увеличение доли фосфора и калия. В Предбайкалье и Забайкалье доля кальция возрастает, а на севере снижается. Везде выражено резкое падение доли марганца и возрастание доли железа.

Поскольку в северном Прибайкалье на данном этапе выявляется только слабая степень угнетения древостоев техногенными выбросами, то в сравнительном плане рассматривалась такая же степень угнетения и в Предбайкалье и Забайкалье. Выяснилось, что при примерно одинаковом накоплении токсикантов (серы, свинца, фтора) изменения биогенных элементов различны. В Предбайкалье содержание их изменяется мало, в Забайкалье – статистически значимо снижение азота, калия, марганца, в северном Прибайкалье – значимо снижение азота, магния, кальция, натрия, марганца, цинка, кремния.

Таким образом, в южном Предбайкалье на начальной стадии техногенной дигрессии определенное повышение уровня элементов-поллютантов оказывает наименьшее влияние на питательный статус древостоев, в Забайкалье нарушения больше, а наиболее выражены они в северном Прибайкалье.

Если рассматривать данные по морфоструктурным параметрам древостоев слабой степени угнетения из разных территорий, то выясняется, что в северном Прибайкалье они характеризуются самыми низкими значениями многих показателей состояния ассимилирующей фитомассы. Особенно большие различия наблюдаются с южным Предбайкальем.

В целом полученные данные свидетельствуют о меньшем потенциале физиологической устойчивости древостоев северного Прибайкалья. С целью подтверждения этого вывода мы спрогнозировали, по изложенным фактическим данным, изменение состояния лесов в северном Прибайкалье при увеличении объемов выбросов. В настоящий период общий объем атмосферных выбросов Северобайкальского промцентра составляет 3 тыс. т в год. Используя данные по выбросам за несколько лет и зная содержание серы в хвое сосны, мы вывели уравнение зависимости этих параметров: $y = 0,02x^2 - 0,05x + 2,85$ ($R^2 = 0,83$), где y – содержание серы, x – объем выбросов. Исходя из этого

уравнения было рассчитано содержание серы в хвое при увеличении объема выбросов в 2 раза, т.е. до 6-7 тыс. т, оно составило 0,15 % от сухой массы. При таком содержании серы выявляется сильное падение индекса состояния ассимилирующей фитомассы, который рассчитывался по нормированным значениям пяти морфоструктурных параметров [6]. Если сравнить этот прогнозируемый уровень серы и соответствующее ему состояние древостоев в северном Прибайкалье с такими же показателями на других территориях, то выясняется, что в южном Предбайкалье и юго-западном Забайкалье такой уровень серы в хвое и сильная степень угнетения деревьев реально отмечаются при объемах выбросов в десятки раз больших.

Таким образом, результаты предварительного прогнозирования подтверждают вывод о низком адаптивном потенциале насаждений северного Прибайкалья. Отсюда вытекает и практический вывод – при создании новых промышленных предприятий на севере Прибайкалья не рекомендуется превышать объем выбросов, соответствующий современному для Северобайкальского промузла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьева Л.В., Кашин В.К., Плешанов А.С., Михайлова Т.А., Бережная Н.С. Элементный состав хвои и морфометрические параметры сосны обыкновенной в условиях атмосферного промышленного загрязнения в Западном Забайкалье // Хвойные бореальной зоны, 2004, 2. С. 112-119.
2. Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем. Екатеринбург: УИФ «Наука», 1994. 280 с.
3. Ивлев А.М. Биогеохимия. М.: Высш. шк., 1986. 127 с.
4. Михайлова Т.А., Бережная Н.С. Динамика состояния сосновых лесов при изменениях эмиссионной нагрузки // Сиб. экол. журн., 2002, 1. С. 113-120.
5. Михайлова Т.А., Плешанов А.С., Афанасьева Л.В. Картографическая оценка загрязнения лесных экосистем Байкальской природной территории техногенными эмиссиями // География и прир. ресурсы, 2008, 4. С. 18-23.
6. Mikhailova T.A., Berezhnaya N.S., Ignatieva O.V., Afanasieva L.V. Complex assessment of forest condition under air pollution impacts // Plant Responses to Air Pollution and Global Change. K. Omasa, I. Nouchi, L.J. De Kok (Eds), Springer-Verlag Tokyo, 2005. Pp. 45-51.

УДК 630.181.9

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА РАЗЛОЖЕНИЯ СТВОЛОВОГО ВАЛЕЖА В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ СИБИРИ

Л.В. МУХОРТОВА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

В работе проанализированы изменения химического состава древесины грубых древесных остатков, разлагающихся в условиях лесотундры, северной, средней и южной тайги Красноярского края. Было установлено, что в процессе разложения стволового валежа в средней и южной тайге наблюдается аккумуляция минеральных элементов и продуктов гумификации, в то время как в условиях северных экосистем обнаружено более значительное снижение содержания углерода и потеря минеральных веществ в ходе разложения.

Являясь частью растительного материала, поступающего на поверхность почвы, грубые древесные остатки играют важную роль в структуре и функционировании лесных экосистем. Они обеспечивают местообитание для большого количества различных организмов, являются потенциальным запасом горючих материалов для лесных пожаров и играют важную роль в циклах углерода и азота [10]. В биогеохимическом отношении разлагающиеся стволы представляют собой запас и источник углерода и питательных веществ, являются локусом асимбиотической фиксации азота [7] и источником органических горизонтов лесной почвы [8, 9].

Из-за того, что мертвые деревья разлагаются относительно медленно, а гибель деревьев – эпизодическое явление, очень немногие исследования фокусируются на биогеохимии грубых древесных остатков. Однако по некоторым данным годичный поток углерода из разлагающихся после рубок остатков составляет более половины ежегодной аккумуляции в лесах этой же площади [5, 6].

Получение региональных оценок запасов, скорости и процессов трансформации грубых древесных остатков, расширение географии исследований способствуют увеличению корректности баз данных по потокам углерода в лесах России, в т.ч. и для целей прогноза изменения величины и знака сальдо баланса основных потоков элементов при возможном потеплении климата.

Целью данной работы являлось изучение изменений химического состава грубых древесных остатков при разложении стволового валежа в лесных экосистемах лесотундры, северной, средней и

южной тайги Красноярского края.

Исследования проводились на опытных станциях Енисейского меридионального трансекта, заложенного в рамках исследований по программе IGBP [2]. Отбор образцов стволового валежа на разных стадиях разложения проводили в лиственных и еловых лесах лесотундры, в лиственных лесах зеленомошной и лишайниковой групп в северной тайге, в сосняках зеленомошного и лишайникового типов разного класса возраста среднетаежной зоны, в кедрово-елово-пихтовом древостое, пихтаче и березняке осочково-разнотравного и мелкотравно-зеленомошного типа в подзоне южной тайги.

Плотность древесины определяли методом измерения выталкивающей силы образцов, погруженных в воду [3]. Выявление содержания общего углерода и азота проводилось на CNS анализаторе (VarioMax elemental analyzer), а концентрации минеральных элементов (Ca, Mg, P и K) – методом инфракрасной отражательной спектроскопии с помощью аналитической системы PSCO/ICI IBM-PC 4250 [1]. Содержание подвижного органического вещества ($C_{\text{МОВ}}$) измеряли при последовательной суточной экстракции дистиллированной водой и 0,1 N раствором NaOH ($C_{\text{МОВ}} = C_{\text{H}_2\text{O}} + C_{\text{NaOH}}$) с последующим определением содержания органического углерода в экстракте методом бихроматного окисления [4].

Одним из наиболее важных диагностических признаков разложения стволового валежа является изменение базисной плотности древесины. Поскольку разложение сопровождается высвобождением углерода и минеральных элементов, это ведет к потере массы и уменьшению плотности древесины при сохранении ее объема. Наиболее значительные потери плотности в процессе разложения наблюдаются для стволового валежа лиственницы в северных экосистемах, который теряет почти 2/3 своего исходного веса при переходе из состояния здоровой древесины к 3 стадии разложения. Древесина ели и пихты не показывает каких-либо существенных потерь плотности при переходе от живой древесины к 1 стадии разложения, а от 1 к 3 стадии теряет только 26 % своего исходного веса. Древесина сосны, произрастающей в среднетаежной зоне, теряет около половины своего веса при переходе из состояния 1 стадии разложения к 3. Поздние стадии разложения древесного детрита в целом имеют близкую плотность независимо от видовой принадлежности ствола.

Для установления особенностей изменения химического состава грубых древесных остатков при разложении рассчитывали содержание углерода, азота и минеральных элементов, а также органических компонентов в единице объема древесины на разных стадиях разложения.

Если принять во внимание снижение базисной плотности, то в процессе разложения древесины грубых древесных остатков наблюдается снижение содержания углерода (рис. 1). Наиболее значительные потери углерода происходят при разложении стволового валежа в северных экосистемах (64 % исходного содержания углерода), постепенно снижаясь в средней тайге (до 40 %) и далее в южной тайге (25 % исходного содержания углерода).

Увеличение концентрации азота в процессе разложения грубых древесных остатков обусловлено микробной иммобилизацией этого элемента, поскольку содержание его увеличивается в единице объема древесины несмотря на снижение базисной плотности (рис. 1). Эта иммобилизация составляет 0,141 – 0,450 мгN*см⁻³ при разложении в различных природных зонах (иммобилизация азота рассчитывалась как увеличение абсолютного содержания этого элемента при переходе древесины от 1 к 3 стадии разложения).

Анализ изменений содержания минеральных элементов показал, что в условиях северных и южных экосистем наблюдаются разные модели динамики этих компонентов в процессе разложения древесного детрита (рис. 1):

- грубые древесные остатки в лесотундровой зоне теряют в процессе разложения все макроэлементы (Ca, Mg, K, P);
- древесина стволового валежа в северной тайге теряет калий, магний и фосфор, но значительно аккумулирует кальций;
- в средней тайге грубые древесные остатки аккумулируют Ca, K и Mg и сохраняют фосфор в составе своей биомассы в течение всего процесса разложения;
- разлагающиеся стволы в южной тайге теряют только калий, но снижение содержания калия, возможно, является следствием флуктуации его концентрации, поскольку он является одним из наиболее подвижных элементов.

Концентрация подвижных органических соединений составляет до 33 % общего содержания органического углерода в разлагающейся древесине и увеличивается в 2 раза при переходе от 1 к 3 стадии разложения в условиях северной, средней тайги и лесотундры и в 5 раз – при разложении грубых древесных остатков в условиях южной тайги Центральной Сибири ($r = 0,72$). Даже при учете потери базисной плотности древесины в ходе разложения наблюдается чистая аккумуляция щелочнорастворимых продуктов разложения (рис. 2).

Подвижное органическое вещество представляет собой продукты биохимической трансформации органического вещества растительных остатков. Если водорастворимые органические компоненты

служат легкодоступным энергетическим субстратом, то щелочнорастворимые соединения представляют собой продукты гумификации растительных остатков и могут принимать участие в образовании гумуса почвы, особенно если они образуются на границе соприкосновения растительного материала с минеральной частью почвы.

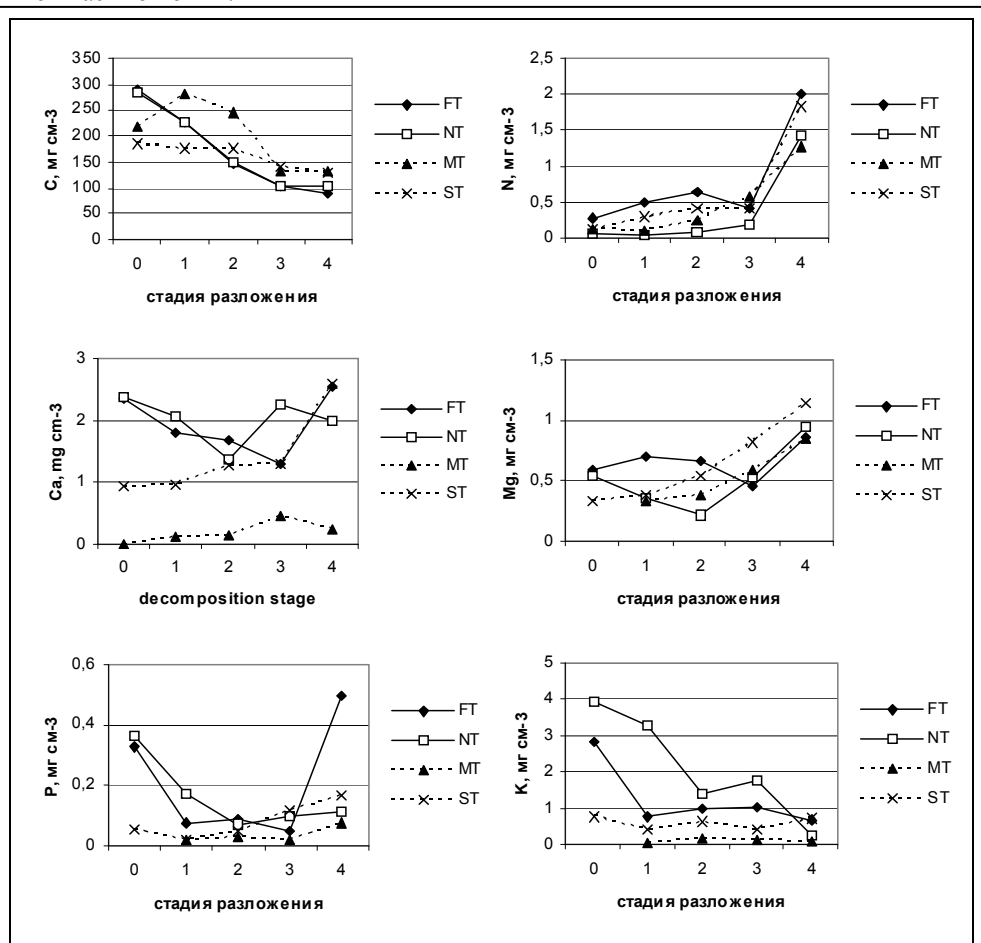


Рис. 1. Изменение содержания углерода, азота и минеральных элементов при разложении грубых древесных остатков в различных природных зонах: FT – лесотундра; NT – северная тайга; MT – средняя тайга; ST – южная тайга

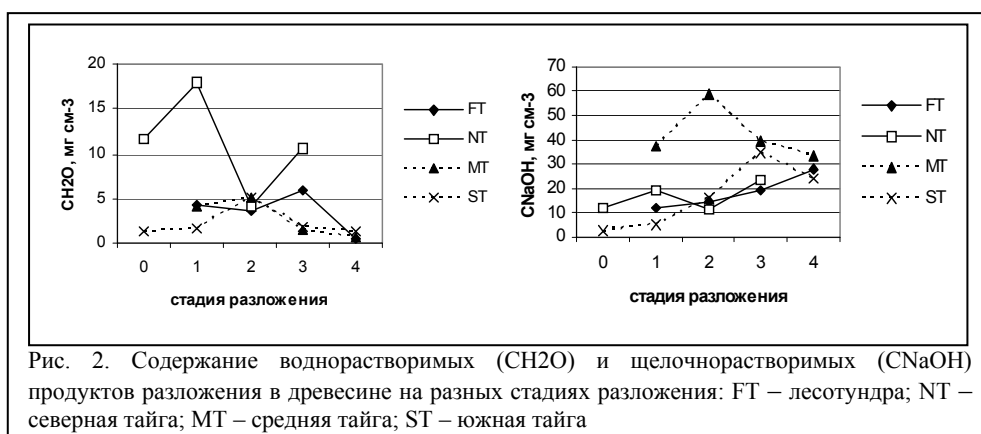


Рис. 2. Содержание воднорастворимых (CH₂O) и щелочнорастворимых (CNaOH) продуктов разложения в древесине на разных стадиях разложения: FT – лесотундра; NT – северная тайга; MT – средняя тайга; ST – южная тайга

Таким образом, грубые древесные остатки в северных и южных экосистемах, по-видимому, играют разную роль в биогеохимических циклах. Разлагающиеся стволы сосны, ели и пихты в средней и южной тайге аккумулируют значительные количества питательных веществ и продуктов гумификации в своем составе, создавая относительно богатые местообитания, в то время как грубые древесные остатки лиственницы и ели в северных экосистемах, вероятно, являются источником поступления углерода и минеральных элементов в почву и почвенные растворы. Основной причиной таких различий являются

особенности процесса разложения в этих зонах, которые, в свою очередь, могут быть связаны со специфичностью микробных комплексов, разлагающих древесину в этих условиях.

Работа выполнена при поддержке гранта RUX0-002-KR-06 Министерства образования и науки РФ и Американского фонда гражданских исследований и развития (CRDF), программы «Фундаментальные исследования и высшее образование», гранта BRHE № Y4-B-02-06; Российского Фонда фундаментальных исследований (гранты № 09-04-98004 p_сибирь_a, № 07-04-00515_a) и интеграционного проекта СО РАН № 50.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борцов В.С. Использование автоматизированной аналитической системы на базе отражательной спектроскопии в исследованиях агроценозов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Красноярск: КрасГАУ, 2002. 24 с.
2. Лесные экосистемы Енисейского меридиана / Под ред. проф. Ф.И. Плешикова. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 356 с.
3. Полубояринов О.Л. Плотность древесины. М.: Лесная пром-ть, 1976. 200 с.
4. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Методические указания по определению содержания и состава гумуса в почвах (минеральных и торфяных). Л.: Наука, 1975. 105 с.
5. Тарасов М.Е. Методические подходы к оценке скорости разложения древесного детрита // Лесоведение, 2002, 5. С. 32-38.
6. Тарасов М.Е. Роль крупного древесного детрита в балансе углерода лесных экосистем Ленинградской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб, 1999. 21 с.
7. Crawford R.H., Li C.Y., Floyd M. Nitrogen fixation in root-colonized large woody residues of Oregon coastal forests // For. Ecol. Management, 1997, v. 92. Pp. 229-234.
8. de Montigny L.E., Preston C.M., Hatcher P.G., Kogel-Knabner I. Comparison of humus horizons from two ecosystem phases on northern Vancouver Island using ¹³C-CPMAS-NMR spectroscopy and CuO oxidation // Can.J. Soil.Sci., 1993, v. 73. Pp. 9-25.
9. Fox C.A., Preston C.M., Fyle C.A. Micromorphological and ¹³C-NMR characterization of a Humic, Lignic and Hastic Folisol from British Columbia // Can. J. Soil Sci., 1994, v. 74. Pp. 1-15.
10. Krankina O.N., Harmon M.E. Dynamics of the dead wood carbon pool in northwestern Russian boreal forests // Water Air Soil Pollut., 1995, v. 82. Pp. 227-238.

УДК 630.043

ПРОБЛЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ

М.А. СОФРОНОВ, А.В. ВОЛОКИТИНА, М.А. КОРЕЦ

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются три подхода к решению проблемы прогнозирования поведения природных пожаров: выборочный (Канада), типовой (США) и индивидуально-типовой (Россия).

Под *поведением природных* (в том числе *лесных*) *пожаров* понимается распространение пожара по конкретной территории, т.е. динамика его контура, динамика вида и силы (интенсивности) пожара. Сюда же желательно включать динамику непосредственного воздействия горения на биогеоценозы и оценку ближайших его последствий (прежде всего, послепожарного отпада в древостое). Прогноз поведения природных пожаров необходим для их успешного контролирования.

В США и Канаде уже имеются сложные национальные системы по прогнозу поведения природных пожаров (в США – система Behave, в Канаде – система FBP). Их эффективность не очень высокая, поэтому они продолжают совершенствоваться. В России такой системы пока нет, но ее элементы разрабатываются, причем особенно активно в Институте леса СО РАН. Мы стремимся создать наиболее совершенную в плане простоты, практичности и корректности систему, учитывая накопленные знания о природе пожаров и зарубежный опыт.

Анализ задачи. Природный пожар (или пожар растительности) – это горение, стихийно распространяющееся по площади, покрытой растительностью (и ее остатками). Поэтому при прогнозе поведения необходимо учитывать не только условия горения, но и условия распространения горения по территории (рельеф, барьеры и преграды, чередование участков).

Система по прогнозу поведения природных пожаров должна содержать два главных компонента: 1) пакет моделей и программ и 2) информационную базу. В настоящее время возможно практическое использование моделей и программ любой сложности. «Камнем преткновения» является обеспечение их корректной информацией. Насколько это возможно?

Природный пожар зависит от многих факторов, прямых и косвенных, варьирующих как в пространстве (т.е. внутри биогеоценозов и по площади), так и во времени. Кроме того, сами наборы факторов могут изменяться в зависимости от вида пожара (низовой, верховой или почвенный).

Растительные горючие материалы (РГМ) образуют в биогеоценозах объемные комплексы. Роль разных категорий РГМ при пожарах различна. Следует заметить, что участвует в горении и сгорает, как правило, только **часть** имеющихся РГМ, зачастую всего несколько процентов от их запаса. При прогнозировании поведения пожара необходимо знать, **что, сколько, как и где** (т.е. на кромке или на пожарище) может сгорать при данных погодных и фенологических условиях на каждом участке.

Распространение пламенного горения по площади происходит при наличии непрерывного (фоновое) слоя из гигроскопичных РГМ (опада, мхов, лишайников), имеющего запас больше критического (обычно более 0,2 кг/м²) и влагосодержание меньше критического (обычно менее 25 %). Слой из гигроскопичных РГМ просыхает постепенно сверху вниз. Поэтому слой РГМ, готовый к горению, обычно составляет только верхнюю часть общего слоя (например, у зеленых мхов возможность горения появляется при просыхании слоя толщиной около 1 см). Скорость просыхания слоя гигроскопичных РГМ зависит от структуры слоя, условий затенения, почвенной влажности и погодных условий. Увлажнение слоя происходит за счет осадков, а также при высокой относительной влажности воздуха. Таким образом, на каждом участке запас РГМ, готовых к горению, все время изменяется не только день ото дня, но и в течение суток, прежде всего, по условиям погоды.

В настоящее время многие считают, что главная пирологическая характеристика участков – это оценка на них запасов РГМ, и что на картах РГМ должны отражаться эти запасы. Но данные запасы нельзя использовать при расчетах горения. Для прогнозирования поведения пожара нужны запасы **сгорающих** РГМ, которые очень динамичны и поэтому сами нуждаются в прогнозировании. Причем необходимо знать, сколько и каких РГМ может сгореть на кромке пожара в пламенном режиме, сколько – позади пламенной кромки в режиме тления, сколько – на пожарище.

Характер горения зависит, во-первых, от структуры сгорающего слоя, т.е. от его плотности и от размера сгорающих частиц, и, во-вторых, от их влагосодержания. И то, и другое в пределах слоя очень неоднородно, поэтому формализовать эти параметры для природных условий очень сложно. На возможность распространения в насаждении низового огня вверх влияет не только интенсивность нагревания, но и наличие кислорода. Так, в потоке горячих газов над зоной горения мало кислорода, что ограничивает загорания крон хвойного подроста и хвойных деревьев. При горении слоя РГМ на влажном субстрате воздух сильно разбавляется водяным паром. Это уменьшает содержание кислорода, что может приводить к значительному «химическому недожогу».

Природный пожар – это горение, распространяющееся по территории. На распространение пожара большое влияние оказывает пирологическая расчлененность территории, во-первых, в виде участков, не способных к горению (временно или постоянно), и, во-вторых, в виде линейных барьеров (гидрологическая сеть, дорожная сеть). Возможность преодоления пожаром барьера зависит от ширины барьера, от интенсивности горения на кромке, от направления и скорости ветра и от длины контакта пожара с барьером.

Информацию о комплексах растительных горючих материалов (РГМ) и об условиях высыхания и увлажнения гигроскопичных РГМ желательно иметь в разрезе достаточно однородных участков, а именно, биогеоценозов. Количественные критерии для выделения биогеоценозов не разработаны, поэтому за однородные участки приходится принимать таксационные выделы. Когда пожар достигнет величины в десятки и сотни гектаров, его распространение будет зависеть уже от пирологической характеристики фоновой растительности на территории, так как отдельные негоримые участки на ней пожар может просто обходить.

Из всего вышесказанного следует вывод, что невозможно получать корректно весь комплекс информации, необходимый для физико-аналитического моделирования поведения природных пожаров в пространстве и во времени. Выход заключается в использовании более простых экспериментально-статистических моделей и в создании информационной базы для них (с учетом значимости факторов). В мировой практике наметились три пути решения проблемы, три метода, которые можно назвать: 1) *выборочный*; 2) *типовой* и 3) *индивидуально-типовой*.

Выборочный метод заключается в том, что эмпирически изучается «пожарное созревание» и горение отдельных категорий участков растительности (биогеоценозов) в связи с динамичными внешними факторами: метеорологическими условиями и фенологическими периодами. Например, в 60 – 80-е годы в различных регионах СССР проводились по методике проф. Н. П. Курбатского наблюдения в отдельных типах леса за динамикой влагосодержания и запаса напочвенного покрова и подстилки, а также за появлением возможности распространения горения – в связи с погодными условиями; составлялись районные шкалы пожарного созревания изученных типов леса.

Примерно по такому же пути пошли в Канаде при разработке национальной системы прогноза поведения лесных пожаров – FBP (*Canadian Forest Fire Behavior Prediction System*). В системе FBP для

Канады выделено 16 категорий участков растительности в качестве типовых комплексов РГМ, названных *fuel types*, т.е. «типы горючего» [5]. Они имеют оценки запаса сгорающих при пожаре горючих материалов (РГМ), а также скорости и интенсивности пожара при различных метеорологических условиях. *Fuel types* представляют собой категории участков, относящихся: А) к покрытой лесом площади, включая хвойные леса – 7 типов, лиственные леса – 1 тип, смешанные – 4 типа; Б) к не покрытой лесом площади в виде вырубок – три типа; В) к нелесной площади – один тип (луга) [5]. Перечень «типов горючего» далеко не исчерпывает разнообразия лесов Канады

Следует заметить, что общее количество категорий участков растительности (на уровне типов биогеоценоза) очень велико, поэтому экспериментальную пирологическую характеристику может получить лишь часть из них. Но при прогнозе поведения природных пожаров необходима пирологическая характеристика любых участков растительности на данной территории. Обеспечить это выборочный метод не может.

Типовой метод используется в США в национальной системе прогноза поведения природных пожаров *BEHAVE*. Смысл метода заключается в том, что вся растительность (лесная и не лесная) разделяется на пирологические типы – «топливные модели» (*fuel types*). На территории США растительность была разделена на 13 «топливных моделей».

В биотическом плане «модели» делятся на четыре группы: **травянистые, кустарниковые и древесные участки**, а также захламленные **вырубки**. «Модели» отличаются распределением запаса РГМ по классам, по высоте слоя РГМ, а также по скорости распространения горения и высоте пламени при типовых условиях [5].

Достоинство типового метода заключается в том, что пирологическую характеристику, необходимую для прогноза поведения пожаров, получает каждый участок на территории. Но эта пирологическая характеристика слишком грубая вследствие ограниченного количества «топливных моделей» при существующем большом разнообразии растительного покрова.

В настоящее время количество «топливных моделей» в системе *BEHAVE* увеличено до 40, вместо математической модели Ротермела предложены другие, но это не может устранить принципиальные недостатки типового метода.

Индивидуально-типовой метод разрабатывается в России в Институте леса им. В.Н. Сукачева СО РАН начиная с 60-х годов. Идея метода заключается в составлении индивидуальных пирологических характеристик участков растительности из набора типовых элементов. Сам принцип этого метода не является новым. Он уже давно используется, например, в лесной таксации.

Очень важна разработка такой методики, которая позволяла бы легко, на основе имеющихся описаний (например, таксационных) или снимков, составлять индивидуальную пирологическую характеристику для любого участка растительности и формировать таким образом информационную базу.

Главными компонентами поведения природного пожара являются скорость распространения горения и его интенсивность на кромке пожара (точнее, на отдельных частях кромки пожара). В России 97 % природных пожаров являются низовыми. Поэтому пирологическая характеристика участков растительности должна представлять собой информационную базу, достаточную для прогнозирования поведения, прежде всего, низовых пожаров (с учетом влияния на поведение внешних факторов: погоды и рельефа).

Для прогнозирования скорости распространения кромки низового пожара была предложена очень простая эмпирическая модель, включающая базовую скорость и переменные коэффициенты относительного влияния на скорость ветра, уклона и относительной влажности воздуха. Переменные коэффициенты были определены с помощью огневых экспериментов на горных склонах и на установке полигонного типа [4].

Самым сложным вопросом является оценка базовой скорости. Базовая скорость – это скорость распространения кромки низового пожара на данном участке в данный день при отсутствии ветра и уклона, при относительной влажности воздуха 40 % и температуре воздуха 20°. Базовая скорость зависит, прежде всего, от структуры основного проводника горения, т.е. слоя из гигроскопичных горючих материалов на почве, по которому распространяется пламенное горение. Динамика количества влаги и ее распределения в этом слое (т.е. процессы увлажнения и высыхания слоя) предопределяют возможность самого горения, затем изменение запаса сгорающих РГМ и количества выделяемого тепла, а также изменение базовой скорости распространения горения [1].

Главным энергетическим фактором высыхания основного проводника является солнечная радиация. Было исследовано дневное нагревание поверхности древесины (березового шпона) прямой и переизлученной солнечной радиацией под пологом различных насаждений, выявлена тесная связь нагревания не с сомкнутостью древесного полога, а с относительной полнотой насаждений.

Главным фактором увлажнения основного проводника горения являются осадки, часть которых задерживается пологом леса. Были исследованы осадки под пологом. Установлено, что задержание

осадков не может влиять на скорость пожарного созревания участков благодаря закономерностям распределения под пологом леса проникших осадков.

Для информативного описания на участках комплексов растительных горючих материалов необходима их достаточно совершенная классификация. Поэтому получила дальнейшее развитие классификация РГМ Н.П. Курбатского [2]: группы РГМ были разделены на типы. Особое внимание было обращено на классификацию первой группы – основных проводников горения (ОПГ). Она была разделена на две подгруппы (по сезонной динамике), а каждая подгруппа – на пять типов и подтипов по скорости пожарного созревания. Составлен определитель типов ОПГ. Разработаны метод и практическая технология составления крупномасштабных карт РГМ в системе ГИС как в процессе лесоустройства, так и на основе материалов лесоустройства. В 2008 году технология прошла опытно-производственную проверку: составлены карты РГМ с приложением пирологического описания выделов на Чунское лесничество в Приангарье, имеются карты РГМ на красноярский заповедник «Столбы».

Ранее по оригинальной методике исследовано послышное высыхание и горение типов ОПГ с оценкой сгорающего запаса и периода сгорания, с непосредственным определением динамики выделения тепла с единицы площади. Была установлена зависимость базовой скорости от интенсивности тепловыделения (кВт/м^2) и рассчитана базовая скорость по типам ОПГ в связи с метеорологическим показателем пожарной опасности и условиями высыхания (полнотой древостоя, экспозицией и крутизной склона). Если известны базовая скорость и коэффициенты влияния на нее внешних факторов, легко спрогнозировать возможную скорость распространения горения в каждом выделе на карте, а если известны скорость распространения горения и количество выделяющегося тепла, можно рассчитать интенсивность горения на кромке.

Таким образом, карты РГМ в системе ГИС с пирологическим описанием выделов и изученные характеристики горения типов ОПГ представляют собой в совокупности информационную базу для прогнозирования поведения природных пожаров. Первый вариант компьютерной программы такого прогнозирования разработан и проходит опытно-производственную проверку в Чунском лесничестве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волокитина А.В., Софронов М.А. Классификация и картографирование растительных горючих материалов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. 314 с.
2. Курбатский Н.П. Техника и тактика тушения лесных пожаров. М.: Гослесбумиздат, 1962. 154 с.
3. Курбатский Н.П. Исследование количества и свойств лесных горючих материалов // Вопросы лесной пирологии. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1970. С. 5-58.
4. Софронов М.А. Лесные пожары в горах Южной Сибири. М.: Наука, 1967. 152 с.
5. Anderson H.E. Aids to Determining Fuel Models for Estimating Fire Behavior. Ogden. General Technical Report INT-122. 1982. 22 p.
6. Forestry Canada, Fire Danger Group. Development and structure of the Canadian Forest Fire Behavior Prediction System. Science and Sustainable Development Directorate. Inf. Rep. ST-X-3. Ottawa, 1992. 63 p.

УДК 630*624

К ВОПРОСУ О ДОСТУПНОСТИ ЛЕСОТАКСАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АРЕНДНЫМИ ТЕРРИТОРИЯМИ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Е.Г. ТРИШИН¹, С.К. ФАРБЕР²

¹ОАО «Лесосибирский ЛДК № 1», Лесосибирск

²Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

На арендных территориях лесозаготовительных предприятий Приангарья уровень ведения лесного хозяйства становится интенсивным. Для рационального управления ими возникает необходимость использования ГИС-технологий, которые позволяют своевременно отслеживать изменения в состоянии лесного фонда и непрерывно обновлять лесотаксационную информацию.

В регионах Сибири, где преобладают спелые и перестойные насаждения, лесное хозяйство и лесопромышленное производство продолжают оставаться на этапе экстенсивного освоения и потребления лесных ресурсов. Основные функции лесного хозяйства при этом сводятся к выполнению лесозащитных мероприятий и контролю над лесопользователями. Иная ситуация складывается в экономически доступных районах южной тайги Сибири. Это районы Красноярского и Иркутского Приангарья, где расположены арендные территории наиболее крупных лесопромышленных комбинатов. В частности, к ним относятся ОАО «Лесосибирский ЛДК № 1», ООО «ИлимСибЛес». В Приангарье, как

следствие длительной и интенсивной (начиная с 60-х годов XX века) лесозексплуатации, а также естественных причин (пожары и болезни леса), качество лесосечного фонда существенно ухудшилось. Поэтому в настоящее время крупные лесоперерабатывающие предприятия начинают испытывать дефицит сырья.

В полной мере вышесказанное относится и к ОАО «Лесосибирский ЛДК № 1». Руководство комбината учитывает в своей работе важность проблемы обеспечения производства пиловочным сырьем хвойных пород. С 1995 года начата и продолжается по настоящее время заготовка пиловочника силами предприятия. Создана собственная сеть лесозаготовительных филиалов, где заготавливается преобладающая часть необходимого сырья. Выстроены стабильные договорные отношения со сторонними поставщиками.

Лесной кодекс РФ, принятый Государственной Думой в 2006 году, возлагает на арендаторов лесных участков, предоставленных для заготовки древесины, обязанности, связанные с ведением лесного хозяйства. На площадях лесозаготовительных филиалов явно обозначилось стремление к переходу на интенсивные методы хозяйствования, т.е. ко второму периоду становления организационных форм лесного комплекса. После юридического оформления арендных территорий перед руководством комбината возникает необходимость ими управлять. Принцип постоянства и неистощительности пользования лесом при этом должен выполняться неукоснительно. В противном случае можно опять прийти к форме экстенсивного хозяйства, но уже без перспективы приобретения дополнительных арендных территорий.

В современных условиях управление арендными территориями предполагает согласование лесоводственно-экологических и экономических критериев. Однако ориентироваться при этом только на данные лесоустройства и другие ведомственные материалы недостаточно. За межревизионный период в лесном фонде накапливаются значительные изменения. Как следствие рубок леса, а также других соизмеримых по масштабам внешних воздействий, появляются новые не покрытые лесом площади. Очевидно, что ни одна из задач управления не может быть удовлетворительно решена без непрерывного слежения за текущими изменениями, использованием и состоянием лесного фонда на арендных территориях. Требуется модернизация учетных работ.

Удовлетворяющие пользователей показатели древесных, недревесных, рекреационных и средообразующих лесных ресурсов могут быть получены с использованием современных средств зондирования земной поверхности, они должны храниться и непрерывно актуализироваться в базе данных ГИС. Информация о показателях лесных ресурсов служит основой для разнообразных моделей лесных систем, необходимость в которых формируется с появлением и осознанием проблем эксплуатации и управления лесными ресурсами.

За счет собственных средств на арендных территориях Высокогорского и Мотыгинского филиалов ОАО «Лесосибирский ЛДК № 1» в программной среде ArcView 3.1. создана система экологического мониторинга [1]. С использованием в качестве инструмента ландшафтно-типологической карты было определено пространственное положение пунктов наблюдений, где произведена закладка постоянных пробных площадей. Полученные материалы внесены в базу данных. Структура базы данных разработана применительно к организации информации в приложении Access пакета MS Office PRO. Определены по обобщающим показателям основные типы насаждений, произрастающие в стратах природной основы. По мере накопления в базе данных (в процессе мониторинга) эмпирического материала далее будут выстроены возможные сценарии сукцессионных циклов насаждений по стратам природной основы начиная с момента рубки древостоев.

Материалы мониторинговых наблюдений, несомненно, важны для анализа состояния насаждений, но для принятия управленческих решений их недостаточно. Для планирования как лесозаготовительных, так и лесохозяйственных работ дополнительно используются материалы лесоустройства – планы лесонасаждений, данные массовой таксации, а также материалы и рекомендации, изложенные в проектах освоения лесов, которые составляются на каждую арендную территорию. При этом все материалы предоставляются заказчику (на комбинат) в бумажном варианте, в лучшем случае – в виде файлов текстовых редакторов. Выполнение полноценного и всестороннего анализа при такой подаче лесоустроительных материалов невозможно, поскольку используется ручная сортировка материалов – операция, соответствующая уровню прошлого столетия.

Создание в программной среде ГИС слоев – контуров лесотаксационных выделов, квартальной сети, орографии местности, гидрологической сети – позволяет на фоне изображения полога леса на космическом снимке визуальнo контролировать пространственное распределение насаждений по арендной территории. Возможности оценки насаждений с точки зрения их эксплуатации и, далее, принятия управленческих решений значительно возрастают при включении в атрибутивную таблицу слоев ГИС-проекта таксационных описаний насаждений выделов. Различного рода оценки при этом будут производиться на основе данных, полученных с помощью инструментария, включающего средства запросов в базу данных, выборки и сортировки.

Выводы. 1. Планирование работ на арендных территориях лесозаготовительных предприятий производится в соответствии с предписаниями проектов освоения лесов. Однако очевидные преимущества хранения и анализа в ГИС самой разнообразной информации, необходимой на практике, используются далеко не в полной мере.

2. Заказы на разработку проектов поступают, как правило, специализированным лесоустроительным предприятиям, владеющим наиболее полным массивом информации о лесном фонде. Причем со стороны лесоустройства наблюдается явное нежелание тиражировать оцифрованные векторные слои, составляющие основу ГИС, на арендные территории.

3. Декларируемая возможность обмена информацией с базами данных других предприятий, с базами данных иерархически более высокого федерального или краевого уровня на практике трудновыполнима.

4. Необходимость использования инструментальных возможностей ГИС на местах осознана и воспринимается как логически необходимый этап совершенствования механизма принятия управленческих решений.

5. Для управления арендными территориями Сибири, где уровень ведения лесного хозяйства классифицируется как интенсивный, необходимо использовать ГИС. Препятствием для организации ГИС на уровне одного предприятия является проблема приобретения качественных векторных слоев планов лесонасаждений и их атрибутивных таблиц, содержащих полный массив лесотаксационных описаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тришин Е. Г. и др. Организация лесного мониторинга локального уровня на арендных территориях лесозаготовительных предприятий Сибири. ГЕО-СИБИРЬ, т. 2, ч. 1. Сборник мат. IV Межд. науч. конгр. С. 205-208.

УДК 551.588.6:581.132(470,22)

ДЕПОНИРОВАНИЕ УГЛЕРОДА В ФИТОМАССЕ ЛЕСНОГО ПОКРОВА РЕСПУБЛИКИ КОМИ

В.А. УСОЛЬЦЕВ¹, К.С. БОБКОВА², Н.В. НАКАЙ¹

¹Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург

²Институт биологии КНЦ УрО РАН, Сыктывкар

АННОТАЦИЯ

Сформирована база данных о фитомассе и ее годичной продукции для лесов уральского региона, на основе которой рассчитаны регрессионные уравнения, совмещенные затем с базой данных Государственного учета лесного фонда (ГУЛФ) по республике Коми. Впервые получены данные о запасе углерода в лесном покрове республики Коми в количестве 1110 млн т и его годичном депонировании в количестве 56 млн т, составлены соответствующие карты-схемы.

Лесное хозяйство предоставляет наиболее экономически выгодную возможность для депонирования углерода по Протоколу Киото [3], однако определения углеродного пула и его годичного депонирования лесным покровом по регионам России у разных авторов сильно различаются.

Нами сформирована база данных о запасах фитомассы в насаждениях основных лесообразующих древесных пород Урала и прилегающих к нему регионов, включающая 1399 определений, в том числе: сосна – 326, ель – 71, пихта – 52, лиственница – 176, кедр – 73, дуб – 127, береза – 172, осина и тополь – 81, ольха серая – 34, ольха черная – 30, липа – 215, ясень – 37; клен – 5 определений фитомассы, т/га. Данные о годичном приросте фитомассы насаждений Уральского региона включают в себя 265 определений, в том числе: сосна – 101, ель – 50, лиственница – 18, береза – 31, осина и тополь – 23, ольха – 5, липа – 16, дуб – 15, ясень – 3 и клен – 3 определений годичной продукции, совмещенных с данными о фитомассе на тех же пробных площадях, т/га [4].

Значения фитомассы в базе данных мы проанализировали в связи с возрастом и запасом древостоев как основными определяющими массообразующими показателями, входящими в сводки Государственного учета лесного фонда (ГУЛФ) по республике Коми. Для каждой древесной породы рассчитаны уравнения:

$$\ln P_i \text{ или } \ln(P_i/M) = f[\ln A, (\ln A)^2, \ln M], \quad (1)$$

где P_i – фитомасса фракций (стволы, ветви, хвоя, корни, нижние ярусы соответственно P_{st} , P_{br} , P_f , P_r , P_u), т/га; A – возраст древостоя, лет, и M – запас древостоя, м³/га.

Взаимосвязь величины годичного прироста фитомассы (Z_i , т/га) с массой ассимиляционного

аппарата известна с XIX века [5]. Мы модифицировали ее, включив в уравнения в качестве независимых переменных не только массу листвы, но и другие характеристики древостоя, и по материалам базы данных рассчитали уравнения:

$$\ln Z_i = f(\ln A, \ln M, \ln P_i). \quad (2)$$

Уравнения (1) и (2) связаны между собой по рекурсивному принципу, вполне адекватны эмпирическим данным, и их константы статистически значимы на уровне t_{05} . Путем табулирования моделей (1) по запасу стволов (M , м³/га) и возрасту (A , лет) насаждений каждой ячейки структурированной таблицы данных ГУЛФ отдельно для каждой породы рассчитаны запасы фитомассы по фракциям на 1 га лесопокрытой площади.

После умножения их на лесопокрытую площадь, соответствующую каждой ячейке, и сложения результатов по классам возраста получены итоговые запасы фитомассы по каждой фракции отдельно для каждой породы и путем сложения последних по фракциям и породам – итоговые запасы фитомассы на всей покрытой лесом площади лесхоза, взвешенные по долевого участию каждой древесной породы, по доле лесопокрытой площади и запасу стволовой древесины, а также по классам возраста.

Для расчета годичного прироста фитомассы на лесопокрытых площадях мы использовали не только данные ГУЛФ, но и результаты расчета количества фитомассы листвы и других фракций древостоев на тех же площадях. Алгоритм совмещения моделей (2) с матрицами данных ГУЛФ по запасам и лесопокрытым площадям аналогичен алгоритму совмещения моделей (1) с той лишь разницей, что при табулировании моделей (2) в них подставляются данные не только возраста и запаса стволовой древесины, но и массы хвои, корней и нижних ярусов из таблиц, содержащих результаты расчета фитомассы по лесхозам. Путем деления полученных годичных приростов фитомассы на лесопокрытую площадь каждого лесхоза получены распределения годичного прироста фитомассы, отнесенного к 1 га.

В результате установлено, что на покрытой лесом площади республики Коми, составляющей 29,2 млн га (табл.), общая (надземная и подземная) фитомасса насаждений составляет 2221,3 млн т, а ежегодный общий прирост фитомассы на этой площади – 108,4 млн т. Отношение годичного прироста фитомассы к ее общему запасу характеризует скорость обновления органического вещества фитомассы и является одной из важнейших характеристик функционирования лесных экосистем [1]. Для республики Коми оно составило 4,9 %, что несколько ниже соответствующего показателя по УрФО – 6,2 % [4].

Значения фитомассы (табл. 1) переведены в показатели углерода путем умножения на переводной коэффициент 0,5 [2], по полученным данным составлены карты-схемы (рис. 1 и 2).

Таким образом, впервые определены запасы углерода и его годичное депонирование в 33 лесхозах республики Коми на основе данных ГУЛФ и составлены карты-схемы их распределения по территории, совмещенные между собой по рекурсивному принципу.

Таблица 1. Распределение лесопокрытых площадей, общих запасов стволовой древесины, запасов ее на 1 га, фитомассы и годичного прироста фитомассы по лесхозам республики Коми

№ лесхоза	Название лесхоза	Площадь, га	Общий запас, тыс.м ³	Запас, м ³ /га	Запас фитомассы, т/га	Прирост фитомассы, т/га
1	Айкинский	352569	32002	91	71	4,8
2	Выктульский	1030535	102443	99	78	3,2
3	Ертомский	991419	112013	113	85	3,7
4	Железнодорожный	1177038	87320	74	59	3,7
5	Ижемский	1409602	103318	73	61	2,9
6	Кажимский	391997	38187	97	73	4,9
7	Каджеромский	1044522	55067	53	46	2,6
8	Койгородский	579662	92479	160	115	6,5
9	Комсомольский	1004806	139613	139	101	3,9
10	Корткеросский	428415	40098	94	69	4,1
11	Летский	404761	55257	137	107	6,5
12	Локчимский	387335	46941	121	90	5,3
13	Междуречинский	872725	85923	98	76	3,3
14	Мещурский	989727	99187	100	78	3,4
15	НП «Югын Ва»	960970	103986	108	86	3,2
16	Печоро-Илычский	984480	122281	124	92	3,4
17	Печорский	2233896	135475	61	53	2,6
18	Помоздинский	632482	81972	130	96	4,3
19	Прилузский	762291	126385	166	122	6,6
20	Пруптский	456768	66661	146	107	5,4
21	Сосногорский	1380739	106581	77	61	3,3
22	Сторожевский	733512	85996	117	87	4,5
23	Сыкдвинский	433779	50145	116	85	5,0

№ лесхоза	Название лесхоза	Площадь, га	Общий запас, тыс.м ³	Запас, м ³ /га	Запас фитомассы, т/га	Прирост фитомассы, т/га
24	Сыктывкарский	176518	20786	118	86	5,3
25	Сысольский	531982	89945	169	121	7,1
26	Троицко-Печорский	826725	85357	103	80	4,0
27	Удорский	1271893	122666	96	75	3,1
28	Усинский	1606980	92798	58	54	2,6
29	Усть-Куломский	357427	52000	145	107	5,5
30	Усть-Немский	898780	120393	134	97	4,5
31	Усть-Цилемский	2705229	189615	70	60	2,8
32	Ухтинский	1139190	105733	93	73	3,6
33	Чернамский	70465	7179	102	74	4,3
Итого по республике Коми		29229219	2855799	98	76	3,7

Работа поддержана РФФИ, гранты №№ 07-07-96010 и 07-04-00104.

ЛИТЕРАТУРА

1. Базилевич Н.И., Гребеников О.С., Тишков А.А. Географические закономерности структуры и функционирования экосистем. М.: Наука, 1986. 297 с.
2. Кобак К.И. Биотические компоненты углеродного цикла. Л.: Гидрометеониздат, 1988. 248 с.
3. Курбанов Э.А. Углерододепонирующие насаждения Киотского протокола. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. 184 с.
4. Усольцев В.А. Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии: методы, база данных и ее приложения. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 636 с.
5. Hartig R. Wachstumsuntersuchungen an Fichten // Forstlich-Naturwissenschaftl. Zeitschrift. 1896. Bd. 5. Pp. 1-15, 33-45.

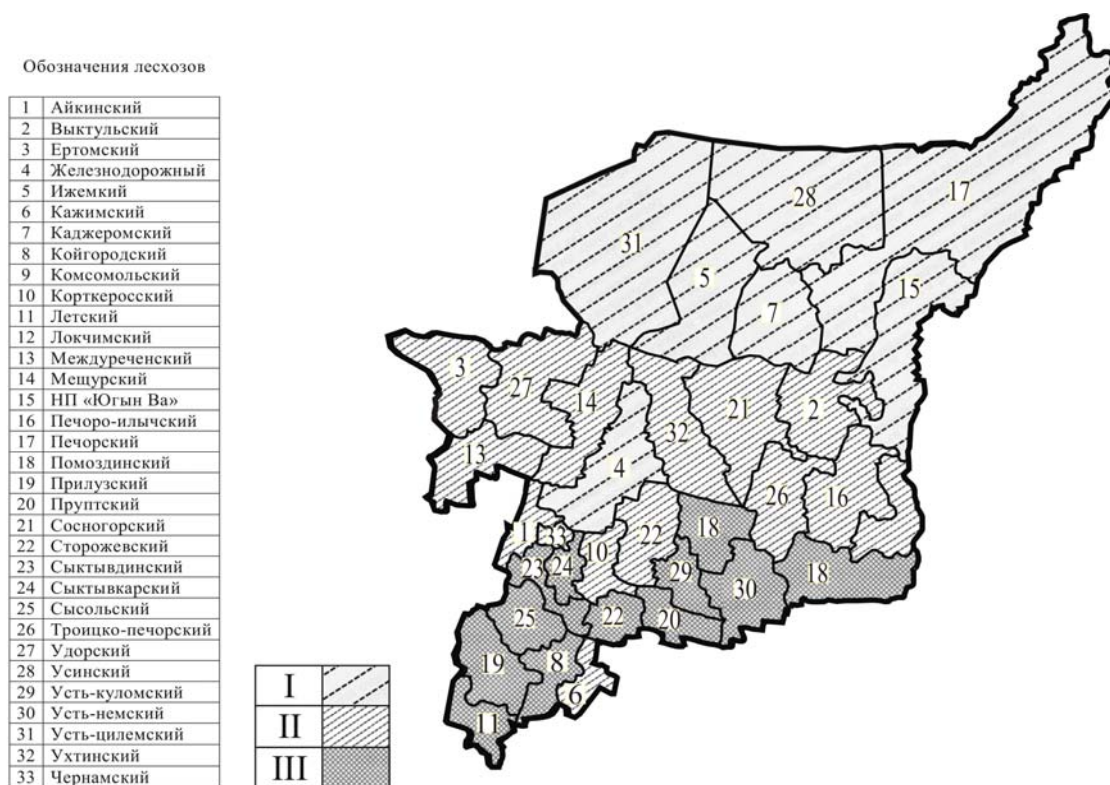


Рис. 1. Распределение запасов углерода в фитомассе насаждений республики Коми, т/га.
Диапазоны: I – 13,0-25,0; II – 25,0-38,5; III – 38,5-60,0

Обозначения лесхозов

1	Айкинский
2	Вытульский
3	Ертомский
4	Железнодорожный
5	Ижемский
6	Кажимский
7	Каджеромский
8	Койгородский
9	Комсомольский
10	Корткеросский
11	Летский
12	Локчимский
13	Междуреченский
14	Мещурский
15	НП «Югн Ва»
16	Печоро-илычский
17	Печорский
18	Помоздинский
19	Прилузский
20	Прутский
21	Сосногорский
22	Сторожевский
23	Сыктывдинский
24	Сыктывкарский
25	Сысольский
26	Троицко-печорский
27	Удорский
28	Усинский
29	Усть-кудомский
30	Усть-немский
31	Усть-цилемский
32	Ухтинский
33	Чернамский

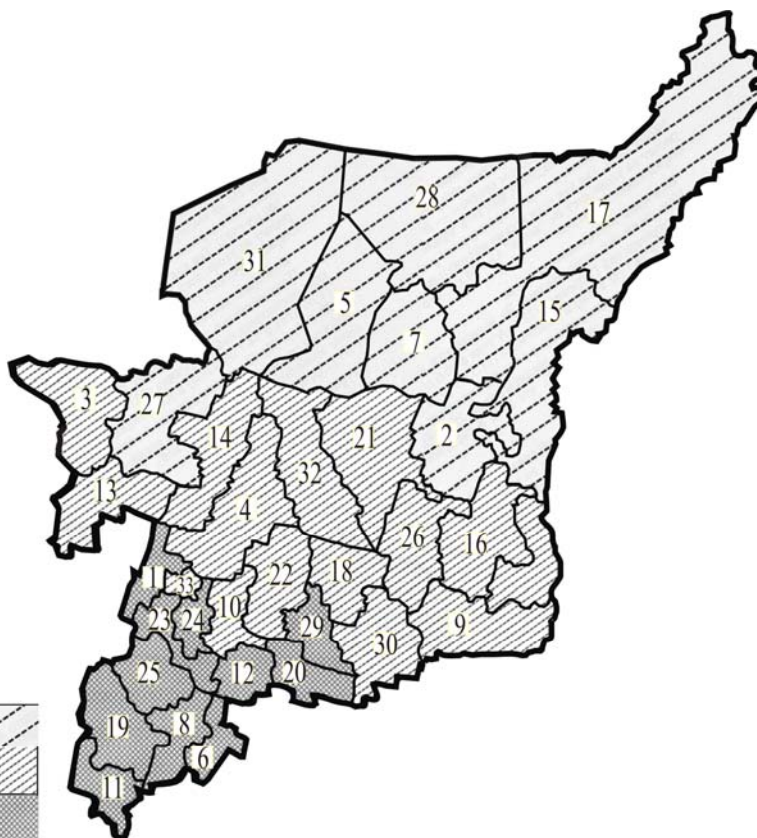
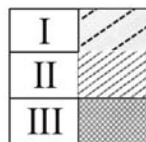


Рис. 2. Распределение годичного депонирования углерода в фитомассе насаждений республики Коми, т/га. Диапазоны: I – 0,5-1,3; II – 1,3-2,0; III – 2,0-3,5

УДК 630*221.0:630*181

ОСНОВНЫЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ НА АРЕНДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ПРИАНГАРЬЯ

С.К. ФАРБЕР, В.А. СОКОЛОВ, А.В. БАТУРА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Излагаются методические положения проектирования экологической сети биотопов, формирующей послерубочную пространственную структуру насаждений.

Введение. После окончания периода возобновления начинается послерубочная сукцессия, которая может развиваться как без смены пород, так и с их сменой. При любом варианте развития событий важно констатировать, что территория арендной базы будет представлять собой незначительно различающиеся по возрасту участки молодого леса (главным образом, молодняки и средневозрастные насаждения). По сути, они составляют один массив, который для животного населения Приангарья в качестве биотопа может выполнять только какую-то одну экологическую функцию. При этом для всех видов животных жизненно необходим полный набор экологических функций леса. Налицо негативные изменения среды обитания. Часть видов растений и животных приспосабливаются к новым условиям, не сокращая численности, другие мигрируют или существуют в экстремальных условиях. Таким образом, в сложившейся практике лесозаготовок, при которой уничтожается структурное разнообразие лесной среды и ее пространственная мозаичность, сохранение редких и исчезающих видов растительности и их биотопов в эксплуатационных лесах Приангарья становится практически невозможным.

Методика пространственной организации арендной территории. В идеале состав экологической сети должен быть представлен климаксовыми насаждениями. Режим ведения хозяйства здесь поэтому должен быть направлен на формирование разновозрастных древостоев, что может достигаться за счет выборочных рубок. Все остальные насаждения на арендной территории по

достижении возраста спелости, согласно проекту плана рубок, подлежат отводу под сплошные или постепенные рубки.

Природная основа. Разработка природной основы есть начальный и необходимый этап планирования лесохозяйственных и экологических мероприятий, в том числе сети биотопов на арендной территории. Лесная наука имеет в своем арсенале различающиеся подходы к формированию природной основы – *ландшафтный* и *типологический*. Реально существует возможность типизации ландшафтов. Поэтому наряду с ландшафтным и типологическим подходами для формирования природной основы правомерен также *ландшафтно-типологический* подход. Разработчикам проекта сети биотопов для формирования природной основы предоставляется право выбора *ландшафтного, типологического* или *ландшафтно-типологического* подхода.

Технология формирования природной основы также может различаться. Визуальные методы анализа информации имеют качественный, эвристический характер. Результаты использования визуальных методов субъективны. Использование машинных технологий позволяет формализовать показатели природной основы в цифровую форму. Результаты использования машинных методов объективны. Разработчикам проекта экологической сети биотопов предоставляется право выбора технологии формирования природной основы. Результат работы оформляется в виде тематической карты (ландшафтной, типологической или ландшафтно-типологической). Легенда карты сохраняет преемственность со стандартами лесоустроительных материалов. Сама карта представляет собой универсальный инструмент, предназначенный для проектирования видов пользования лесом, лесохозяйственных и биотехнических мероприятий.

Структура экологической сети биотопов. Послерубочная пространственная структура насаждений лесотаксационных выделов предназначена для сохранения биотопов и микробиотопов животного и растительного населения. В целом структура представлена, с одной стороны, *фоновыми* насаждениями, находящимися на разных фазах и стадиях ценогенного, пирогенного, патогенного и антропогенного циклов сукцессий, с другой стороны – насаждениями экологической сети. Проектированию подлежит пространственное размещение насаждений экологической сети.

Экологическая сеть структурно представлена *биотопами* – соединенными *экологическими коридорами*, а также *микробиотопами*, оставляемыми на вырубках нетронутыми. Биотопы, экологические «коридоры» и микробиотопы представляют собой элементы, совместно образующие единую экологическую систему насаждений.

К *биотопам* относятся ООПТ федерального, регионального и местного значения плюс ОЗУ, предусмотренные Правилами рубок главного пользования в лесах Восточной Сибири [1] и выделенные дополнительно (табл. 1).

Таблица 1. Перечень дополнительных ОЗУ (особо защитных участков)

№ п/п	Наименование	Описание
1	Насаждения на крутых склонах к ручьям; насаждения долин и вершин ручьев (в радиусе 100 м)	Леса на склонах 15 градусов и более; леса на заболоченных и дренированных местоположениях пойм. Буферная зона до 30 м
2	Насаждения, окаймляющие верховые болота	Заболоченные насаждения, примыкающие к болотам (при неявной пространственной выраженности около болотных насаждений ширина полосы устанавливается равной 300 м)
3	Насаждения эндемичных и реликтовых лесных сообществ	Насаждения выявляются из литературных и прочих источников с последующим сравнением их описаний с материалами натурных обследований
4	Уязвимые насаждения, восстановление которых проблематично	Уязвимые насаждения выявляются посредством анализа лесовосстановительного процесса

К *микробиотопам* относятся элементы лесной среды, способствующие сохранению на вырубках биологического разнообразия (табл. 2).

Таблица 2. Перечень микробиотопов, выделяемых при натурном обследовании в процессе отвода лесосек

№ п/п	Наименование	Функция
1	Отдельные деревья или куртины предыдущего поколения (хвойные старовозрастные 200 лет и более)	Местообитание (укрытие, кормовая база)
2	Отдельные деревья и куртины лиственных пород	Сохранение биоразнообразия и местообитаний (укрытие, кормовая база)
3	Деревья с гнездами	Местообитание (укрытие, кормовая база)
4	Сухостой хвойных пород	Местообитание (укрытие, кормовая база)
5	Группы возобновления	Местообитание (укрытие, кормовая база)

№ п/п	Наименование	Функция
6	Скопления валежника	Местообитание (укрытие, кормовая база)
7	Микробиотопы редких и исчезающих видов растений и животных	Сохранение биоразнообразия и местообитаний (укрытие, кормовая база)
8	Небольшие участки леса на заболоченных понижениях и водотоках	Местообитание (укрытие, кормовая база). Регуляция водного баланса. Буферная зона шириной 10-50 м
9	Небольшие участки леса вокруг родников радиусом 50 м	Местообитание (укрытие, кормовая база). Регуляция водного баланса. Буферная зона шириной 10-50 м

К *экологическим коридорам* относятся насаждения, расположенные на элементах рельефа, соединяющих ядра экологической сети (табл. 3).

Таблица 3. Перечень экологических коридоров

№ п/п	Наименование	Описание	Ограничения хозяйственных мероприятий
1	Насаждения водоразделов, соединяющие смежные бассейны рек лесотаксационными выделами или их частями шириной до 300 м	Заболоченные насаждения; дренированные насаждения	Сплошные рубки главного пользования запрещены
2	Насаждения водораздельных пространств, соединяющие верховые болота в единую гидрологическую систему лесотаксационными выделами или их частями шириной до 300 м	Заболоченные насаждения; дренированные насаждения	Сплошные рубки главного пользования запрещены
3	Насаждения долин рек с буферной зоной 50-100 м	Заболоченные насаждения; дренированные насаждения	Сплошные рубки главного пользования запрещены

Таким образом, пространственная структура экологической сети представлена двумя иерархическими уровнями:

первый уровень – насаждения биотопов ООПТ и ОЗУ плюс соединяющие насаждения экологические коридоры. В насаждениях экологической сети первого уровня устанавливается особый режим пользования лесными ресурсами, предусматривающий запрет сплошнолесосечных рубок;

второй уровень – насаждения микробиотопов, представляющие на вырубках локальные элементы рельефа и гидрологической сети, которые совместно с лесной средой являются местообитаниями животных и растений, убежищем и кормовой базой животных и позволяют, таким образом, поддерживать биоразнообразие лесной экосистемы. В насаждениях экологической сети второго уровня также устанавливается особый режим пользования лесными ресурсами, направленный на их сохранение при сплошнолесосечных рубках.

Закключение. Опыт проектирования модельных лесов [2] показывает, что сохранение биотопов, к которым тяготеют редкие виды растительного и животного мира, является необходимым условием для поддержания биоразнообразия. Сохранение биоразнообразия на арендных территориях крупных лесозаготовительных предприятий Приангарья возможно при условии формирования на них экологической сети биотопов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Правила рубок главного пользования в лесах Восточной Сибири.* М., 1994. 40 с.
2. Романюк Б.Д., Загидулина А.Т., Кнize А.А. Природоохранное планирование ведения лесного хозяйства. WWF, 2002. 12 с.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ВЕДЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА АРЕНДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИАНГАРЬЯ

Е.А. ШЕВЛЯКОВ¹, С.К. ФАРБЕР², А.С. ШИШИКИН², Т.А. БУРЕНИНА²

¹ОАО «Лесосибирский ЛДК № 1», Лесосибирск

²Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Излагаются основные положения экологического мониторинга: гидрологического, почвенного, зоологического, лесовосстановления на вырубках, санитарного состояния леса, прироста и отпада на арендных территориях лесозаготовительных предприятий Приангарья.

Информация мониторинга – это прямые, косвенные и производные показатели, характеризующие наблюдаемые объекты. Информация представляется в виде специальных и стандартных учетных таблиц, аэрокосмических снимков, тематических карт и хранится в базе данных. Мониторинг наиболее полно реализуется в программной среде ГИС и СУБД. Организация мониторинга предполагает два этапа сбора и обработки информации. На первом этапе (производственном) в процессе проведения лесосечных работ и по их окончании отслеживаются территориальные и количественные изменения в лесном фонде. На втором этапе (аналитическом) производится количественный и качественный анализ выявленных изменений. Мониторинг осуществляется по принятой методике на единой природной основе и на постоянных участках наблюдений. В итоге анализа получаемой мониторинговой информации уточняются местные особенности существования лесных экосистем, на основе которых составляются рекомендации, позволяющие гармонизировать технологические элементы разработки лесосек с закономерностями лесовосстановительного процесса и рекомендации по дальнейшему выращиванию товарных насаждений, отвечающих сырьевым потребностям предприятий.

Методика гидрологического и почвенного мониторинга. Оценка гидрологических последствий лесозаготовок производится с учетом пространственно-временного аспекта проблемы. Используется иерархическая схема наблюдений: вырубка → элементарный водосбор → речной бассейн. На лесосеке оценке подлежит величина поверхностного стока и направление эрозии, снижающей плодородие почв и являющейся одной из причин ухудшения качества воды в реках и водоемах. В масштабе элементарных водосборов и речных бассейнов последствия лесозаготовок выражаются в снижении качества воды, изменении режима руслового стока и составляющих водного баланса.

Мониторинг на вырубках и на контроле (в лесу) предполагает:

1. *Наблюдение за температурным режимом* на вырубках воздуха, почвы и в лесу. Температура почвы определяется с помощью ТПВ-50;

2. *Учет жидких атмосферных осадков* на вырубках и в лесу. Влажность почвы определяется с помощью НИВ-2;

3. *Снегомерную съемку* перед началом снеготаяния на каждом экспериментальном водосборе в период максимальных снегозапасов (10-15 маршрутов в зависимости от площади водосбора);

4. *Наблюдение за процессом снеготаяния* на экспериментальном водосборе. На склонах разных экспозиций подбираются 2-4 постоянных снегомерных площадки, где устанавливается по 3 снегомерных рейки. Измерение высоты и плотности снежного покрова осуществляется в период снеготаяния ежедневно;

5. *Измерение количества склонового (поверхностного) стока* на стоковых площадках, площадь которых составляет от 200 до 600 м². Сверху и с боковых сторон стоковые площадки ограничены водонепроницаемой стенкой, заглубленной на 10-15 (см) до водоупорного слоя. Водоприемное устройство (лотки и бак) расположены в траншее, защищенной навесом от атмосферных осадков. Количество склонового стока определяется в объемных единицах;

6. *Изучение мутности воды и твердого стока наносов* в соответствии с нормативными документами. Отборы проб на мутность (2-3 л) берутся ежедневно. После фильтрования количество взвешенных наносов в образце определяется в весовых единицах;

7. *Выявление водно-физических свойств почв.* Объемный вес почв определяется методом цилиндров при помощи объемного бура Качинского; полная влагемкость почвы – по методике Лебедева. Глубина промерзания и оттаивания почвы определяется с использованием мерзлотомера Данилина. Инфильтрационные характеристики почв получают с помощью заливных площадок (колец) с постоянным напором (прибор ПВН);

8. *Оценку водно-эрозионных параметров* (коэффициент стока и коэффициент эрозии), которая производится экспериментально посредством искусственного дождевания микроплощадок площадью 0,5

м². Микроплощадки закладываются на участках различной поврежденности и степени минерализации на вырубках и под пологом леса на контроле.

Последующий анализ данных мониторинга позволяет выявить условия формирования стока, оценить влияние рубок древостоев на запасы воды в снеге, проследить процесс снеготаяния, изменение влажности, промерзания и оттаивания почвы, состояние склонового и руслового стока, эрозию почвы и состояние твердого стока. На элементарных водосборах и речных бассейнах мониторинговые исследования предполагают учет изменения лесистости (в результате рубки), оценку площади минерализации почвы, отбор образцов воды на мутность и химическое загрязнение в замыкающем створе водосборов. Эродированные участки картируются.

Методика мониторинга лесовосстановления на вырубках. Объекты наблюдений – рубки и насаждения на арендных территориях.

Получаемая информация: таксационные показатели дорубочного насаждения, таксационные показатели послерубочного насаждения, год, сезон и вид рубок, характеристика почв, геоморфологические показатели местности.

Методика получения информации. Обследованию подлежат все послерубочные насаждения лесотаксационных выделов. Таксационные показатели насаждений и характеристики почв заносятся в базу данных по данным массовой таксации и материалам отвода лесосек. Геоморфологические показатели местности определяются посредством анализа топографических карт. Климатические характеристики сезона рубок берутся на метеостанции.

Обследование послерубочного естественного возобновления и лесных культур производится выборочно-перечислительными методами посредством закладки круговых площадок по методике, принятой в лесоустройстве.

Периодичность учета. Первый учет проводится по окончании периода лесовосстановления. На основе анализа полученных данных принимается решение о проведении дальнейших лесохозяйственных мероприятий. Второй учет производится при очередном лесоустройстве и также служит основой для принятия решений о проведении дальнейших лесохозяйственных мероприятий.

Мониторинг санитарного состояния леса. Объекты наблюдений – насаждения лесосырьевых баз.

Получаемая информация: таксационные показатели насаждений, характеристики почв, геоморфологические показатели местности.

Методика получения информации. Таксационные показатели насаждений и характеристики почв являются данными массовой таксации. Геоморфологические показатели местности определяются посредством анализа топографических карт. Получаемая информация заносится в базу данных.

Периодичность учета. Учет производится при очередном лесоустройстве по III разряду и служит основой для принятия решений о проведении дальнейших лесохозяйственных мероприятий.

Мониторинг прироста и отпада. Объекты наблюдений – насаждения арендной территории.

Получаемая информация: появление рубок, гарей и погибших насаждений, текущий прирост по высоте и диаметру по составляющим породам в разрезе возрастных этапов, текущий отпад по составляющим породам в разрезе возрастных этапов.

Методика получения информации. Увеличение общего запаса древостоев на арендной территории происходит за счет ежегодного прироста; уменьшение – за счет появления новых рубок, гарей и погибших насаждений, а также промежуточного пользования и естественного отпада.

Текущие изменения в лесном фонде, т.е. появление новых рубок, гарей и погибших насаждений, фиксируются в мониторинговой базе данных и отдельными слоями на фоне космических снимков или планов лесонасаждений в программной среде ГИС.

Текущий в процессе лесообразовательного процесса прирост и отпад определяется по материалам учетов на постоянных пробных площадях. Обычно закладываются прямоугольные или круговые пробные площади. Конфигурация определяется удобством производства натурных работ и практически не влияет на точность результатов. Последовательность выполнения операций закладки пробных площадей регламентируется лесоустроительными инструктивными документами. Периодичность учета на пробках – 10 лет.

Методика зоологического мониторинга. В пределах лесосечного фонда проводятся стандартные учеты промысловых видов по методике зимних маршрутных учетов (30 км на 1000 га), а также в соответствии с экологическими особенностями видов. Текущий мониторинг за численностью видов животных проводится на постоянных объектах наблюдений (10 учетных площадок на 1000 га). Статистическая достоверность полученных материалов обеспечивается протяженностью дополнительного учетного маршрута (не менее 2 км), расположенного перпендикулярно экологическому профилю и проходящему через один тип местообитаний. Повторное прохождение маршрута (3-кратное) в одно и то же время суток позволяет определить постоянство присутствия, а в разное время – видовое разнообразие, которое учитывает видовые экологические особенности, обусловленные ритмикой

суточной активности. Для определения размера индивидуального участка животное должно быть встречено на маршруте не менее десяти раз.

Для добычи и учетов мышевидных млекопитающих используются мышеловки (давилки и конуса). Для полного учета и получения достоверной характеристики половозрастного состава группировки непрерывный отлов необходимо производить в течение 10 дней. Показателем вылова местных зверьков является резкое снижение уловистости и дальнейшее попадание в ловушки преимущественно мигрантов. В одном местообитании одновременно выставляется не менее 20 давилок или 10 конусов. Для выявления видового состава ловушки устанавливаются в местах наиболее вероятного отлова (кучи валежа, тропы, кормовые столики). Плотность поселений по биотопам определяется путем отлова на трансектах и установкой ловушек на фиксированном расстоянии (10 м) независимо от микроусловий. Во избежание воздействия эффекта опушки на учетные данные ловчая линия закладывается по центральной части биотопа, но не ближе 50 м от соседнего типа местообитаний. Относительный учет мышевидных проводится в период установления снежного покрова по следовой активности зверьков.

Большинство мелких млекопитающих могут быть распределены по популяциям только при непосредственном осмотре тушки и исследовании черепа. Животные обладают достаточно большой индивидуальной, возрастной и сезонной изменчивостью, что определяет необходимость сбора массового материала. Одна серия (выборка) по популяционному, половому и возрастному признаку должна составлять не менее 20-30 экземпляров.

Косвенным методом определения видового состава мелких млекопитающих, а также выявления их трофической роли в пищевых цепях является сбор и анализ содержимого погадок хищных птиц и экскрементов зверей. Они, как правило, обнаруживаются около микроповышений на открытых участках или около отдельно стоящих деревьев. Продукты экскреции упаковываются в отдельные мешочки и маркируются.

В процессе зоологического мониторинга производится сбор следующей информации:

1. *Размещение и миграция.* По литературным источникам выявляются и картируются места размножения, сезонной концентрации, линьки, коридоры перемещений и т.д. видов животного мира в регионе. Полученные материалы используются для структурной детализации природной основы (ландшафтов) на станции с выделением ключевых участков. Изучение миграции зверей и птиц производится в местах переходов и сезонных станциях. Пространственная структуризация территории производится с помощью природной основы с привлечением цифровых карт, космических снимков и природных тематических карт. Выявляются функциональные взаимосвязи среды обитания и животных.

2. *Численность.* В целях получения объективных данных о динамике численности видов учетные работы должны проводиться регулярно на ключевых участках по единым общепринятым методикам в одни и те же фенологические сроки. Получаемые материалы позволяют установить флуктуации и тенденции изменения численности модельных видов животных. Используемые методы учета должны быть взаимосвязаны переводными коэффициентами, исключающими двойственность оценок результатов.

3. *Половозрастной состав и продуктивность модельных видов* выявляются путем наземных стационарных наблюдений и промысловых выборок.

4. *Воспроизводство.* На ключевых участках собираются сведения о плодовитости и выживаемости молодняка, величине выводков, отходе яиц и гибели кладок, а также факторах, влияющих на продуктивность популяций. Оценивается упитанность, наличие болезней и паразитов у выборочных (отлов и отстрел) особей животных. Эти показатели влияют на интенсивность и успех размножения. Полученные данные интерпретируются на состояние видов после зимовки и в период миграций.

5. *Кормовая база.* Осуществляется сбор информации о наличии и доступности растительных и животных кормов, пищевых объектов низших трофических уровней (беспозвоночные, мелкие млекопитающие, птицы).

6. *Влияние конкуренции и хищничества.* Оценивается численность и территориальное размещение трофических и биотопических конкурентов. Осуществляется контроль за состоянием популяций хищников, выявляется численность хищников, размещение, уровень хищничества, количество и структура жертв по видам и экологическим группам.

7. *Болезни и патология.* Осуществляется эпидемиологический контроль состояния популяций модельных видов. Производится сбор данных о погибших зверях и птицах, исследуются причины их гибели. Особое внимание уделяется случаям массовой гибели животных: картируются места находок, проводятся лабораторные обследования с использованием гистологических методов.

8. *Антропогенное и техногенное воздействие.* На ключевых участках в разные периоды жизненного цикла периодически проводится оценка характера и степени воздействия на каждый модельный вид.

Результаты исследований воздействия лесозаготовок на состояние лесных экосистем и их продуктивность позволяют вести более обоснованную и эффективную политику лесопользования.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРЫ И ДИНАМИКИ ЛЕСНОГО ПОКРОВА

УДК 582.475.4:581.1:581.522

ЭКОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ХВОИ КЕДРА СИБИРСКОГО (*PINUS SIBIRICA* DU TOUR) В ГОРАХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО АЛТАЯ

О.Г. БЕНДЕР, А.П. ЗОТИКОВА, С.Н. ВЕЛИСЕВИЧ

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск

АННОТАЦИЯ

Показано, что по высотному градиенту у кедра сибирского уменьшалась длина хвои, но увеличивались площади смоляных каналов, ассимилирующей и проводящей тканей. Количество устьиц в единице объема хвои достоверно не отличалось на всех пробных площадях. Установлено, что с увеличением высоты над уровнем моря изменялось соотношение свободной и связанной форм воды, возрастал водный дефицит. С подъемом в горы содержание зеленых пигментов в хвое уменьшалось, но в общем пигментном фонде возрастала доля каротиноидов.

Способность популяций древесных растений выживать в неблагоприятных условиях севера и высокогорий является результатом адаптации отдельных особей к меняющимся экологическим условиям. Кедр сибирский является одним из немногочисленных представителей древесных растений, произрастающих на верхней границе леса. В горах Северо-Восточного Алтая этот вид распространен от черновой тайги, где он представлен высокорослыми деревьями и достигает 40 м в высоту, до верхней границы леса, где приобретает стланиковую форму [1]. Горные растения испытывают воздействие высокой инсоляции, низких температур, жесткого ультрафиолета, повышенных доз озона и др. Экофизиологические адаптивные реакции ранее были изучены преимущественно на примере других видов хвойных [4, 5]. Публикации по изучению энергопреобразующих процессов у кедра сибирского единичны, а особенности водного режима хвои вообще не исследовались. Поэтому цель данной работы состояла в изучении структурных особенностей хвои кедра сибирского, а также специфики водного режима и состояния пигментного фонда по высотному экологическому профилю. Высотный экологический профиль длиной около 14 км был заложен в Северо-Восточном Алтае, в пределах макросклона г. Колышта. Профиль начинался в черном поясе тайги на второй надпойменной террасе р. Кыга (51°19' с.ш., 87°50' в.д., 510 м над уровнем моря) и заканчивался в подгольцовом редколесье (51°18' с.ш., 87°56' в.д., 2110 м над уровнем моря). Исследования проводили на пяти пробных площадях (ПП), характеризующихся сменой горных лесорастительных поясов по высотному градиенту. Пробные площади различались уровнем освещенности, содержанием влаги и гумуса в почве. Их характеристика представлена в табл. 1.

Таблица 1. Характеристика пробных площадей на высотном профиле

№ ПП	Тип леса	Высота над уровнем моря, м	Древостой	Сомкнутость	Бонитет	Тип почвы	Влага, %	Гумус, т/га
1	Кедровник крупнотравно-папоротниковый	510	8К2П	0,5	I	Горно-лесные бурые псевдоподзоленные	21	168
2	Кедровник кустарниково-крупнотравно-папоротниковый	620	5П4К1Б	0,8	III	Среднемощные поверхностно-щебнистые	31	103
3	Кедровник кустарниково-папоротниково-крупнотравно-вейниково-зеленомощный	1270	9К1П	0,7-0,8	II	Среднемощные поверхностно-щебнистые	76	124
4	Субальпийский кедровник крупнотравный	1890	10К+П	0,5	IV	Среднемощные поверхностно-щебнистые	99	139
5	Ерничково-мохово-лишайниковое кедровое редколесье	2110	10К+E	0,1	V	Горные лесные бурые маломощные	91	72

Проведенные исследования показали, что хвоя кедра сибирского из разных типов местообитаний существенно различалась по величине отдельных морфо-анатомических характеристик. С увеличением высоты уменьшалась длина хвои и увеличивалась ее толщина (рис. 1). Хвоя кедра в самой верхней точке

профиля была на 30 % короче и на 10 % толще, чем хвоя в самой нижней точке. С подъемом в горы возрастали абсолютные значения площади мезофилла, центрального цилиндра и смоляных ходов на 23 %, 17 % и 32 % соответственно. Важным показателем адаптации растений к экстремальным условиям существования и фактором, частично определяющим потенциальные возможности водо- и газообмена листового аппарата, является число устьиц в листе.

По нашим данным, среднее количество устьиц в 1 мм³ хвои на различных высотах практически не менялось. Исходя из этого мы предположили, что деревья, произрастающие в верхней части профиля, не испытывали водного дефицита, и адаптивные перестройки устьичного аппарата были направлены на уменьшение сопротивления диффузии углекислоты на участке устьица – межклетники.

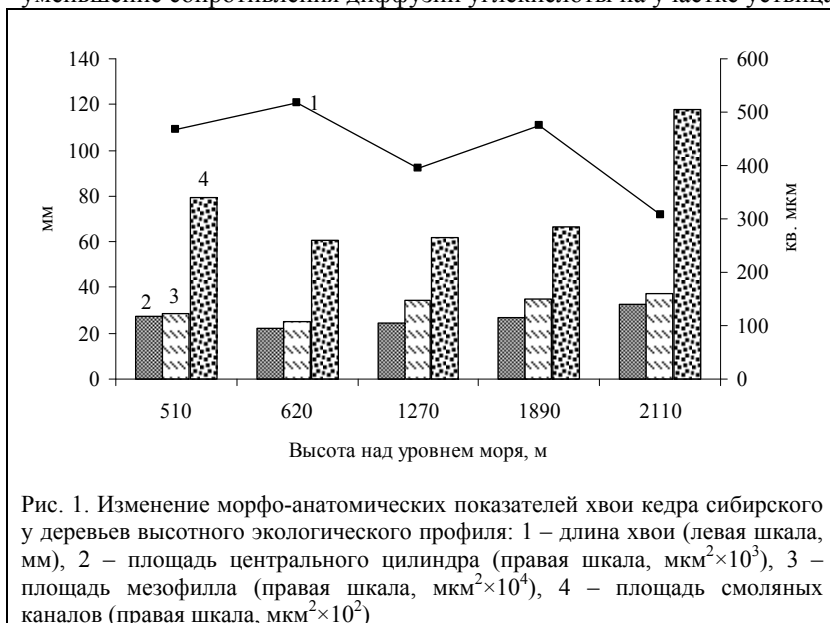


Рис. 1. Изменение морфо-анатомических показателей хвои кедрового дерева по высотному экологическому профилю: 1 – длина хвои (левая шкала, мм), 2 – площадь центрального цилиндра (правая шкала, мм² × 10³), 3 – площадь мезофилла (правая шкала, мм² × 10⁴), 4 – площадь смоляных каналов (правая шкала, мм² × 10²)

Справедливость этого допущения была подтверждена анализом водного режима хвои. Результаты показали, что с подъемом в горы уменьшалась оводненность хвои и возрастал ее водный дефицит, который достигал максимального значения в самой верхней точке профиля (ПП 5). Однако мы предполагаем, что такое значение водного дефицита не являлось стрессовым для кедрового дерева, поскольку это состояние у хвойных наступает при недостатке влаги свыше 25-30 % [3]. Содержание свободной воды в хвое было максимальным в верхней части профиля и минимальным в нижней (рис. 2). По высотному

градиенту уменьшалось процентное содержание связанной воды в хвое, однако ее доля от общего количества воды в клетке увеличивалась и составляла приблизительно 50 %. По-видимому, в условиях высокой солнечной радиации и низких температур воздуха в высокогорье увеличение фракции связанной воды направлено на усиление устойчивости растений и стабилизацию интенсивности физиологических процессов.

Измерение интенсивности транспирации на исследованных пробных площадях показало, что ее абсолютные значения очень вариабельны на разных высотах и колеблются в широких пределах от 100 до 250 мг·г⁻¹·ч⁻¹. Максимальные показатели скорости транспирации отмечены на ПП 1, а самые низкие – на ПП 2. Средние значения этот признак имел на ПП 3, 4 и 5. Высокая изменчивость

интенсивности транспирации вдоль высотного профиля обусловлена различным сочетанием экологических факторов на каждой пробной площадке. Так, на первой пробной площадке самая низкая влажность почвы, но благоприятный световой (табл. 1) и температурный режимы. Поэтому интенсивность транспирации в данном случае имеет высокие значения. Резкое уменьшение освещенности и температуры на ПП 2, характеризующейся низкими значениями влажности почв, вызывает значительное снижение транспирации по сравнению с ПП 1. Приблизительно одинаковые значения интенсивности транспирации отмечены в хвое деревьев, расположенных в верхней части

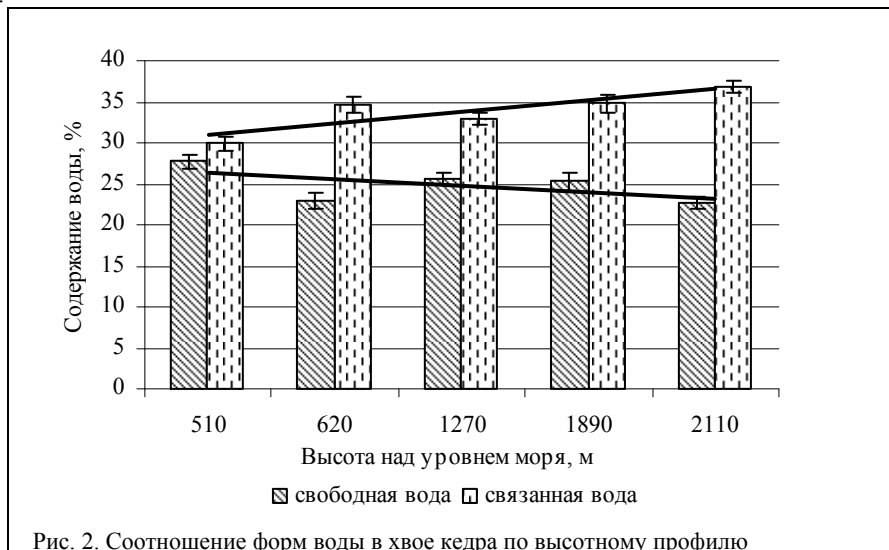


Рис. 2. Соотношение форм воды в хвое кедрового дерева по высотному профилю

профиля на ПП 3, 4, 5 (рис. 3). Почвенная влажность в этих точках имела самые высокие значения по профилю и, следовательно, не являлась лимитирующим фактором для транспирации. Данные пробные площади отличались уровнем инсоляции, которая была максимальной на ПП 5, что, однако, не вызывало усиленного испарения влаги. Мы полагаем, что на верхних пробных площадях определяющим является не высокая интенсивность освещения, а температурный фактор, что подтверждается наличием достоверной положительной корреляции между интенсивностью транспирации и температурой воздуха ($R = 0,7$).

Наряду с изменением водного режима адаптация к экстремальным горным условиям происходила на уровне фотосинтетических процессов, о чем свидетельствует содержание и соотношение фотосинтетических пигментов хлоропластов. Сравнительный анализ уровня пигментов в зависимости от высоты произрастания деревьев показал, что самое большое содержание хлорофилла *a* было на нижних пробных площадях (ПП 1 и 2), при этом пул хлорофилла *a* почти в 2,5 раза превышал пул хлорофилла *b* (табл. 2). С увеличением высоты произрастания содержание зеленых пигментов уменьшалось, причем в большей степени снижалось количество хлорофилла *a* и несколько меньше хлорофилла *b*. Причиной снижения содержания хлорофиллов *a* и *b* с подъемом в горы предположительно является усиление действия комплекса экологических факторов, в частности, понижение температуры почвы и воздуха и повышение ультрафиолетового излучения.

Таблица 2. Содержание фотосинтетических пигментов в хвое кедр сибирского, мг/г сухой массы

ПП	Хлорофилл <i>a</i>	Хлорофилл <i>b</i>	Хлорофилл <i>a + b</i>	Каротиноиды	<i>a/b</i>	<i>a+b/кар.</i>
1	0,76	0,25	1,02	0,19	3,1	5,4
2	0,80	0,30	1,10	0,16	2,8	5,8
3	0,59	0,22	0,82	0,15	2,7	5,4
4	0,57	0,22	0,79	0,18	2,5	4,5
5	0,57	0,22	0,80	0,20	2,6	4,0

Содержание каротиноидов в хвое деревьев, произрастающих на разных высотах, колебалось от 0,15 до 0,20 мг/г сухого веса (рис.м4). Особый интерес вызывает тот факт, что пул желтых пигментов до определенной высоты (1270 м над уровнем моря, ПП 3) снижался, а затем при дальнейшем подъеме в горы абсолютное содержание каротиноидов возрастало и увеличивалась их доля в общем пигментном фонде. По мнению ряда авторов, увеличение доли каротиноидов в пигментном фонде высокогорных растений свидетельствует об их защитной роли [2].

Таким образом, исследование структурных особенностей, динамики водного режима и состояния пигментного фонда хвои кедр сибирского позволили выявить определенные адаптивные изменения изучаемых параметров на высотном профиле в горах Северо-Восточного Алтая. Показатели оводненности хвои и водного дефицита практически не изменялись в пределах высотного профиля, что свидетельствует об отсутствии водного стресса у исследованных деревьев. Вместе с тем с подъемом в горы возрастала фракция связанной воды, что указывает на усиление устойчивости высокогорных популяций к экстремальным факторам. Дефицит фотосинтетических пигментов в хвое деревьев верхней части профиля компенсировался увеличением площади внутренней ассимилирующей поверхности и уменьшением сопротивления диффузии углекислоты на участке устьица – межклетники.

Работа выполнена при финансовой поддержке программ СО РАН № 6.3.1.16, № 7.10.1.3, интеграционного проекта СО и УрО РАН № 53 и гранта РФФИ № 07-04-00593.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горошкевич С.Н., Кустова Е.А. Морфогенез жизненной формы стланика у кедр сибирского на верхнем пределе распространения в горах Западного Саяна // Экология, 2002, 4. С. 243-249.
2. Зотикова А.П., Воробьева Н.А., Соболевская Ю.С. Динамика содержания и роль каротиноидов хвои кедр сибирского в высокогорье // Вестник Башкирского ун-та, 2001, 2 (1). С. 36-40.
3. Лархер В. Экология растений. М.: Мир, 1978. 384 с.
4. Todaria N.P. Changes in pigments and total phenolics in *Artemisia* species grown at different altitudes in the garhwal Himalaya // Biol. Plant., 1986, 28 (4): 307-309.
5. Tranquillini W. Das Klimahaus auf dem Patscherkofel im Rahmen der forstlichen Forschung // Industrieller Pflanzenbau, Band II, Vortragsreihe 2. Symposium Industrieller Pflanzenbau Wein, 1965. Pp. 147-154.

К ВОПРОСУ О КАРТОГРАФИРОВАНИИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ГОРНОЙ ОБЛАСТИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

М.В. БОЧАРНИКОВ

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

АННОТАЦИЯ

Картографирование растительного покрова служит важным методом его исследования, инвентаризации, мониторинга и сохранения. При картографировании Алтае-Саянской страны учитываются высотно-поясные закономерности пространственной структуры растительного покрова. Разномасштабное картографирование позволяет выявлять структуру высотной поясности, внутрипоясные особенности растительности.

Картографирование растительного покрова служит важным методом исследования при его инвентаризации, изучении закономерностей пространственного размещения. Геоботанические карты отражают все стороны изучения растительного покрова на разных уровнях его рассмотрения. В основу геоботанических карт положены легенды, построенные по классификационной схеме, выбранной в зависимости от целей исследования и того аспекта изучения растительного покрова, который отражен на карте. При этом растительность рассматривается как системное понятие, в тесной увязке с природными условиями, что сближает классификацию растительности с классификацией экосистем с наземной жизнью [14].

В соответствии с представлением об иерархической организации биосферы разнообразие растительности необходимо рассматривать на разных уровнях экосистем [17]. Существует множество примеров выделения экосистем на разных иерархических уровнях, различаемых по масштабам и признакам их выделения при классификации живого покрова. Через них можно раскрыть климатические, орографическое, почвенно-литологические воздействия на конкретном уровне рассмотрения экосистем, выявить биологический потенциал, то есть *совокупность сукцессионных состояний природных инвариантов*. Понятие инварианта введено В.Б. Сочавой и является ключевым для картографирования не только растительности, но и ландшафтов.

Пространственная организация растительного покрова находит отражение на картах разного масштаба. Тот хронологический уровень, который придается экосистемам, определяет масштаб карты. Содержание карт всегда определяется их назначением, той целью, которая ставится исследователями при их составлении. В легенде реализуется основная концепция, с позиций которой растительный покров представлен на карте. С учетом трех основных уровней организации природных экосистем (федерального, регионального и локального) растительный покров находит отражение на картах мелкого, среднего и крупного масштабов, в связи с чем может быть исследован экосистемный аспект биоразнообразия экосистем разного уровня размерности.

Алтае-Саянская горная область, расположенная в континентальном секторе Евразии, на границе бореального и суббореального биоклиматических поясов и одноименных зональных классов ландшафтов, представляет в известной мере целостную крупную единицу физико-географического и ботанико-географического районирования [14].

При мелко- и среднемасштабном картографировании выявляются закономерности, которые используются для районирования территории. Районирование представляет собой деление земной поверхности, при котором выделенные участки сохраняют территориальную целостность и внутреннее единство, вытекающее из общности исторического развития, географического положения, единства географических процессов и пространственной сопряженности отдельных составных частей [5]. Основные принципы районирования – территориальная целостность и неповторимость отдельных объектов, их индивидуальность. В соответствии с ними строится иерархическая система единиц районирования, которой можно дать картографическое отображение [7, 8, 16].

На глобальном уровне концепция секторно-зональной структуры биогеоценотического покрова является определяющей в ботанической географии. Данный уровень позволяет оценить положение исследуемой территории среди других макроструктур растительного покрова, выявить связи планетарного масштаба. Широкое использование методов дистанционного зондирования дает актуальную интерпретацию растительного покрова. На карте растительного покрова Северной Евразии [2] дана информация о пространственном размещении растительности на уровнях групп и классов формаций. Для Алтае-Саянской горной области отмечается повышенная мозаичность структуры растительного покрова, связанная со спецификой орографического строения территории. По результатам дешифрирования со спутника (SPOT VEGETATION) отмечается обособленность горной страны от соседних, отчетливо выделяемых зональных подразделений.

Существенные различия, связанные с рельефом, историей развития территории и различной степенью континентальности, определяют дифференциацию растительного покрова крупных зональных подразделений биосферы по провинциальным особенностям биоклиматической ситуации, выраженным в особенностях биоты. Типологические объединения на провинциальном уровне в соответствии с биомной концепцией биоразнообразия – экорегионы – для горных территорий являются группой типов поясности со сходными по преобладающим биотам поясными системами, в сходных биоклиматических условиях при сохранении тесных флористических и фаунистических обменов в пределах единой в географическом отношении территории. Алтай-Саянская горная область относится к одному одноименному экорегиону. Основой для такого выделения послужил анализ типологической структуры высотной поясности, результаты которого нашли отражение на карте «Зоны и типы поясности растительности России и сопредельных территорий» [11]. Картографирование горных территорий проведено в соответствии с типологией поясных структур растительного покрова. В ее основу положено представление о типе поясности как узлом элементе ботанико-географического расчленения территории. В пределах Алтай-Саянской горной области выделяется четыре типа поясности, характеризующих основные региональные отличия спектров высотных поясов. Каждый тип содержит географические варианты, выделяемые по специфике спектра высотных поясов (выпадение из колонки отдельных поясов, замещение вариантами типов растительности). Названия даны по составу поясов и их географической приуроченности.

Растительный покров на уровне классов ассоциаций отражен на карте «Растительность СССР» [6]. Легенда имеет иерархическую структуру, построена на базе эколого-морфологической классификации. Представленные выделы относятся к уровню классов ассоциаций. Их расположение в Алтай-Саянской стране отражает основные закономерности высотно-поясной дифференциации, четко выраженной за счет абсолютной высоты гор, нарастания степени континентальности, резко обозначенных экспозиционных эффектов. Последние проявляются как в макрорельефе (ветровая и солонная экспозиции), так и в мезорельефе, что хорошо видно на карте. Растительный покров относится к лесному, степному, высокогорному типам растительности. Объединены они в горный и предгорный классы.

Данные дистанционного зондирования помогают в выявлении хронологической организации экосистем регионального уровня. Опыт использования спутниковой информации (база данных NOAA/AVHRR) показал их способность выявлять различия в климатических режимах разных высотных поясов [10]. По спектральным характеристикам выделились высотно-поясные комплексы гор в обрамлении Минусинской котловины, отразив основные закономерности структуры высотной поясности на уровне типов поясности.

Примером подробной среднемасштабной карты, раскрывающей региональную структуру растительного покрова, служит карта растительности Алтайского края [1]. В основу легенды положен генетический принцип при классификации растительности, что отражено на каждом уровне дифференциации. Помимо структуры растительного покрова, отражается его динамика (которая реализуется в типах серий сообществ). Данная карта позволяет оценить специфику горной территории, выявить потенциальную растительность разных высотных уровней. Карта отражает ландшафтную структуру территории, таким образом раскрывая и локальные особенности растительного покрова.

Картографирование растительного покрова на локальном уровне важно с точки зрения получения первичной информации о ботаническом разнообразии. На данном уровне выявляются самые крупные закономерности пространственной организации растительного покрова, то есть здесь наблюдается наибольшая экологическая зависимость классификационных единиц. Данный тип картографирования служит для экологической интерпретации высших категорий растительного покрова, выделяемых при его классификации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Атлас Алтайского края*. Т. 1. Москва-Барнаул: ГУГК, 1978. 222 с.
2. *Барталев С.А., Еришов Д.В., Исаев А.С.* и др. Карта лесов Российской Федерации (м. 1:14000000). М., 2004.
3. *Власенко В.И.* Структура и динамика растительности заповедных территорий Алтай-Саянской горной области. М.: Наука, 2003. 484 с.
4. *Восточно-европейские леса: история в голоцене и современность* / Под ред. О.В. Смирновой. Кн. 1. М.: Наука, 2004. 479 с.
5. *Исаченко А.Г.* Ландшафтная карта СССР. М.: ГУГК, 1989.
6. *Карта «Растительность СССР» для высших учебных заведений* (м. 1:4000000) / Под ред. Т.И. Исаченко. Минск: ГУГК, 1990.
7. *Куминова А.В.* Растительный покров Алтая. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1960. 450 с.
8. *Куминова А.В.* Растительный покров Хакасии. Новосибирск: Наука, 1976. 424 с.
9. *Куминова А.В.* Растительный покров и естественные кормовые угодья Тувинской АССР. Новосибирск: Наука, 1985. 184 с.
10. *Назимова Д.И., Поликарпов Н.П., Сухинин А.И., Федотова Е.В., Харук В.И.* Использование спутниковой информации при анализе высотной поясности лесного покрова гор Южной Сибири // География и прир. ресурсы, 2000, 4. С. 117-123.

11. *Огуреева Г.Н.* Карта «Зоны и типы поясности растительности России и сопредельных территорий» (м. 1:800 000) // Серия карт природы для высшей школы. М.: Экор, 1999.
12. *Огуреева Г.Н.* Ботаническая география Алтая. М.: Наука, 1980. 189 с.
13. *Пузаченко Ю.Г., Дьяконов К.Н., Алещенко Г.М.* Разнообразие ландшафта и методы его применения // География и мониторинг биоразнообразия. М.: Изд-во НУМЦ, 2002. С. 143-302.
14. *Сочава В.Б.* Географические аспекты сибирской тайги. Новосибирск: Наука, 1980. 256 с.
15. *Типы лесов гор Южной Сибири* / Под ред. В.Н. Смагина. Новосибирск: Изд-во Наука, 1980. 334 с.
16. *Шумилова Л.В.* Ботаническая география Сибири. Томск: Изд-во Томского ун-та, 1962. 440 с.
17. *Walter H., Breckle S.W.* Ökologische Grundlagen in globaler Sicht. V.1. Stuttgart: G.Fischer, 1991. 238 pp.

УДК 630

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПРАВОЧНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «ПРИРОДНЫЕ ПОЖАРЫ» В НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ, ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ЦЕЛЯХ

А.В. БРЮХАНОВ, П.А. ОСАВЕЛЮК, Е.Н. ХОЗЯИНОВ

Центр НИОКР Сибирского филиала Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Справочно-информационная система (СИС) по природным пожарам, способам и средствам борьбы с ними включает четыре основных блока: Словарь терминов и определений, Справочник по способам и средствам борьбы, Базу данных по нормативно-правовым актам и Базу данных по литературным источникам. СИС предназначена для широкого круга специалистов, занимающихся различными вопросами изучения природных пожаров и борьбы с ними.

Ежегодно на территории Российской Федерации возникают десятки тысяч лесных, степных и торфяных пожаров, распространяющихся на площади несколько миллионов гектаров. Государство несет колоссальные убытки от сгораемой на корню древесины, поврежденных частично или полностью населенных пунктов и коммуникаций, расположенных в лесных массивах.

Влияние огня на лесные экосистемы существенно и многообразно. Пожары влияют на различные компоненты биогеноценоза: фитоценоз, зооценоз и микробоценоз. В некоторых случаях это влияние проявляется незамедлительно, а иногда растягивается на годы и даже десятилетия. В настоящее время отечественной и зарубежной наукой накоплен огромный запас знаний по оценке влияния высоких температур и задымления на жизнедеятельность высших и низших растений, животных и микроорганизмов, гидрологический режим, атмосферу и т.д. Однако знания эти разрознены, и в полной мере ими владеют только лишь узкие специалисты. Одной из задач разработанной нами справочно-информационной системы была передача данных знаний широкому кругу исследователей и практиков, занимающихся различными вопросами изучения природных пожаров и борьбы с ними. Систематизация и передача этих знаний в электронно-поисковом формате позволят в значительной степени повысить эффективность работы специалистов, изучающих экологические и экономические последствия пожаров в природной среде.

Справочно-информационные системы получили достаточно широкое распространение по всему миру. Наиболее крупные ресурсы по лесному и лесопожарному профилю в настоящее время организованы в США, Канаде и Евросоюзе. В области современных информационных технологий в российской науке и производстве пока наблюдается серьезное отставание. Многие научные фонды библиотек пока еще не перенесены полностью на электронную основу, особенно велико данное отставание в лесной и лесохозяйственной сферах. Во многом изменить сложившуюся ситуацию призвано создание Совета при президенте по развитию информационного общества в Российской Федерации, положение о котором было подписано президентом РФ Дмитрием Медведевым 6 ноября 2008 года.

В рамках работы данного Совета был одобрен ряд предложений по реализации «Стратегии развития информационного общества в России». В частности, созданы восемь рабочих групп, в числе которых – группа по информационно-коммуникационным технологиям (ИКТ) в образовании и науке, а также группа для обеспечения безопасности жизнедеятельности населения России.

Разработка Справочно-информационной системы по природным пожарам, способам и средствам борьбы с ними (СИС «Природные пожары») была запланирована к выполнению в соответствии с п. 1.1.3.86 Единого тематического плана НИОКР МЧС России на 2008 – 2010 годы, утвержденного приказом № 87 МЧС России от 28.02.2008 г. Работы по ее созданию были начаты в ноябре 2007 г., а завершение программы и передача ее в структуры МЧС России запланированы на 2010 г.

Справочно-информационная система (СИС) по природным пожарам, способам и средствам

борьбы с ними включает четыре основных блока: Словарь терминов и определений, Справочник по способам и средствам борьбы, Базу данных по нормативно-правовым актам и Базу данных по литературным источникам (рис. 1).



Рис. 1. Основной интерфейс программы СИС «Природные пожары»

База данных (БД) по публикациям может широко использоваться при подготовке литературного обзора для различных научно-исследовательских работ, связанных с лесопожарной тематикой, обучении специалистов, а также при подготовке кандидатских и докторских диссертаций. Зарубежные научно-исследовательские работы представлены в БД публикациями на 8 языках, из которых наибольшая часть исследований опубликована на английском языке. База включает сведения по изданиям, вышедшим по лесопожарной тематике за последние 90 лет (с 1907 г.).

Разработанная справочно-информационная система позволяет осуществлять фильтрацию информации сразу по нескольким критериям. Например, в ней можно задать поиск информации по тематическому разделу, языку публикации, типу и году издания и получить мгновенно список литературных источников, соответствующих всем заданным критериям поиска (рис. 2).

На момент подготовки данного доклада в базе данных СИС содержала информацию, вышедшую в 45 российских и 120 иностранных журналах, в 224 сборниках научных работ на русском и иностранных языках. База также содержит в себе информацию о 98 монографиях, 28 учебных пособиях, 12 методических указаниях и рекомендациях и по 30 кандидатским и докторским диссертациям по лесной и лесопожарной тематике.

Из общего количества публикаций (более чем 2 тыс. ссылок), содержащихся в справочно-информационной системе, около четверти ссылок (497) дают информацию о источниках, где можно получить данные о том или ином воздействии пожаров на части природных комплексов: влияние на древостой – 90 ссылок, возобновление – 62, живой напочвенный покров – 32, почву и почвенные микроорганизмы – 124, лесную подстилку – 6, эрозию и поверхностный сток – 16, атмосферу – 43, баланс углерода – 21, животных – 15. Еще в 88 публикациях рассматриваются комплексные вопросы, охватывающие сразу несколько из вышеперечисленных компонентов природной среды. Данная информация собрана в разделе 2.3 «Влияние огня на окружающую среду» СИС «Природные пожары» (рис. 3.).

В своей работе разработчики СИС «Природные пожары» готовы учесть все пожелания и замечания специалистов, которые помогут сделать программу более качественной и эффективной. В настоящее время демонстрационная версия программы «Справочно-информационная система по природным пожарам» находится в открытом доступе, и скачать ее можно с сайта Санкт-Петербургского

университета ГПС МЧС России в разделе «Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, выполняемые Центром НИОКР Сибирского филиала».

Электронный адрес: http://www.igps.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=85&Itemid=76.

База данных по литературным источникам

Автор	Название	Год издания	Издание	Язык	Раздел
		от	до		2.3. Влияние огня (и других факторов)
Порядок сортировки: ☒ прямой ☐ обратный					
Автор	Публикация	Год	Издание	Язык	
Шешуков М.А., Соловьев В.Н., Найк	О критической высоте обгорания стволов деревьев сосны крымски	1978	Материалы конференции	Русский	
Савченко А.Г.	О критической высоте обгорания стволов деревьев сосны крымски	1978	Сборник. Научные труды Московского	Русский	
Матвеев П.М., Абаимов А.П.	Экологические и лесоводственные факторы послепожарной смены	1978	Материалы конференции	Русский	
Tande Gerald F.	Оценка влияния пожара на молодые лиственные лесопосадки. Dete	1979	Журнал. Canadian Journal of Botany	Английский	
Матвеев П.М., Мачернис П.И.	Зависимость величины послепожарного отпада в лиственных	1979	Сборник. Лиственница	Русский	
Матвеев П.М., Абаимов А.П.	К оценке роли огня в лиственных древостоях на мерзлотных п	1979	Сборник. Горение и пожары в лесу	Русский	
Агафонов А.Ф., Куклин Л.В.	Стволовые вредители сосны на гаях. Агафонов А.Ф., Куклин Л.В.1	1979	Журнал. Лесное хозяйство	Русский	
Huntley J.C.	Оценка влияния пожара на молодые лиственные лесопосадки. Dete	1981	Журнал. Fire Management Notes	Английский	
Хлебникова И.П., Новосельцева И.Ф	Повреждаемость деревьев молниями на Енисейской равнине. Ива	1982	Сборник. Эколого-ценотические особен	Русский	
Мисиков Ф.Ф., Стародумов А.М.	Послепожарные восстановительные смены в кедровниках. Мисико	1982	Сборник. Труды Дальневосточного НИИ	Русский	
Демаков Ю.П., Калинин К.К., Ивано	Послепожарный отпад в соснах и его прогнозирование. Демаков	1982	Журнал. Лесное хозяйство	Русский	
Ronde C.	Устойчивость сосен разных видов к воздействию огня. Ronde C. 19	1982	Журнал. South Africa Forest Journal	Английский	
Гирс Г.А.	Физиология ослабленного дерева. Гирс Г.А. 1982 - Новосибирск: На	1982	Учебное пособие	Русский	
White Alan S.	Лесные пожары, эвкалипты и погода. Gill A.M., Pook E.W., Moor	1983	Журнал. Ecology	Английский	
Bell A.	Влияние пожаров на формирование лесов Тасмании. Fire and rainfo	1983	Журнал. Ecos	Английский	
Санников С.Н., Смольникова Л.Г.	К методике оценке опневого повреждения сосны обыкновенной. Са	1983	Сборник. Леса и лесное хозяйство Зап	Русский	
Anderson Roger C., Brown Lauren E.	Лесовозобновительная роль пожаров в соснах Среднего и Южно	1983	Журнал. The Bulletin of the Torrey Botani	Английский	
Михель В.А.	Влияние ведущих факторов на отпад деревьев при низовых пожа	1984	Сборник. Труды Дальневосточного НИИ	Русский	
Cain M.P.	Устойчивость сосновых и лиственных древостоев к воздейсте	1984	Журнал. Fire Management Notes	Английский	
Евдокименко М.Д.	Изменение строения сосновых древостоев после эксперименталь	1985	Сборник. Строение раст и инвентариза	Русский	
Thomas Terri L., Agee James K.	Пожароустойчивость сосновых молодняков. Фурьев В.В. 1976 // Л	1986	Журнал. Canadian Journal Forest Resear	Английский	
Gill A.M., Pook E.W., Moore P.H.R.	Лесные пожары, эвкалипты и погода. Gill A.M., Pook E.W., Moore P.H.R.	1986	Сборник. Rept. 1985-1986", CSIRO	Английский	
Gill A.M., Cheney N.P., Walker J., Tunst	Влияние травяно- Кустарничкового покрова и подстилки на микро	1986	Журнал. Australian Forest Research	Английский	
Евдокименко М.Д.	Реакция сосны на опневые воздействия в условиях Забайкалья. Ев	1986	Журнал. Лесоведение	Русский	
Brown James K., De Byle Norbert V.	Потери коры двумя видами эвкалиптов после палов различной инт	1987	Журнал. Canadian Journal Forest Resear	Английский	
Евдокименко М.Д., Копцев С.Г.	400? Летняя история пожаров и возобновление дуба в перестойно	1987	Материалы конференции	Русский	
Davis F.W., Hickson D.E.	Особенности текущего прироста пиригенных лесов в экстремальн	1988	Журнал. Madrona	Английский	
Евдокименко М.Д.	Роль пиригенного фактора в продуктивности древостоев. Евдоким	1989	Сборник. Факторы продуктивности лес	Русский	
Агафонов А.Ф., Алексеев И.А.	Усыхание чистых сосняков по пожаращим. Агафонов А.Ф., Алексее	1989	Журнал. Лесное хозяйство	Русский	
Ubysz B.	К оценке роли огня в лиственных древостоях на мерзлотных п	1990	Журнал. Prace Instytutu Badawczego Le	Польский	

Влияние ведущих факторов на отпад деревьев при низовых пожарах. Михель В.А. 1984 Труды дальневосточного НИИ ЛХ. - №26. - С. 124-129. РЖЛЛ 86

Выход

Рис. 2. Фрагмент базы «Раздел 2.3. Влияние огня на окружающую среду», отсортированный в хронологическом порядке

Выбор раздела

++	--
2.3. Влияние огня (и других факторов) на окружающую среду 2.3. Влияние огня (и других факторов) на окружающую среду. А. деревья 2.3. Влияние огня (и других факторов) на окружающую среду. Б. возобновление (регенерация) 2.3. Влияние огня (и других факторов) на окружающую среду. В. живой напочвенный покров 2.3. Влияние огня (и других факторов) на окружающую среду. Г. почву (почвенную микрофлору и микроэлементы) 2.3. Влияние огня (и других факторов) на окружающую среду. Д. лесную подстилку 2.3. Влияние огня (и других факторов) на окружающую среду. Е. эрозию и поверхностный сток, воду 2.3. Влияние огня (и других факторов) на окружающую среду. Ж. атмосферу и климат 2.3. Влияние огня (и других факторов) на окружающую среду. З. баланс углерода 2.3. Влияние огня (и других факторов) на окружающую среду. И. животных и птиц 2.3. Влияние огня (и других факторов) на окружающую среду. К. влияние на людей	
2.3. Влияние огня (и других факторов) на окружающую среду	
Ок	

Рис. 3. Часть базы данных по литературным источникам «Раздел 2.3. Влияние огня на окружающую среду» СИС «Природные пожары»

ОСОБЕННОСТИ ЦВЕТЕНИЯ ГИБРИДОВ МЕЖДУ КЕДРОМ СИБИРСКИМ (*PINUS SIBIRICA* DU TOUR) И КЕДРОВЫМ СТЛАНИКОМ (*PINUS PUMILA* (PALL.) REGEL.)

Г.В. ВАСИЛЬЕВА, Е.А. КУЗНЕЦОВА, А.Г. ПОПОВ

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск

АННОТАЦИЯ

Показана динамика развития мужских и женских шишек у гибридов между кедром сибирским и кедровым стлаником в сравнении с родительскими видами *ex situ*. По срокам прохождения фенофаз гибриды не занимают строго промежуточное положение по отношению к родительским видам, а имеют большее сходство с кедровым стлаником. Выявлена неполная фенологическая изоляция гибридов от чистых видов.

Существует три основных фактора, обеспечивающих дискретность видов: генетическая изоляция, репродуктивная изоляция и экологическая изоляция [5, 7], с помощью которых вид защищает свой генофонд от чужеродных генов [6]. В. Грант (1984) разделил механизмы репродуктивной изоляции на внешние и внутренние [4]. К первым относятся те барьеры, которые препятствуют попаданию пыльцы на женские репродуктивные органы, а ко вторым – препятствующие оплодотворению, образованию зародыша и полноценных фертильных особей. Единственный способ внешней изоляции, который возможен у видов рода *Pinus*, – это временная, а именно, фенологическая изоляция. Между видами этого рода явление гибридизации наблюдается довольно часто [18]. Необходимым, но не достаточным условием для гибридизации является перекрывание ареалов видов. Ареал кедрового стланика перекрывается с ареалами кедра сибирского, кедра корейского и сосны мелкоцветковой. Однако обнаружены его естественные гибриды только с кедром сибирским [2] и сосной мелкоцветковой [20]. Хотя стланик и кедр корейский генетически очень близки [8, 11], между этими видами имеется полная фенологическая изоляция, и потому гибриды между ними не образуются [3]. Гибриды между кедром сибирским и стлаником обнаружены в большом количестве во многих областях зоны перекрывания ареалов этих видов [2, 1, 13].

Длительное сосуществование гибридов с родительскими видами может привести к интрогрессии, которая бывает однонаправленной и двунаправленной в зависимости от совместимости гибридов с чистыми видами. Одной из причин однонаправленной интрогрессии является фенологическая изоляция гибридов только от одного родительского вида, а фенологическая изоляция от обоих чистых видов может привести к обособлению гибридов и их переопылению только с гибридными особями [4]. Цель работы – анализ динамики развития мужских и женских шишек у гибридов в сравнении с родительскими видами *ex situ* для оценки возможности фенологической изоляции гибридов от чистых видов.

Объектами исследования послужило вегетативное потомство кедра, стланика и гибридов, выращенное в однородных условиях прививочной плантации (научный стационар «Кедр» ИМКЭС СО РАН, 30 км к югу от г. Томска, 56°13' с.ш., 84°51' в.д., 78 м над уровнем моря), расположенной в южной части подзоны южной тайги. Природные популяции произрастали в нижней части лесного пояса темнохвойных горно-таежных лесов в Южном Прибайкалье (51°47' с.ш., 103°40' в.д., 900 м над уровнем моря). Этот район находится в зоне перекрытия ареалов кедра и кедрового стланика, где были обнаружены естественные гибриды между этими двумя видами. В насаждении было выбрано по 10 средних деревьев в возрасте 120-140 лет. Черенки с этих деревьев были собраны и привиты весной 1997 г. на одновозрастные 6-7-летние подвой местного экотипа кедра и выращены в однородных условиях с размещением 3×6 м. Наблюдения за развитием женских и мужских шишек проводились в 2005 – 2007 гг.

Фенологические наблюдения за цветением велись в течение всего периода цветения ежедневно. В развитии женских шишек кедра наблюдается три основных этапа: прижатой почки, бутона и открытой шишки [9]. В развитии открытой шишки Е.В. Титов [12] выделил 8 фенологических фаз, в течение которых меняется физиологическое состояние и восприимчивость к пыльце, а также происходят морфологические изменения (табл. 1). Рецептивными фазами считаются ОШ4-ОШ6. В развитии микростробилов отмечали сроки начала, пика и окончания пыления.

Период цветения занимал около 10-15 дней. Сроки прохождения фенофаз существенно различались у видов, а гибриды занимали промежуточное положение по данному признаку (рис. 1). Цветение как видов, так и гибридов приходится на одну и ту же вегетативную фенофазу, когда на весеннем побеге отмечается массовое обособление хвоинок в брахибластах. Внутри каждого вида и у гибридов существует определенный разброс по срокам прохождения фенофаз, что на рисунке представлено полосой, ширина которой отражает индивидуальную изменчивость.

Фазы развития шишки от бутона до ЗШ у кедра наблюдались в среднем на 5 дней позже, чем у стланика. На протяжении всего периода цветения разрыв по срокам прохождения фенофаз у чистых

видов оставался примерно одинаковым.

Таблица 1. Фазы развития женской шишки после выхода из покровных чешуй (по Титову, 1982)

Фаза	Описание
ОШ1	Семенные чешуи расположены под острым углом к оси стробила, они короче кроющих чешуй. Цвет стробила красный
ОШ2	Между семенной чешуей и осью почти прямой угол. Кроющие чешуи длиннее семенных. Семенные чешуи достигли половины своего размера. Цвет стробила красный или темно-красный
ОШ3	Угол между семенной чешуей и осью составляет 90°. Семенные чешуи достигли 2/3-3/4 своей полной величины. Цвет стробила темно-фиолетовый
ОШ4	Семенные чешуи почти равны кроющим. Кроющие чешуи по всей длине прилегают к семенным. Цвет стробила темно-фиолетовый с сизым налетом
ОШ5	Кроющие чешуи отгибаются от семенных на 1/3-1/2 своей длины. Цвет тот же
ОШ6	Кроющие чешуи отгибаются от семенных более чем наполовину (до 2/3)
ОШ7	Семенные чешуи сходятся, но не соприкасаются друг с другом. Угол между семенной чешуей и осью острый, в средней части шишки примерно 60-70°. Семенные чешуи толще кроющих в 5 раз
ОШ8	Семенные чешуи находятся под острым углом к оси. В средней части шишки примерно 45°
ЗШ	Полное смыкание чешуй

Примечание. ОШ – открытая шишка, ЗШ – закрытая шишка.

Благодаря существенному временному разрыву между рецептивными фазами создается фенологическая изоляция видов в условиях клонового архива. Гибриды, хотя и занимали промежуточное положение между видами, по данному признаку были явно ближе к стланику. Фазы развития женских шишек кедр и гибридов не перекрывались, но имели одну точку соприкосновения в ОШ3. Почти на всем протяжении периода цветения сроки прохождения фенофаз гибридов и стланика частично перекрывались. Временной разрыв между фазами рецептивности у кедр и гибридов составлял в среднем 4 дня.

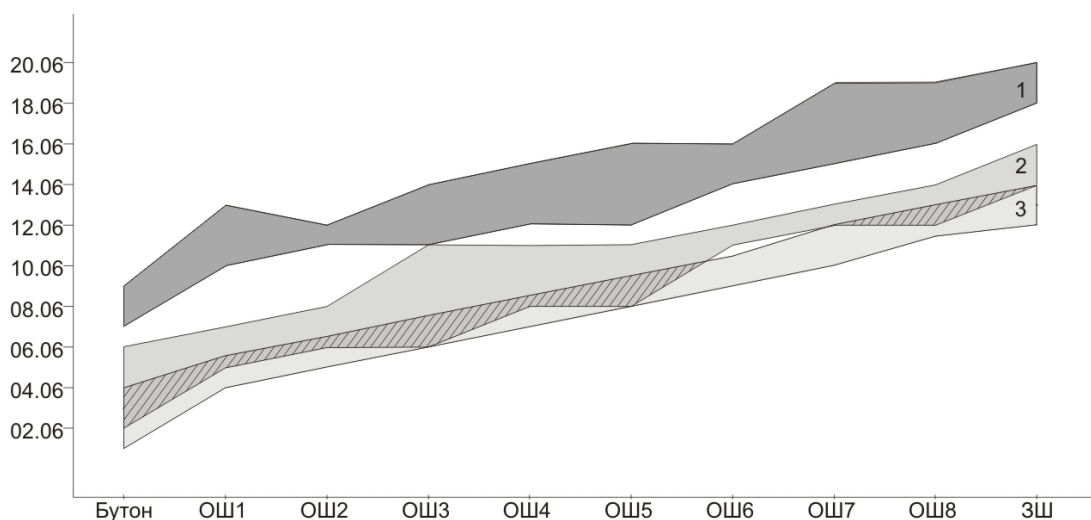
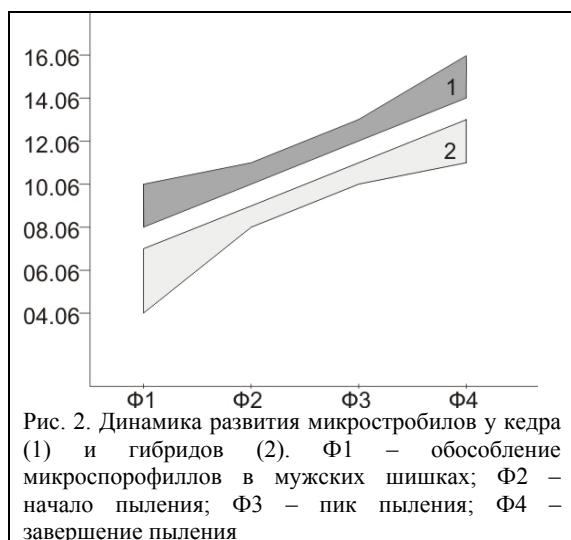


Рис. 1. Динамика развития женских шишек у кедр (1), стланика (3) и гибридов (2). Заштрихованными участками показано перекрытие фаз развития

Стланик очень редко имел развитые микростробилы, поэтому оценка сроков пыления в данном случае не может быть достоверной. Временной интервал между пиками пыления кедр и гибридов составлял 2-3 дня. Как у кедр, так и у гибридов массовый вылет пыльцы приходился на фазы рецептивности их женских шишек (рис. 2). Завершение пыления гибридов происходит раньше, чем женские шишки кедр переходят в рецептивную фазу, а срок пыления кедр захватывает окончание периода рецептивности женских шишек гибридов. Поэтому в однородных условиях клонового архива возможно образование бэккроссов, у которых гибриды и кедр будут являться материнским и отцовским растениями соответственно.

У растений сходство гибридов с одним из родительских видов наблюдается почти так же часто, как промежуточное положение их признаков по отношению к родительским видам [19]. Одна из возможных причин такого сходства заключается в том, что признаки, по которым различаются близкородственные виды, часто проявляют доминантный характер наследования [14]. Другая возможная причина состоит в том, что гибридные особи представляют собой бэккроссы на данный вид [17]. Исследованные гибриды по большинству морфологических признаков промежуточны по отношению к

родительским видам, однако наблюдаемые фенологические особенности позволяют предположить, что они являются бэккроссами на кедровый стланик.



частично с кедровыми. Действительно, гибриды в природных популяциях переопыляются как с обоими видами, так и между собой [10]. Таким образом, между гибридами и родительскими видами отсутствует полная фенологическая изоляция, как и между двумя родительскими видами. Несмотря на это, не исключена возможность репродуктивной изоляции гибридов за счет других, внутренних механизмов.

Работа выполнена при финансовой поддержке программ СО РАН № 6.3.1.16, гранта РФФИ № 07-04-00593.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горошкевич С.Н., Васильева Г.В., Попов А.Г. О гибридизации кедра сибирского и кедрового стланика в западной части станогового нагорья // Лесное хоз-во, 2008, 6. С. 25-27.
2. Горошкевич С.Н. О возможности естественной гибридизации *Pinus sibirica* и *Pinus pumila* (Pinaceae) в Прибайкалье // Ботан. журн., 1999, 84 (9). С. 48-57.
3. Горошкевич С.Н., Попов А.Г. О возможности естественной гибридизации и наличии естественных гибридов у 5-хвойных сосен Северной и Восточной Азии в областях перекрытия ареалов // Межд. конф. «Лесные экосистемы Северо-Восточной Азии и их динамика», 10-13 окт., 2006. Владивосток, 2006. С. 199-203.
4. Грант В. Видообразование у растений. М.: Мир, 1984. 528 с.
5. Завадский К.М. Учение о виде. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1961. 255 с.
6. Конарев В.Г. Морфогенез и молекулярно-биологический анализ растений. С-Пб.: ВИР, 1998. 370 с.
7. Концепция вида и симпатрическое видообразование / Под ред. А.С. Северцова. М.: Моск. ун-т, 1983. 192 с.
8. Крутовский К.В., Политов Д.В., Алтухов Ю.П. Межвидовая генетическая дифференциация кедровых сосен Евразии по изоферментным локусам // Генетика, 1990, 26 (4). С. 694-707.
9. Некрасова Т. П. Биологические основы семеношения кедра сибирского. Новосибирск, 1972. 279 с.
10. Петрова Е.А., Горошкевич С.Н., Политов Д.В. и др. Семенная продуктивность и генетическая структура популяций в зоне естественной гибридизации кедра сибирского и кедрового стланика // Хвойные бореальной зоны, 2007, 24 (2-3). С. 329-335.
11. Потенко В.В. Полиморфизм изоферментов и филогенетические взаимоотношения хвойных видов Дальнего Востока России: Автореф. дис. ... докт. биол. наук: 03.00.05; 03.00.15. Владивосток, 2004. 38 с.
12. Титов Е. В. Развитие мегастробилов у кедра сибирского // Лесная геоботаника древесных растений, 1982, 18. С. 136-140.
13. Goroshkevich S.N., Popov A.G., Vasilieva G.V. Ecological and morphological studies of hybrid zone between *Pinus sibirica* and *Pinus pumila* // Annals of Forest Research, 2008, 51. Pp. 43-52.
14. Gottlieb L.D. Genetics and morphological evolution in plants // American Naturalist, 1984, 33. Pp. 681-709.
15. Florence L.Z., Hicks R.R. Further evidence for introgression of *Pinus taeda* with *P. echinata*: electrophoretic variability and variation in resistance to *Cronartium fusiforme* // Silvae Genetica, 1980, 29 (2). Pp. 41-43.
16. Ito M., Suyama Y., Ohsawa T.A. et al. Airborne-pollen pool and mating pattern in a hybrid zone between *Pinus pumila* and *P. parviflora* var. *pentaphylla* // Molecular Ecology, 2008, 17. Pp. 5092-5103.
17. Martin N.H., Bouck A.C., Arnold M.L. The genetic architecture of reproductive isolation in Louisiana Irises: flowering phenology // Genetics, 2007, 175. Pp. 1803-1812.
18. Mirov N.T. The genus *Pinus*. N.-Y.: Ronald, 1967. 602 pp.
19. Riesberg L.N., Carney S.E. Plant hybridization // New Phytologist, 1998, 140. Pp. 599-624.
20. Watano Y., Imazu M., Shimizu T. Chloroplast DNA typing by 3CK-SSCR in the *Pinus pumila* – *P. parviflora* var. *pentaphylla* complex (Pinaceae) // J. Plant Res., 1995, 108. Pp. 493-499.

21. Xu S., Tauer C.G., Nelson C.D. Natural hybridization within seed sources of shortleaf pine (*Pinus echinata* Mill.) and loblolly pine (*Pinus taeda* L.) // *Tree Genetics and Genomes*, 2008, 4. Pp. 849-858.

УДК 630.6

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ЛЕСНОГО ФОНДА

О.П. ВТЮРИНА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Исследования на уровне биоценоза и модальных древостоев проводятся в целях изучения роста и развития насаждений отдельных древесных пород и создания нормативно-справочной базы данных для организации и ведения лесного хозяйства. Основным методом анализа динамики лесного фонда и контроля за состоянием лесных ресурсов является сравнение данных инвентаризации лесов предприятия с актуализированными данными прошлых инвентаризаций и оценка полученных результатов.

Целью исследования динамики лесного фонда является определение правильности и объективности стратегии лесопользования, организации и ведения лесного хозяйства и лесостроительного проектирования за один или несколько межучетных или ревизионных периодов. Результаты исследования учитываются в дальнейшей деятельности на любом уровне управления лесами для устранения негативных тенденций в лесах и корректировки курса лесохозяйственной деятельности [1] (рис.).

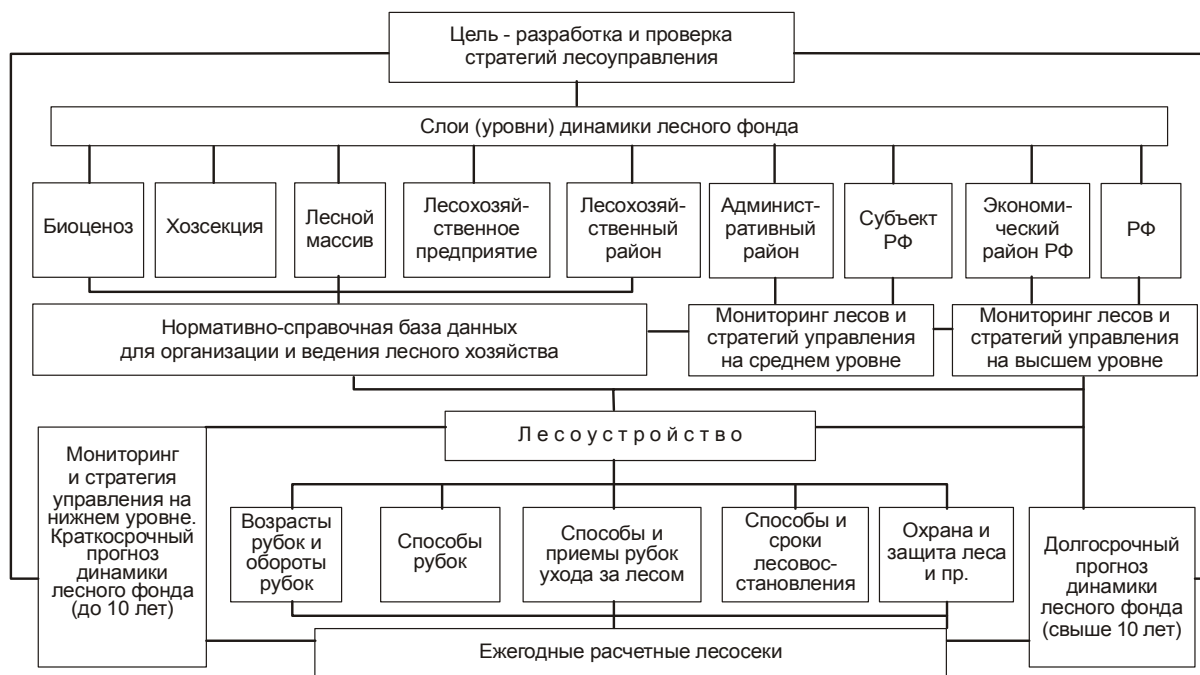


Рис. Методическая схема исследования динамики лесного фонда.

Исследования на уровне биоценоза и модальных древостоев проводятся в целях изучения роста и развития насаждений отдельных древесных пород и создания нормативно-справочной базы данных для организации и ведения лесного хозяйства. Эта база данных включает систему лесотаксационных показателей на уровне отдельного ценоза и лесного массива, которые используются в дальнейшем для расчетов и обоснований нормативов: возрастов спелости, рубок и оборотов рубок, способов и элементов рубок, приемов рубок ухода за лесом, расчетных лесосек, сроков лесовосстановления и др. Часть этой системы используется для анализа динамики лесного фонда на уровне лесного массива, лесохозяйственного предприятия и лесохозяйственного района. Это наиболее детальный уровень анализа.

Анализ динамики лесного фонда на уровне лесного массива необходим в связи с внедрением арендных отношений в лесу. Ранее для лесосырьевых баз такой анализ не делался. Методика и

детальность проведения его такие же, как и для лесохозяйственного предприятия.

Методические рекомендации по анализу динамики лесного фонда и лесохозяйственной деятельности предприятия довольно полно изложены в публикациях. Многолетний практический опыт решения этой задачи позволяет выделить следующие принципиальные моменты:

1. Основным методом анализа динамики лесного фонда и контроля за состоянием лесных ресурсов является сравнение данных инвентаризации лесов предприятия с актуализированными данными прошлых инвентаризаций и оценка полученных результатов. Обязательному сравнению подлежат:

- распределение общей площади лесов по их функциональному назначению и по категориям земель;

- распределение покрытых лесом земель и общих запасов насаждений по преобладающим породам и классам (группам) возраста;

- средние таксационные показатели по основным преобладающим породам (возраст, класс бонитета, полнота, запас на 1 га покрытых лесом земель и спелых и перестойных насаждений, среднее и текущее изменение запасов на 1 га).

2. Актуализация данных прошлых инвентаризаций заключается в:

- сопоставимости границ и площади объекта сравнения;

- внесении необходимых поправок в данные в случаях расхождений в инструктивных и нормативно-справочных требованиях (определение преобладающей породы, возрасты рубок, таблицы для корректировки запасов и полнот насаждений, бонитетные шкалы и др.);

- устранении расхождений в методах инвентаризации.

3. Проводится сравнение прогнозов прежнего лесоустройства на ревизионный период с фактической структурой лесного фонда по данным последующего лесоустройства с выявлением отклонений фактического состояния от прогнозного и анализом причин этих отклонений. Это важнейший момент оценки качества лесоустроительного проектирования и ведения лесного хозяйства в прошедшем ревизионном периоде и в то же время своеобразный «момент истины» в принятии лесоустроительных решений на новый ревизионный период.

4. Чрезвычайно важным является понимание и расчленение естественных и антропогенных возмущений лесов (рубки, лесные пожары, ветровалы, очаги вредителей леса, эмиссии и др.). Накладываясь на естественные процессы развития леса, они усложняют познание динамики лесов. В этих случаях эффективным будет применение системного анализа факторов динамики лесов с определением векторов и силы воздействия каждого фактора или группы их.

Динамика лесного фонда на уровне лесохозяйственного или административного района исследуется аналогично предыдущему изложению с некоторыми поправками. Анализ ее проводится на базе материалов учета лесного фонда и материалов лесоустройства по объектам, входящим в район. Лесоустроительная информация может использоваться выборочно для характеристики неоднородных по каким-либо признакам частей района. Эта работа может проводиться по специальным заданиям или в процессе научных исследований.

Анализ динамики лесного фонда на уровне субъекта РФ, экономического района (экорегiona) и России в целом необходим в познавательном плане для определения общих тенденций в лесах и разработки общих стратегий лесоправления без детальной привязки к конкретным местоположениям. Но провести объективно такой анализ в центре невозможно без знания динамических процессов на нижних (послойных) уровнях.

Вполне очевидно, что 20-летний период в жизни и развитии леса является очень коротким и незначительным сроком. Этот период можно условно приравнять к средней продолжительности фазы в сукцессионной динамике древостоев. Поскольку древостой, не испытавший на протяжении нескольких сотен лет воздействия пожаров и других природных факторов, в природе найти трудно, а скорее невозможно, то в качестве естественных лесов мы рассматриваем насаждения, где пожары или другие природные факторы не оказывают определяющего влияния на структуру насаждений на достаточно больших площадях [2].

Понятие «антропогенности» лесов в условиях Сибири достаточно условно, т.к. процессы прямого воздействия (рубки) при незначительных объемах лесохозяйственной деятельности фактически происходят на фоне естественных восстановительных процессов, практически не влияя на них. Даже такой фактор, как лесные пожары, приобретает в этих условиях своеобразную роль. С одной стороны, увеличение числа пожаров и их площади напрямую связано с деятельностью человека и в этом случае выступает как фактор антропогенного воздействия, с другой стороны, ограничение воздействия пожаров на лесные экосистемы следует рассматривать как положительный аспект, способствующий сохранению естественных лесов [3].

Учитывая вышеизложенное, мы относим к антропогенным лесам насаждения, возникшие в результате деятельности человека в историческом промежутке времени, как в результате рубок, неумеренной пастьбы скота, так и в результате лесных пожаров, произошедших по вине человека.

В перспективе с внедрением системы непрерывного лесоустройства решение рассматриваемой задачи несколько упростится, поскольку при этом в значительной мере сохранится преемственность базовых данных для анализа [4, 5].

С дальнейшим развитием лесного кадастра в стоимостную кадастровую оценку лесных ресурсов лесное хозяйство получит более надежный инструмент для оценки динамических процессов в лесу и результатов лесохозяйственной деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Онучин А. А., Фарбер С. К., Втюрина О. П. и др. Проблемы сертификации лесных ресурсов // Лесная пром-ть, 1998, 4. С. 7-9.
2. Соколов В. А. Основы управления лесами Сибири. Красноярск: Изд-во СО РАН, 1997. 309 с.
3. Фарбер С. К. Формирование древостоев Восточной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. 432 с.
4. Фарбер С. К., Соколов В. А., Втюрина О. П. Концепция лесоводственно-экономической оценки подроста // Лесная таксация и лесоустройство, 1993. С. 39-43.
5. Sokolov V. A., Danilin I. M., Vtyurina O. P. et al. Method of landscape-statistic forest inventory based on laser profiling. – *Boreal Forests and Environment: Local, Regional and Global Scales* // Abstracts of XI International Conference IBFRA and Workshop GOF, August 5-9, 2002, Krasnoyarsk, Russia. 29 pp.

УДК 630*

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА НА ЛЕСНУЮ ЭКОСИСТЕМУ С ПОМОЩЬЮ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ

Ю.Д. ИВАНОВА, А.А. ЛАРЬКО, О.В. ТАСЕЙКО

Институт биофизики СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

В работе рассматривается Юрубчено-Тохомское месторождение углеводородов, расположенное в зоне средней тайги на Заангарском плато Средней Сибири. Для описания состояния растительного покрова были выбраны следующие спутниковые данные: альbedo, вегетационные индексы (NDVI, EVI), чистая первичная продукция (ЧПП), рассчитанная по модели GLO-PEM, данные спутника MODIS.

На сегодняшний день расширяется добыча и интенсифицируется переработка нефти и газа на территории Красноярского края: осваиваются новые месторождения и ведется реконструкция старых, строятся трубопроводы, терминалы, предприятия переработки. В связи с этим появляется острая необходимость в создании системы комплексной оценки воздействия нефтегазового комплекса на лесные экосистемы, позволяющей своевременно и точно выявлять места загрязнения, деградации и другие негативные изменения в лесных сообществах. На решение этих задач ориентирована система космического мониторинга, использующая данные спутниковой съемки различного разрешения и с различными спектральными характеристиками. Основной целью работы является независимая дистанционная оценка, проводящаяся без тотального полевого обследования территорий нефтегазодобычи и базирующаяся на использовании данных, находящихся в свободном или коммерческом доступе, т.е. не составляющих коммерческую или государственную тайну.

В большинстве случаев спутниковые данные применяются для картографирования промышленной инфраструктуры объектов нефтегазодобычи, выделения ареалов загрязнения, составления карт косвенных воздействий. При этом используется комплекс дешифровочных признаков, соответствующих выявляемому объекту, а также знания о спектральных особенностях объектов. Комбинирование данных спутниковой съемки, полученных в различных спектральных каналах, позволяет оценивать масштабы загрязнений, изменение состояния растительного покрова, водных объектов, условий увлажнения и гидрологического режима исследуемых территорий. Однако в подобных исследованиях мало внимания уделяется качественным характеристикам растительного покрова, возможности получения интегральных значений состояния растительности и динамике этого состояния.

Для описания состояния растительного покрова были выбраны следующие спутниковые данные: альbedo, вегетационные индексы (NDVI, EVI) и чистая первичная продукция (ЧПП), рассчитанная по модели GLO-PEM; обрабатывались данные с 2000 г., полученные со спутника нового поколения MODIS. Все рассмотренные характеристики зависят от состояния и видового состава растительности. В работе рассматривается Юрубчено-Тохомское месторождение углеводородов, которое находится в бассейне р. Подкаменная Тунгуска и ее левых притоков, рек Камо и Тохомо. Район расположен в зоне средней тайги на Заангарском плато Средней Сибири. Более 50 % площади территории Юрубченского нефтегазового месторождения занимают лиственничные леса и лиственничное редколесье. Выделы, в которых

преобладает лиственница, обычно занимают водораздельные пространства, редко спускаясь на склоны и в долины. Лиственничное редколесье, отличающееся разреженным расположением древостоя, характеризуется светлым тоном космических изображений. Редколесье развито на нижних и средних частях склонов, очень редко поднимаясь на водоразделы. Кроме лиственницы, в районе распространены кедровые, пихтовые, еловые и березовые леса. Выделы этих лесов распространены как на водоразделах, так и на склонах. Долины в значительной степени заболочены и заняты еловым редколесьем, кустарниками и ерником. Особенностью данных лесных экосистем является наличие многолетней мерзлоты, которая имеет островной характер. Мощность мерзлотного слоя достигает 40-50 м. Глубина залегания в пределах 1-4 м от дневной поверхности, глубина сезонно оттаивающего слоя грунта 1,5-2 м. Породный состав лесов на территории начиная с 80-х годов XX века существенно не изменился. Вместе с тем значительное воздействие на леса оказали лесные пожары и техногенные объекты.

Экологически самыми опасными объектами нефтедобычи, требующими постоянного контроля, являются эксплуатационные буровые площадки. При строительстве и эксплуатации скважин вырубаются древостой, живой напочвенный покров уничтожается на 75-80 %, 30-40 % территорий площадок загрязняется нефтью, буровыми растворами, шламами, химреагентами, 3-10 % площадей подвержено затоплению водой. Прилегающие участки леса обычно захламлены брошенной древесиной, порубочными остатками, загрязнены и отличаются повышенной горимостью. Первое место по степени нарушения биоценозов и почв на прилегающих к объектам территориях занимает нефтяное загрязнение.

Наряду с этим при наличии факелов их отрицательное воздействие распространяется на значительную территорию. Воздействие обусловлено потреблением кислорода, тепловым излучением, загрязнением атмосферы, растительности и почв продуктами неполного сгорания в факелах углеводородов, окисями углерода и азота, сернистым ангидридом, канцерогенными и другими веществами. Это приводит к уничтожению древостоя и других компонентов леса, почвы разрушаются на большую глубину, на поверхности появляются выпарки солей [1, 2].

Непосредственное воздействие нефти на растительный покров проявляется в том, что замедляется рост растений, нарушаются функции фотосинтеза и дыхания, отмечаются различные морфологические нарушения, сильно страдают корневая система, листья, стебли и репродуктивные органы. Вместе с тем известно, что химические и физико-химические методы анализа воды, почвы, атмосферного воздуха не отвечают современным требованиям экологического контроля. Одна из причин этого состоит в том, что не учитывается степень вредности комплексного воздействия всех загрязняющих веществ на биоценоз в целом. Другими сдерживающими факторами являются значительная дороговизна и длительность химического определения, трудоемкость таких измерений [3, 4].

Поэтому для контроля состояния растительности в труднодоступных малонаселенных местах Красноярского края актуально использовать дистанционные методы. Рассматривались вегетационные индексы, данные по альбедо и ЧПП. Выбранные для исследования параметры связаны как с качеством (видовой состав, физиологическое состояние), так и с количеством наземной растительности. По каждому параметру рассматривалась функция распределения полученного по территории набора частот значений. Проанализированы среднемесячные данные за вегетационный период и среднегодовые значения, построены тренды значений. Можно сделать вывод о различном поведении рассмотренных спутниковых данных, что является закономерным, поскольку каждый параметр описывает специфические свойства наземной лесной экосистемы. Например, величина отражения является наиболее статичной из рассмотренных, показывая только крупные, существенные изменения на рассмотренной территории (феноменологические процессы, перестройка инфраструктуры). Имеющийся тренд среднегодовых данных, возможно, вызван расширением антропогенного воздействия, появлением фрагментированности, изменений в лесной экосистеме вследствие адаптации.

Четко показывают состояние растительности вегетационные индексы, являясь наиболее динамичными из рассмотренных данных. Значения вегетационных индексов очень зависимы от погодных условий, различных в зависимости от сезона и года [7]. Наблюдается увеличение количества пикселей с небольшими значениями NDVI, однако связано это с деградацией растительности или с климатическими условиями, остается вопросом, требующим дополнительного изучения. Анализ рассчитанных с помощью модели GLO-PEM [5, 6] оценок по ЧПП, включающих в себя комбинацию данных с различных спектральных каналов спутника (температура, влажность, вегетационный индекс, количество солнечной радиации и др.), позволяет сделать предположение об уменьшении получаемых суммарных среднегодовых значений за рассмотренный период. В результате можно сделать вывод о необходимости использовать именно комплекс значений, получаемых со спутника, для многосторонней оценки антропогенного воздействия на лесные экосистемы объектов нефтедобывающей промышленности.

Работа поддержана РФФИ по проекту 09-05-98023 p_сибирь_a и интеграционным проектом СО РАН № 50.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Захаров А. И., Гаркунов Г. А., Чижов Б. Е.* Виды и масштабы воздействий нефтедобывающей промышленности на лесной фонд Ханты-Мансийского автономного округа // *Леса и лесное хоз-во Западной Сибири*. Вып. 6. Тюмень: Изд-во ТГУ, 1998. С. 149-160.
2. *Киреева Н.А.* Микробиологическая индикация нефтезагрязненных почв // *Нефт. и газ. пром-ть. Сер. Защита от коррозии и охрана окр. среды*, 1997, 6. С. 11-13.
3. *Пиковский Ю.И.* Проблема диагностики и нормирования загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами / Ю.И. Пиковский, А.Н. Геннадиев, С.С. Чернянский, Г.Н. Сахаров // *Почвоведение*, 2003, 9. С. 1132-1140.
4. *Саксонов М.Н., Абалаков А.Д., Данько Л.В., Бархатова О.А., Балаян А.Э., Стом Д.И.* Экологический мониторинг нефтегазовой отрасли. Физико-химические и биологические методы: Учеб. пособие. Иркутск: Иркутский ун-т, 2005. 114 с.
5. *Goetz S., Prince S., Goward S., Thawley M., Small J.* Satellite remote sensing of primary production: an improved production efficiency modeling approach. // *Ecological Modelling*. 1999, 122. Pp. 239-255.
6. *Goldberg B., Klein W.* A model for determining the spectral quality of daylight on a horizontal surface at any geographical location. // *Solar Energy*, 1980, 24. Pp. 351-357.

УДК 630.52

МОДЕЛИРОВАНИЕ СУКЦЕССИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛЕСНЫХ ЦЕНОЗАХ

А.С. ИСАЕВ¹, В.Г. СУХОВОЛЬСКИЙ², А.И. БУЗЫКИН², Т.М. ОВЧИННИКОВА²

¹Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва

²Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются изменения состава древесных ценозов под воздействием природных и антропогенных факторов. Предложена и верифицирована математическая модель последовательного перехода древесных ценозов из одного сукцессионного состояния в другое. Показано, что модель хорошо согласуется с данными натурных наблюдений. Предлагаемый подход к моделированию сукцессионных процессов позволяет определить критические значения фитомассы насаждения, по достижении которой начинается сукцессионный переход.

Сложная мозаика контуров древесных ценозов в пределах любой территории и типа леса (лесной экосистемы) является следствием различных сукцессий древесных пород и их поколений под воздействием множества различных абиотических и биотических факторов. Корректная и адекватная оценка конкретного влияния этих факторов на лесной покров как локальных участков, так и обширных территорий возможна на основе натурной информации о процессах в экосистемных структурах различного ранга, общего понимания механизмов сходства и различия макро- и микродинамики при различных сценариях сукцессий. Для бореальных лесов наиболее интересными и информативными объектами сукцессионных исследований являются коренные темнохвойные и производные лиственные и хвойно-лиственные насаждения с различным сочетанием древесных пород в сукцессионном ряду.

Поскольку сукцессионные процессы в лесных фитоценозах длятся десятилетиями и столетиями, для анализа возможных изменений породного состава древесных ценозов используются два основных подхода – сбор данных разовых наблюдений статического состояния лесных фитоценозов и анализ составленных по ним сукцессионных рядов вместо длительных наблюдений на выбранных объектах, и методы математического моделирования.

Для моделирования сукцессионной динамики используется математический аппарат дискретных регулярных цепей Маркова [3]. Однако марковская модель, предполагающая скачкообразный переход ценоза из одной стадии в другую, плохо описывает естественные процессы в лесу. Так, смена лиственных насаждений хвойными происходит не мгновенно, а реализуется в течение достаточно длительного времени через постепенное уменьшение в насаждении доли деревьев лиственных и увеличение доли хвойных.

Для описания таких постепенных переходов обычно используются балансовые дифференциальные уравнения (система уравнений Лотки-Вольтерра), описывающие конкурентные взаимоотношения между двумя породами деревьев и вытеснение одного вида другим [1]. Однако использование моделей типа модели Лотки-Вольтерра также связано с определенными неудобствами и ограничениями. Для модели Лотки-Вольтерра вытеснение одного вида другим происходит при определенных значениях коэффициентов уравнений, и для того, чтобы модель описывала сукцессионный переход, необходимо ввести дополнительные уравнения на коэффициенты модели.

Таким образом, рассматриваемые теоретические модели сукцессии не позволяют учесть особенности происходящих экологических процессов. Целью настоящей работы является разработка

моделей сукцессионных переходов, свободных от указанных выше ограничений.

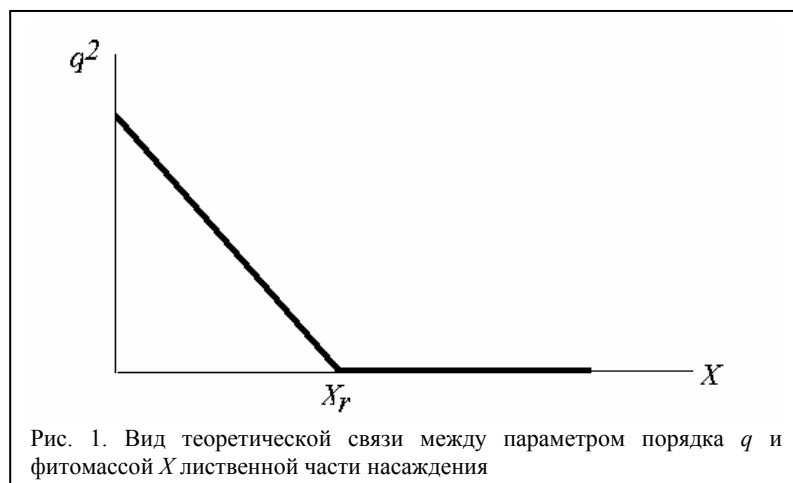
Методы исследований

Для описания сукцессионного перехода «лиственное насаждение – хвойное насаждение» в работе предложена модель фазового перехода второго рода [2, 4].

Введем в качестве параметра порядка величину q , характеризующую долю деревьев хвойных пород в насаждении. Значение параметра порядка $q = 1$ соответствует чисто хвойным насаждениям, значение $q = 0$ – чисто лиственным насаждениям, промежуточные значения q характеризуют смешанное насаждение. Сукцессионный переход «лиственные – хвойные» будет начинаться, когда в лиственном насаждении появятся хвойные деревья и параметр порядка q станет отличным от нуля.

В качестве фактора, оказывающего влияние на возможность фазового перехода от лиственного насаждения к хвойному, введем величину фитомассы X лиственной части насаждения.

Решение $q = 0$ соответствует случаю, когда запас лиственных насаждений больше некоторого критического значения X_r и они устойчивы. Второе решение реализуется, когда запас лиственного насаждения становится меньшим X_r и оно начинает трансформироваться в смешанное. Для смешанных насаждений существует линейная связь между квадратом параметра порядка q^2 и запасом X лиственной части насаждения. Когда сукцессионный переход от лиственных к хвойным закончился и запас лиственной части насаждения становится равной нулю, то $q = 1$. Таким образом, в модели сукцессионного фазового перехода связь между фитомассой лиственной части насаждения и квадратом параметра порядка выражается двумя прямыми с изломом в точке $\{X_r, 0\}$ (рис. 1). Для верификации модели необходимо, используя методы регрессионного анализа, по величине коэффициента детерминации R^2 определить степень согласия натурных данных с линейной моделью $q^2 = A - BX$ и найти коэффициенты линейного регрессионного уравнения связи между X и q^2 . Величину критического запаса можно вычислить через параметры уравнения по формуле $X_r = A/B$.



данных.

Согласно модели фазовых переходов, если фитомасса лиственных в насаждении превосходит критическое значение X_r , в таких насаждениях не будут встречаться деревья хвойных пород. При уменьшении фитомассы лиственных ниже критического значения в насаждении должны появиться хвойные деревья, а связь между квадратом параметра порядка насаждения и фитомассой лиственных в этом насаждении должна быть линейной. Это теоретическое положение было проверено при анализе натурных

Результаты и обсуждение

Для оценки и моделирования сукцессионных сценариев были привлечены таксационные данные лесоустройства Таловского и Предивинского лесничеств Большемурутинского опытно-показательного лесхоза, выполненного с использованием программно-методических материалов и схем типов леса, составленных Институтом леса СО РАН. Сукцессионные переходы анализировались на примере наиболее распространенных типов леса, объединенных в группы типов и серий типов леса [5].

В анализ включены 3269 таксационных выделов в Предивинском лесничестве и 2070 выделов – в Таловском, относящиеся к наиболее распространенным типам леса и их сериям (табл. 1).

В табл. 1 (нижняя часть) приведены параметры регрессионных уравнений связи между q^2 и запасом X лиственной части смешанных насаждений в Таловском лесничестве Большемурутинского лесхоза. Как видно из табл. 1, связь между квадратом параметра порядка и запасом лиственной части смешанного или хвойного насаждения практически для всех серий и типов леса линейна. Коэффициенты детерминации R^2 и значения свободного члена регрессионных уравнений в большинстве случаев превосходят 0,9. Это говорит о высокой степени согласия модели фазовых сукцессионных переходов и натурных данных. Однако критические значения запаса лиственного насаждения, когда в нем появляются хвойные деревья, для различных типов и серий типов леса изменяются в широких пределах – от $205 \text{ м}^3 \text{га}^{-1}$ в разнотравно-осочково-зеленомошной серии типов леса до величины $95 \text{ м}^3 \text{га}^{-1}$ для осокowo-

сфагновой (табл. 1). Поэтому нет оснований утверждать, что критическое значение фитомассы при сукцессионном переходе есть константа.

Таблица 1. Параметры уравнений сукцессионного перехода от лиственных к темнохвойным насаждениям

Серии типов темнохвойных и лиственных лесов	Число выделов	Статистические показатели			
		R^2	B	A	$X_r = A/B$
Предивинское лесничество					
Вейниково-крупнотравная	246	0,757	0,005	0,883	173,2
Осочково-зеленомошная	123	0,847	0,005	0,899	172,9
Вейниково-осочково-зеленомошная	332	0,897	0,006	0,956	162,0
Мелкотравно-вейниковая	388	0,805	0,006	0,910	154,2
Вейниковая	565	0,833	0,006	0,908	146,4
Хвощево-вейниковая	166	0,749	0,006	0,875	138,9
Разнотравно-осочковая	839	0,790	0,006	0,875	136,7
Злаково-крупнотравная	552	0,838	0,007	0,968	132,6
Кустарниково-разнотравная	58	0,920	0,011	1,001	91,0
Таловское лесничество					
Вейниково-осочково-зеленомошная	125	0,910	0,005	0,966	205,5
Вейниково-мелкотравно-осочковая	345	0,860	0,005	0,952	198,4
Хвощево-зеленомошная	213	0,922	0,005	0,976	187,6
Мелкотравно-зеленомошная	270	0,923	0,005	0,975	180,6
Вейниково-папоротниковая	35	0,961	0,006	0,980	169,0
Осочково-разнотравная	248	0,549	0,005	0,775	164,8
Злаково-крупнотравная	70	0,842	0,006	0,920	164,3
Вейниково-крупнотравная	323	0,790	0,005	0,863	159,7
Мелкотравно-вейниковая	114	0,741	0,007	0,966	142,0
Разнотравно-осочково-зеленомошная	139	0,820	0,007	0,953	140,1
Разнотравно-брусничная	22	0,814	0,007	0,927	136,3
Разнотравная	166	0,828	0,077	0,893	115,9

С использованием имеющихся данных были вычислены параметры регрессионных уравнений и для насаждений на территории Предивинского лесничества Большемурутинского лесхоза (табл. 1, верхняя часть). И в этом случае близость величин коэффициентов детерминации R^2 и свободных членов регрессионных уравнений к 1 говорят о том, что натурные данные хорошо согласуются с теоретической моделью.

Анализ данных для насаждений одной серии типов леса, но разных бонитетов показал, что критическое значение запаса лиственных монотонно уменьшается от насаждений первого бонитета до насаждений третьего бонитета (табл. 2).

Таблица 2. Параметры уравнений сукцессионного перехода от лиственных к темнохвойным насаждениям разного бонитета

Серия типов леса	Бонитет	R^2	B	A	$X_r = A/B$
Вейниково-крупнотравная	3	0,730	0,0054	0,891	165,0
	4	0,866	0,0048	0,862	179,5
Вейниковая	2	0,775	0,0052	0,816	156,0
	3	0,812	0,0061	0,862	141,3
	4	0,888	0,0111	1,023	92,2
Разнотравно-осочковая	1	0,856	0,006	0,910	156,9
	2	0,730	0,006	0,797	135,1
	3	0,840	0,007	0,910	128,2

Таким образом, критическая фитомасса лиственных, при которой в таежных лесах Средней Сибири происходит переход от лиственных к хвойным насаждениям, зависит как от типа леса, так и от его бонитета.

Безусловно, существуют определенные отклонения натурных данных от расчетов по предложенной модели. Эти отклонения могут быть следствием целого ряда причин. Например, в модели не учитывается возможность существования в молодых насаждениях отдельных крупномерных деревьев, сохранившихся от предыдущих поколений. Вклад таких деревьев в величину параметра порядка будет мал, но фитомасса таких деревьев может быть весьма большой, что приведет к смещению точки на плоскости $\{X, q^2\}$, характеризующей данное насаждение относительно теоретической прямой.

Проведенный анализ и сопоставление модели сукцессионных фазовых переходов с натурными данными показал, что имеет место достаточно высокий уровень согласия между моделью и натурными лесотаксационными данными. Модель позволяет объяснить направленность сукцессионных процессов и определить, на каком этапе развития экологических процессов следует ожидать сукцессионных переходов. Анализ данных натурных наблюдений с использованием предлагаемого подхода позволяет для конкретных регионов и определенных типов леса вычислить критические значения фитомассы насаждения, при достижении которых начинается сукцессионный переход. Знание этих величин важно при средне- и долгосрочных прогнозах лесной динамики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Базыкин А.Д. Нелинейная динамика взаимодействующих популяций. Москва, Ижевск: ИКИ, 2003. 368 с.
2. Брус А., Каули Р. Структурные фазовые переходы. М.: Мир, 1984. 408 с.
3. Джефферс Дж. Введение в системный анализ: применение в экологии. М.: Мир, 1981. 256 с.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. М.: Наука, 1964. 567 с.
5. Региональные проблемы экосистемного лесоводства / Под ред. А.А. Онучина. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 2007. 330 с.

УДК 551.481.2:551.796.571.51

РЕГИОНАЛЬНАЯ СПЕЦИФИКА СУКЦЕССИЙ АВТОМОРФНОЙ И ГИДРОМОРФНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ МЕЖДУРЕЧЬЯ СЫМ-ДУБЧЕС В ГОЛОЦЕНЕ

Л.В. КАРПЕНКО

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Реконструированы сукцессии растительности суходолов и болот центральной части Сым-Дубчесского междуречья. Выявлены временные отрезки голоцена, во время которых болотообразовательный процесс замедлялся, а лесообразовательный – усиливался.

Леса, как и болота, – ведущие компоненты заболоченных ландшафтов среднетаежной части Приенисейской Сибири, и характер их взаимоотношений на протяжении голоцена менялся.

По Ф.З. Глебову [1], взаимоотношения леса и болота можно изучать на трех экосистемных уровнях: региональном, когда изучаются взаимоотношения между смежными или разобщенными участками леса и болота; биогеоценотическом, позволяющем вскрыть механизмы этих отношений на одном и том же участке; палеоландшафтном, что позволяет выявить динамику взаимоотношений леса и болота в голоцене в связи с изменением климата. Изучению взаимосмен леса и болота именно на палеоландшафтном уровне посвящена эта работа.

Цель исследований – выявление основных закономерностей развития леса, болота и флуктуаций климата в центральной части Сым-Дубчесского междуречья в голоцене посредством сопряженных палеоботанического, спорово-пыльцевого и радиоуглеродного анализов торфяной залежи.

Территория исследований относится к Сым-Дубчесскому среднетаежному кедрово-сосновому району, который включает в себя Приенисейскую окраину Западной Сибири в бассейне рек Сыма и Дубчеса. Она представляет собой приледниковую, слабо волнистую зандровую равнину, которая сформировалась в результате стока ледниковых вод. Междуречье характеризуется значительным увлажнением и недостаточной теплообеспеченностью. Енисей оказывает тепляющее влияние на окружающую территорию, что сказывается в увеличении продолжительности безморозного периода в его долине.

Современная лесная растительность междуречья довольно бедна в видовом отношении, что обусловлено бедностью почв и слабо выраженными формами рельефа. Водоразделы рек заняты в основном лишайниковыми борами. В условиях пониженного рельефа развиты бруснично-лишайниковые и зеленомошные боры. Долины многочисленных притоков Енисея – Верхней, Нижней, Тугулана, Хойбы и др. – заняты темнохвойными заболоченными лесами, эдификатором напочвенного покрова которых является моховая растительность. Т.о., доминирующий ландшафт междуречья – сильно обводненные болота и озера, среди которых разбросаны небольшие песчаные острова, покрытые сосновыми лесами.

Объектом исследований являлся крупный грядово-мочажинно-озерный комплекс, удаленный от Енисея на запад на расстояние 5 км. Нами заложено два торфяных разреза вблизи озера Лебедино, которое расположено внутри этого комплекса. Расстояние между разрезами – 1 км, мощность торфяной залежи разрезов – 440 и 325 см соответственно. Торф из скважин отбирался сплошной колонкой через 25

см. В местах бурения делались геоботанические описания гидроморфной растительности.

Основными методами реконструкции сукцессий природной среды являлись спорово-пыльцевой, ботанический и радиоуглеродный анализы торфа. Подготовка образцов торфа к спорово-пыльцевому анализу выполнялась по методу В.П. Гричука и Е.Д. Заклинской [5]. Определение и подсчет пыльцы и спор проводился под микроскопом МБИ-6 при увеличении объекта в 200х и 400х путем сравнения с изображениями пыльцы и спор в различных монографиях и атласах [2, 5].

Определение возраста отложений торфа по ^{14}C выполнено Э.В. Стариковым и В.А. Жидовленко на радиоуглеродной установке Института леса СО РАН.

Количественная оценка элементов палеоклимата – среднемесячной температуры июля и января, среднегодовой температуры, среднегодовой суммы осадков и продолжительности безморозного периода для района исследований – выполнена Г.Ф. Букреевой (Институт геологии и минералогии СО РАН). Построение расчетных уравнений для количественной оценки элементов палеоклимата осуществлялось по обучающей выборке. Каждый спорово-пыльцевой спектр охарактеризован одним и тем же набором компонентов в количестве 27: пыльца древесных и кустарников (DR), пыльца трав (TR), споры (SP), *Abies sibirica*, *Picea obovata*, *Pinus silvestris*, *Pinus sibirica*, *Betula*, *Betula nana*, *Ericaceae*, *Gramineae*, *Cyperaceae*, *Chenopodiaceae*, *Artemisia*, *Compositae*, *Polygonaceae*, *Polemoniaceae*, *Caryophyllaceae*, *Ranunculaceae*, *Umbeliferae*, *Labiatae*, *Sparganiaceae*, *Alismataceae*, *Bryales*, *Sphagnales*, *Polypodiaceae*, *Lycopodiaceae*. В выборку не вошли те компоненты, пыльца которых представлена единично. Данные современного климата междуречья Сым-Дубчес взяты по ближайшей к разрезам метеостанции Сым [3].

Анализ стратиграфии торфяной залежи, видового состава спорово-пыльцевых спектров и радиоуглеродного датирования слоев торфа по ^{14}C позволили выявить динамику смен автоморфной и гидроморфной растительности исследованного района в голоцене, а также климатические условия этих смен.

Развитие болотного массива началось с заболачивания сосняка пушицево-травяного в условиях богатого грунтового питания в начале бореала (8765 ± 120 лет назад). На суходолах в это время основными лесообразователями были *береза*, *ель* и *пихта*. *Сосна* и *кедр* принимали незначительное участие в образовании лесов. Однако уже в середине бореала (8200 ± 240 лет назад) сосновые леса начинают расширять свой ареал, а *пихта* и *ель* уступают свои доминатные позиции. На болоте в конце периода произошла смена растительных группировок – древесно-травяная сменилась травяной, состоящей из шейхцерии, осок, пушицы. Началось поселение сфагновых мхов. Из стратиграфии залежи исчезли остатки древесных растений, но о былом облесении болота свидетельствует пушицевая прослойка.

В начале атлантического периода (AT_1) – 7520 ± 75 , 7890 ± 240 лет назад на болоте продолжали господствовать травяные шейхцерицево-осоково-пушицевые группировки растительности. А на плакорах доминирующими лесообразующими породами становятся *береза* и *сосна*. К концу AT_1 заметно увеличилась роль *кедра* как лесообразователя. Участие *ели* и *пихты* в древесном ярусе лесов этого времени незначительно. Под пологом леса в травяно-кустарничковом ярусе доминировали полыни, маревые, сложноцветные, а также вересковые кустарнички. В сложении напочвенного покрова лесов большую роль играли также плауны, сфагновые и гипновые мхи.

Во второй половине периода (AT_2) – 5760 ± 100 лет назад, судя по стратиграфии торфяной залежи, сильно увеличилась обводненность болота, что привело к полному исчезновению пушицевых фитоценозов и развитию мезотрофной травяно-сфагновой топи. На суходолах происходит дальнейшая экспансия *сосны* и *кедра*, а *ель* и *береза* сокращают свой ареал. Зато лесообразующая роль *пихты* значительно увеличилась. Травяно-кустарничковый и мохово-лишайниковый ярусы лесов слагали сложноцветные, маревые, полыни, а также папоротникообразные, гипновые и сфагновые мхи.

В суббореальном периоде (SB) – 3560 ± 50 лет назад, как свидетельствует стратиграфия торфяной залежи, на болоте произошло значительное, но кратковременное иссушение, что привело к смене травяно-сфагновых сообществ древесно-пушицево-сфагновыми, а затем – пушицево-сфагновыми. Лесной покров суходолов слагали *сосна*, *береза* и *кедр*. *Ель* и *пихта* принимали незначительное участие в лесообразовании.

В субатлантический период (SA) болото вступило в олиготрофную фазу развития, о чем свидетельствует большое количество остатков олиготрофных сфагновых мхов в волокне торфа. На плакорах *сосна* и *кедр* – главные лесообразующие породы. *Ель*, *береза* и *пихта* имеют подчиненное значение. Как ранее отмечал Н.А. Хотинский [6], кедр и сосна – характерные компоненты спектров заключительного этапа послеледниковой эпохи в Западной Сибири.

По Н.И. Пьявченко [4], критерием трансгрессии или регрессии болотообразовательного процесса служит древостой. Его массовое появление на болоте свидетельствует о затухании болото- и усилении лесообразовательного процессов. Как следует из полученных данных, массовое распространение вторичных древостоев в центральной части междуречья Сым-Дубчес происходило в суббореальном и начале субатлантического периодов. По нашему мнению, причиной этого являлось улучшение

регионального климата. Рост летних температур и снижение годового количества осадков привели к экспансии на болота древесной растительности, которая, впрочем, продолжалась недолго. Благоприятные климатические условия не смогли остановить естественный процесс заболачивания междуречья.

В заключение приводим таблицу, которая характеризует реконструированные сукцессии автоморфной и гидроморфной растительности центральной части междуречья Сым-Дубчес в голоцене, а также флуктуации регионального климата.

Таблица 1. Динамика растительного покрова и климата центральной части междуречья Сым-Дубчес

Период по Блитт-Сернандеру	Абсолютный возраст по С ¹⁴	Растительность		Параметры климата относительно современного
		автоморфная	гидроморфная	
Современный		Сосново-кедровые травяные и лишайниковые леса	Грядово-мочажинно-озерный комплекс	Средняя температура июля +17,8°С, января – 23,3°С; средняя температура года – 3,4°С; среднегодовое количество осадков – 565 мм; продолжительность безморозного периода – 73 дня
SA	–	Сосново-кедровые с березой кустарничково-разнотравные леса. Ель и пихта не играют существенной роли	Древесно-пушицево-сфагновые, кустарничково-пушицево-сфагновые, шейхцериево-пушицево-сфагновые	Температура июля выше на 0,3°; января – выше на 0,7°; годовая выше на 0,5°; Σ осадков < 24 мм; продолжительность безморозного периода > на 12 дней
SB	3560 ± 50	Сосново-кедровые с березой и елью разнотравно-моховые леса	Древесно-пушицево-сфагновые	Температура июля выше на 0,4°; января – современная; годовая выше на 1,0°; Σ осадков < 55 мм; продолжительность безморозного периода > на 25 дней
AT ₂	5760 ± 100	Сосново-кедрово-пихтовые с елью и березой разнотравно-моховые леса	Травяно-сфагновые	Температура июля выше на 0,2°; января – выше на 0,9°; годовая выше на 0,6°; Σ осадков < на 79 мм; продолжительность безморозного периода > на 22 дня
AT ₁	7520 ± 75	Березово-еловые с примесью сосны и кедра разнотравные леса	Травяно-гипновые, травяно-сфагновые	Температура июля выше на 0,5°; января – ниже на 0,3°; годовая ниже на 0,9°; Σ осадков < на 54 мм; продолжительность безморозного периода > на 10 дней
	7890 ± 240	Сосновые с березой и елью леса. Максимальное участие пихты в образовании лесного покрова	Травяно-гипновые	Температура июля ниже на 0,5°, января – ниже на 1,1°; годовая – ниже на 1,6°, Σ осадков < на 91 мм; продолжительность безморозного периода < на 9 дней
BO	8105 ± 120	Березово-сосновые с елью и кедром разнотравно-моховые леса	Травяные, травяно-сфагновые	Температура июля ниже на 1,7°; января – ниже на 1,5°; годовая ниже на 1,2°; Σ осадков < на 22 мм; продолжительность безморозного периода близка современной
	8200 ± 240	Елово-березовые с незначительным участием сосны и кедра разнотравные леса	Осоково-гипновые, травяно-сфагновые	Температура июля ниже на 1,7°; января – ниже на 2,1°; годовая ниже на 1,5°; Σ осадков < на 90 мм; продолжительность безморозного периода < на 10 дней

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 09-04-01380, Аналитической ведомственной целевой программы (АВЦП) «Развитие научного потенциала высшей школы (2009 – 2010 годы)», № 2.1.1/6131 и программы президиума РАН «Биологическое разнообразие» (проект СО РАН № 23.2).

ЛИТЕРАТУРА

1. Глебов Ф.З. Болота и заболоченные леса лесной зоны Енисейского левобережья. М.: Наука, 1969. 132 с.
2. Кац Н.Я., Кац С.В., Скобеева Е.И. Атлас растительных остатков в торфах. М.: Недра, 1977. 370 с.
3. Климатологический справочник СССР. Красноярский край и Тувинская автономная область. Вып. 21а. Л.: Гидрометеиздат, 1961. 102 с.
4. Пьявченко Н.И. Лесное болотоведение. М.: Наука, 1963. 192 с.
5. Пыльцевой анализ. М.: Гос. изд-во геол. лит-ры, 1950. 571 с.
6. Хотинский Н.А. Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 200 с.

ИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СОПРЯЖЕННОСТИ СТРУКТУРЫ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА И ЭЛЕМЕНТОВ РЕЛЬЕФА

Г.Б. КОФМАН¹, М.Е. КОНОВАЛОВА², С.Г. БАБОЙ¹, Д.И. НАЗИМОВА¹

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

²Институт повышения квалификации работников лесного хозяйства Сибири и Дальнего Востока, Дивногорск

АННОТАЦИЯ

Проведен анализ сопряженности растительного покрова и элементов рельефа с использованием теоретико-информационных мер оценки взаимосвязи двух систем. Предлагаемый подход позволяет конкретизировать описательно-интуитивный характер взаимосвязей растительного покрова и элементов рельефа, количественно оценить эти взаимосвязи и проанализировать их «тонкую структуру».

Растительный покров и рельеф составляют видимую часть ландшафта и являются подсистемами более сложных природно-территориальных комплексов (ПТК), слагающих ландшафтную оболочку Земли. Взаимосвязь этих подсистем считается почти очевидной и широко используется в лесной экологии для их взаимной идентификации, классификации лесных ландшафтов и т.д.

Выбор подсистем «растительный покров» и «рельеф» и многочисленные попытки создания классификационных схем на этой основе, конечно же, не случайны. Во-первых, рельеф, в отличие от большинства флуктуирующих прямодействующих факторов, требующих приборных измерений, стабилен. Во-вторых, эти подсистемы могут быть описаны с помощью легко определяемых визуально качественных признаков – форма, характер склонов и т.д.

Связь между подсистемами «растительность» и «рельеф» определяются выбором анализируемых признаков, задающих характерные масштабы рассмотрения – локальный, региональный и глобальный. Для конкретных лесорастительных условий (экотопов) оказываются существенными разные характеристики рельефа. Например, на равнинах критическими для трансформации типов леса являются уклоны, для контрастных по климату склонов – экспозиция и крутизна, а для климатически более однородных – формы склонов, определяющие почвенно-гидрологические режимы. Для горных лесов масштабный эффект выражен ярче, чем для равнин, в силу большей контрастности местообитаний и «взаимозаменяемости» отдельных факторов.

Анализ природных комплексов на региональном уровне состоит в выявлении закономерностей приуроченности к рельефу коренных и условно-коренных, а также длительно производных сообществ. Это означает, что необходимо рассматривать устойчивые сообщества, соответствующие данным лесорастительным условиям и способные в ходе восстановления после нарушений возвращаться к исходному состоянию.

В силу использования качественных описаний растительного покрова и рельефа, а иногда и принципиальной неформализуемости используемых признаков, базовые характеристики растительности и рельефа являются номинальными переменными, т.е. могут быть использованы только для идентификации объектов. Традиционный метод оценки взаимосвязей для таких переменных связан с анализом таблиц сопряженности и использованием в качестве меры взаимосвязи значения критерия χ^2 . В лучшем случае этим методом можно оценить достоверность факта существования взаимосвязей «в целом», без дифференциации их численных значений.

Альтернативный подход связан с использованием теоретико-информационного анализа и энтропийных мер взаимосвязи номинальных признаков. В отличие от индексов разнообразия, основанных на использовании информационной энтропии $H(X)$ изолированной системы X для интегральной оценки структуры биологических сообществ и сопоставления этих структур, «энтропийные коэффициенты корреляции» не получили столь широкого распространения. Адекватность и очевидные преимущества этого набора мер обусловлены возможностью оценки связей любого типа – линейных и нелинейных, устойчивостью по отношению к «нулевым встречаемостям»; при их вычислении не требуются минимальные пороговые числа заполнения для каждой ячейки. Помимо перечисленных «технических» преимуществ, информационные меры позволяют оценить не только достоверность самого факта существования взаимосвязи между анализируемыми системами, но и интенсивность этой взаимосвязи. Более того, из связи между наборами состояний (x_i) и (y_j) двух систем X и Y в целом можно выделить парциальное влияние отдельного состояния – x_i на систему Y и взаимосвязь между любыми двумя отдельными состояниями x_i и y_j .

Энтропия объединенной системы $H(X, Y)$, состоящей из двух подсистем X и Y , равна:

$$H(X, Y) = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_{ij} \log P_{ij} \quad (1),$$

где $P_{ij} = P((X = x_i), (Y = y_j))$ – вероятность состояния (x_i, y_j) системы (X, Y) . Из определения (1) с использованием условных вероятностей $p(x_i|y_j)$, определяющих вероятность состояния x_i подсистемы X при заданном состоянии y_j подсистемы Y , полная условная энтропия $H(X|Y)$ подсистемы X относительно подсистемы Y равна:

$$H(X|Y) = \sum_{i=1}^n p_i H(Y|x_i) \quad (2).$$

Полная условная энтропия определяет остаточную неопределенность (возможное разнообразие) системы X , если состояние системы Y уже известно. По существу, именно условная энтропия – (2) и определяет сам факт взаимодействия подсистем, и на этой основе могут быть сконструированы различные меры взаимосвязи.

Взаимодействие подсистем приводит к ограничению разнообразия – не все сочетания состояний (x_i) и (y_j) возможны и, следовательно, энтропия объединенной системы меньше простой суммы энтропий $H(X)$ и $H(Y)$ анализируемых подсистем. Это уменьшение энтропии и определяет взаимную информацию $I(X, Y)$, связанную с частичным (либо полным) уменьшением неопределенности состояния подсистемы X , если нам известно состояние подсистемы Y . «Остаточная неопределенность» подсистемы X равна

$$I(X, Y) = H(X) - H(X|Y) \quad (3),$$

где $H(X)$ – энтропия подсистемы X , а $H(X|Y)$ – условная энтропия подсистемы X – (2). Для независимых, не взаимодействующих систем условная энтропия – $H(X|Y)$ равна безусловной – $H(X)$ и соответственно $I(X, Y) = 0$. Действительно, в этом случае знание состояния одной из подсистем (Y) не даёт никакой информации о состоянии не связанной с ней подсистемы (X). В другом предельном случае – полностью эквивалентных систем – условная энтропия $H(X|Y) = 0$ и взаимная информация $I(X, Y)$ равна энтропии системы $H(X)$, т.е. мы получаем всю возможную информацию о подсистеме X , состояние которой полностью определяется подсистемой Y , и наоборот.

Полную взаимную информацию $I(X, Y)$ – (3) можно представить в более удобном для технических вычислений и обобщений виде:

$$I_{Y \leftrightarrow X} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_{ij} \log \frac{P_{ij}}{p_i r_j} \quad (4),$$

где p_i и r_j – соответственно маргинальные частоты в исходной таблице абсолютных вероятностей состояний объединенной системы (X, Y) . Из выражения (4) могут быть получены выражения для полной частной информации – вкладе фиксированного состояния y_j в общую информацию $I(X, Y)$ о подсистеме X в целом

$$I_{y_j \rightarrow X} = \sum_{i=1}^n \frac{P_{ij}}{r_j} \log \frac{P_{ij}}{p_i r_j} \quad (5)$$

и частной информации – «влиянии» отдельного состояния y_j подсистемы Y на любое конкретное состояние x_i подсистемы X :

$$I_{y_j \rightarrow x_i} = \log \frac{P(x_i|y_j)}{p_i} \quad (6).$$

Поскольку значения условных вероятностей $P(x_i|y_j)$ для отдельных состояний x_i могут быть меньше p_i , то частная информация от состояния y_j к состоянию x_i – (6) в отличие от полной взаимной информации – (4) и полной частной информации – (5) может быть отрицательной. В этом случае частная информация (6) является скорее дезинформацией, и знание состояния одной из подсистем не уменьшает, а увеличивает неопределенность относительно состояния другой системы.

Для перехода от абсолютных к относительным значениям мер взаимосвязи используется коэффициент нормированной информации $R_{X|Y}$, который определяет часть «разнообразия системы X , объясняемую системой Y ». По определению,

$$R_{X|Y} = \frac{I(X, Y)}{H(X)} = \frac{H(X) - H(X|Y)}{H(X)} \quad (7).$$

Коэффициент $R_{X|Y}$, отражающий влияние подсистемы Y на подсистему X , имеет такой же смысл, как и коэффициент детерминации в регрессионном анализе – он характеризует процент объясненной дисперсии (разнообразия) подсистемы X , если известно состояние подсистемы Y . Значения $R_{X|Y} = 0$ и

$R_{x|y} = 1$ относятся к независимым и эквивалентным системам.

Анализ сопряженности элементов рельефа и растительного покрова проводился по лесоустроительным данным и описаниям пробных площадей Шумихинского лесничества Дивногорского лесхоз-техникума Красноярского края. Выборка состояла из 2000 таксационных описаний производных и коренных (условнокоренных) сообществ в основных типах лесорастительных условий светлохвойного и подтаежного высотных поясов (ВПК) на юго-западном макросклоне в приенисейской части отрогов Восточного Саяна.

В качестве подсистем X и Y рассматривались соответственно рельеф и древесный ярус. Состояние древесного яруса классифицировалось по главной породе – сосняки, березняки, лиственничники, осинники, ельники, пихтарники. Характеристики рельефа последовательно дифференцировались по разным наборам признаков для выбора структурных единиц анализируемых подсистем, между которыми взаимосвязь действительно существует.

Для совокупности матриц встречаемости сочетаний различных состояний (x_i, y_j), где x_i соответствуют классификационным единицам рельефа, а y_j – состояниям древостоя, рассчитывались полная взаимная информация – (3), полная частная информация – (5), частная информация – (6) и коэффициент нормированной взаимосвязи – (7). В табл. 1 приведены результаты расчетов для трех уровней дифференциации рельефа подтаежного ВПК, где каждый следующий уровень является результатом «дробления» предыдущего на дополнительные состояния.

Таблица 1. Результаты информационного анализа взаимосвязей между формациями и различными уровнями дифференциации рельефа

Энтропийные показатели	Уровни дифференциации рельефа		
	4 категории мезорельефа: водоразделы, поймы, световые и теневые склоны	6 категорий мезорельефа: водоразделы, поймы, световые и теневые склоны с учетом крутизны склонов	14 геоморфологических комплексов: водоразделы, поймы, световые и теневые склоны с учетом крутизны и положения по склону и формы мезорельефа
$I_{x y}$	0,07	0,11	0,49
$R_{x y}$	0,04	0,05	0,14
$R_{y x}$	0,05	0,08	0,36

Полученные результаты свидетельствуют, что масштабный эффект действительно существует – взаимная информация $I_{x|y}$ и коэффициенты нормированной информации $R_{x|y}$ последовательно возрастают по мере детализации рельефа и достигают максимальных значений для геоморфологических комплексов (ГК). Относительная редукция неопределенности или взаимное «влияние» подсистем систем друг на друга, как и следовало ожидать, несимметричны – $R_{y|x} > R_{x|y}$. На каждом из уровней информация о лесообразователях (подсистема Y), полученная по признакам рельефа (подсистема X), больше, чем косвенная информация о рельефе, которую можно получить, зная характер доминирования растительности.

Необходимость согласованного выделения структурных уровней для анализа взаимосвязей растительного покрова и элементов рельефа очень ярко проявилась при анализе двух ВПК – таежного и подтаежного. В этом случае наиболее информативной оказалась высота над уровнем моря при более высоких значениях коэффициентов нормированной информации $R_{y|x} \approx 0,31$ и $R_{x|y} \approx 0,46$.

Анализ информативности отдельных состояний растительного покрова y_j – (5) и их вкладов в полную информацию $I_{x|y}$ о ВПК в целом свидетельствует, что примерно одинаковые вклады вносят ельники и пихтарники, несколько меньший – сосняки и березняки, и существенно менее значимы при выделении ВПК лиственничники и осинники. Оценка количества информации «от состояния к состоянию» – (6) приводит к отрицательным значениям парциальной частной информации – дезинформации для отдельных пар состояний в системе «формация – отдельный ВПК». Например, для диагностики таежного ВПК информативными оказываются ельники и пихтарники, а «дезинформацию» вносят сосняки, осинники и березняки. Соответственно при выделении подтаежного ВПК информативные и «дезинформирующие» формации меняются ролями по сравнению с предыдущим случаем. Разумеется, пример с двумя ВПК имеет скорее иллюстративный, чем содержательный характер, но даже и в этом, почти очевидном случае продвижение состоит в количественной оценке вклада (с учетом знаков) любой отдельной формации в выделение двух высотно-поясных комплексов.

Предлагаемый подход позволяет конкретизировать описательно-интуитивный характер взаимосвязей растительного покрова и элементов рельефа, количественно оценить эти взаимосвязи и проанализировать их «тонкую структуру».

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ – 08-04-00-600а.

ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ И КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОМПЛЕКСНОГО ИЗУЧЕНИЯ ЛЕСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ СИБИРИ

Е.И. КУЗЬМЕНКО

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск

АННОТАЦИЯ

Проведено сопоставление принципов и методов структурно-динамического ландшафтоведения и географо-генетического направления исследования лесов. Показаны результаты специального эколого-географического изучения и картографирования лесов. На основе ландшафтно-экологических карт выполнено низовое лесорастительное районирование, рассмотрен характер динамических изменений и трансформации лесных экосистем.

Бореальные леса Сибири могут рассматриваться как тип природной среды высокого иерархического регионального и планетарного уровня. Традиционные фитоценологическое и биогеоценологическое направления исследования лесных экосистем включают детализированный аспект описания флористического состава и структурной организации биогеоценозов, их объединения в типы и группы типов леса, но без достаточного систематического обобщения в региональные классификации. Особенно это проявляется при составлении лесных инвентаризационных и лесоустроительных карт, играющих важную роль в определении хозяйственных и природоохранных функций лесов.

Важным этапом в развитии лесной типологии явилось географо-генетическое направление исследований лесов, которое сыграло авангардную роль в создании динамических классификаций типов леса, изучении сукцессионной и восстановительно-возрастной динамики экосистем [1, 6, 10, 9, 13]. Лесная типология как важнейший раздел лесоведения долго являлась составной частью лесной геоботаники с ее классическими методами биогеоценологического анализа. С тех пор она все более консолидировалась с общими принципами классификации лесной растительности, отражающими дифференциацию и интеграцию лесного покрова на экологически и географически обусловленные лесные группировки разного ранга.

Поскольку лес, как отмечал Г.Ф. Морозов, явление географическое, задачами лесной типологии всегда являлось построение комплексных региональных классификаций с учетом различных географических аспектов. Они были разработаны для лесов Урала, Западной и Средней Сибири. Такие классификации дают общее представление о состоянии лесов крупных провинций и регионов, позволяют проводить более упорядоченно инвентаризацию лесного покрова, характеризуют онтогенетическую динамику лесных экосистем.

Географо-генетическое направление исследования лесов, при всей его многогранности, не отражает пока в сводках лесных классификаций такие сложные закономерности, как функциональное взаимодействие леса с другими природными комплексами, не всегда они проработаны и по иерархии. В лесной типологии применяется методология разработки динамических эколого-сукцессионных рядов, высказанная В.Н. Сукачевым [15] и использовавшаяся П.С. Погребняком при разработке классификаций с учетом изменения лесных сообществ по градиенту увлажнения и богатству почв. Классификация, основанная на включении лесных биогеоценозов одного цикла быстро протекающих аллювиальных смен в генетический тип леса, рассмотрена на примере лесообразования долинных лесов Средней Оби [2]. Такие классификации сходны с идеей организации элементарных выделов фаций по факторально-динамическому ряду, но рассматриваются по одному или двум природным режимам увлажнения или поймообразования, тогда как в ландшафте динамические изменения носят многофакторный характер. Традиционно изучением факторально-динамических рядов в широком аспекте, взаимоотношениями структуры, функционирования и эволюции таежных геосистем занимается ландшафтоведение. Подобный аспект проработки очень важен, например, при изучении лесов Западной Сибири. Без ландшафтно-экологического подхода к исследованию цельного природного комплекса болот, пойм, тайги и их взаимодействия в ряде ее районов изучать лесные сообщества как динамический элемент тайги сложно.

Постепенно проблема переросла в необходимость сопоставления двух теоретических направлений исследования таежных территорий. Это концепции, принципы и методы структурно-динамического ландшафтоведения и географо-генетического направления исследований лесных экосистем, т.к. многие аспекты применения специального лесоводственного знания в ландшафтной географии до сих пор не решены. Не в полной мере использован опыт изучения лесных территорий ландшафтными методами, хотя многие исследователи шли по пути применения ландшафтных знаний в лесной типологии и картографии [5, 3, 13].

Проблема углубленного изучения лесных территорий на ландшафтной основе привела к необходимости сопоставления классификационных единиц лесной типологии и ландшафтоведения. Рассмотрена схема соотношения типов леса и физико-географических категорий на топологическом уровне [10, 7]. Сопреженный картографический анализ позволяет обобщать низовые классификационные единицы (группы типов леса или ландшафтные фации) в более высокие по иерархии категории – геом. В.С. Михеев [11] рекомендует рассматривать геом или ландшафтный округ как низовую единицу лесорастительного районирования.

По мнению классиков географии, геосистемный подход позволяет не только характеризовать особенности структурной дифференциации ландшафта, но и выделять коренные «ядра», являющиеся началом всех «цепей» трансформации таежных геосистем под влиянием экологических факторов [14, 11]. Это позволяет выявить главное звено в процессе множественных динамических изменений низового природного района, выделенного на геомерной основе. Дробное лесорастительное районирование важно при инвентаризации лесных ресурсов, оценке продуктивности и бонитета лесов. Оно также необходимо при планировании лесопользовательских и природоохранных объектов, геоэкологической экспертизы районов хозяйственного освоения, когда определяется степень нарушенности коренных таежных ландшафтов и рассчитываются коэффициенты экологического ущерба для экономических оценок. Проблема оптимального нормирования лесопользования тесно связана с задачами лесоинвентаризации и учета типов леса на картографической основе ландшафтного типа [12].

Пример использования ландшафтной карты геомеров для низового лесорастительного районирования ключевого участка в районе Сочур-Енисейского междуречья приведен на рис. 1. Такая разработка имеет научный и практический смысл, так как детальное низовое районирование проводится редко. Методика картографирования опубликована ранее [8].

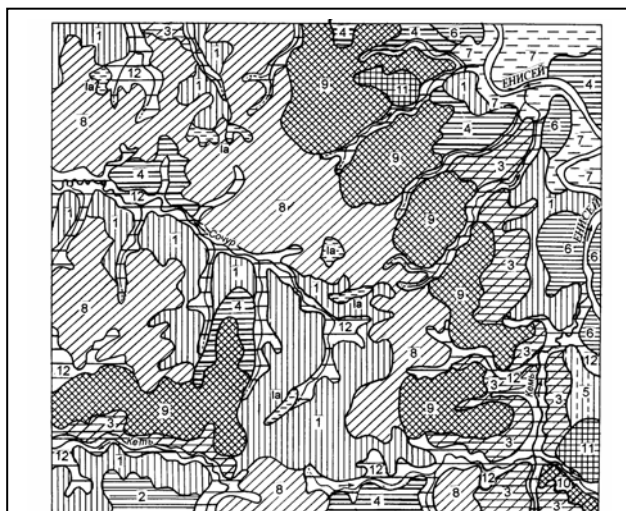


Рис. 1. Карта низового лесорастительного районирования на ландшафтной основе (Сочур-Енисейское междуречье, фрагмент карты в масштабе 1:500 000)

Легенда карты низового лесорастительного районирования на ландшафтной основе (Сочур-Енисейское междуречье, 1:500 000).

I. Болотный округ олиготрофных сфагновых водораздельных болот

1а. Выпуклые олиготрофные сфагновые болота, безлесные (неустойчивый, защитный комплекс). Интегральный ландшафтообразующий процесс (ИЛП): регрессия покровного заболачивания.

II. Лесо-болотный округ с мелколиственными, войно-лесными, рямовыми комплексами и фрагментами тайги среди болот

1. Район с заболоченными темнохвойно-березовыми и сосново-березовыми, войничково-хвощевыми, кустарничково-сфагновыми лесами Va-V класса бонитета (неустойчивый, защитный). Интегральный лесообразующий процесс (ИЛСП): замещение мелколиственных заболоченных лесов темнохвойно-мелколиственными и темнохвойными лесами гидроморфного ряда развития.

2. Болотно-лугово-лесной район низких междуречий с разреженными березово-осиновыми и осиновыми с

липой влажнотравно-осоковыми лесами среди разнотравных лугов и низинных болот (неустойчивый, защитный). ИЛСП: регрессия низинных болот и их замещение лугами и осиновыми влажнотравными лесами.

III. Лесо-болотный и таежный округ низких приречных равнин, террас и поймо-террас

3. Район гидроморфных кедрово-еловых и темнохвойно-осиновых хвощево-осочково-зеленомошных лесов приречных равнин и низких террас IV-V класса бонитета (неустойчивый, защитный). ИЛСП: замещение темнохвойных лесов полугидроморфными ельниками и кедровниками хвощево-зеленомошными.

4. Район темнохвойных елово-кедровых и кедровых кустарничково-зеленомошных и мелкотравно-зеленомошных лесов средневысоких террас и приречных склонов IV класса бонитета (относительно неустойчивый, эксплуатационно-защитный). ИЛСП: замещение полугидроморфных вариантов темнохвойной тайги кедровыми мелкотравно-зеленомошными лесами.

IV. Округ светлохвойно-таежных лесов приречных равнин и террас

5. Район боровых сосновых и кедрово-сосновых бруснично-зеленомошных и зеленомошно-лишайниковых лесов IV класса бонитета приречных равнин (относительно неустойчивый, эксплуатационно-защитный). ИЛСП: смена березово-сосновых мшистых лесов краевых частей болот на сосновые кустарничково-зеленомошные.

V. Приенисейский пойменно-долинный округ флювиальных лесных и лесо-лугово-болотных комплексов

6. Лугово-смешанно-лесной район с темнохвойно-березовыми лесами IV класса бонитета (неустойчивый, защитный). ИЛСП: замещение кустарничково-луговых комплексов мелколиственными и темнохвойно-мелколиственными лесами.

7. Район поймо-террас с кустарниково-болотно-луговой растительностью и гривами, редко облесенными березой и сосной (неустойчивый, защитный). ИЛП: формирование пояса меандрирования и поймообразования долины р. Енисей.

VI. Среднетаежный темнохвойно-лесной округ слабодренированных равнин

8. Район темнохвойных кедрово-еловых кустарничково-зеленомошных лесов III-IV класса бонитета с производными вариантами на плакорных водоразделах (относительно-устойчивый, защитно-эксплуатационный). ИЛсП: замещение полугидроморфных елово-кедровых лесов более дренированными вариантами еловых зеленомошных.

VII. Южнотаежный округ дренированных темнохвойнотаежных возвышенных и плоско-увалистых равнин

9. Район кедрово-елово-пихтовых мелко травяно-зеленомошных лесов III-IV класса бонитета и их мелколиственных вариантов на плоско-увалистых водоразделах (устойчивый, эксплуатационный с ограничениями). ИЛсП: формирование коротко-производных мелколиственных лесов, восстанавливающихся в коренные пихтовые.

VIII. Южнотаежный округ смешанных лесов дренированных грядово-увалистых равнин

10. Район березово-елово-пихтовых травяных и разнотравных лесов II-III класса бонитета и их производных мелколиственных вариантов на возвышенных водоразделах (устойчивый, эксплуатационный). ИЛсП: замещение пихтовых лесов устойчиво-производными мелколиственными.

11. Район полидоминантных елово-пихтовых травяно-зеленомошных лесов III класса бонитета и их производных мелколиственных вариантов на грядово-увалистых водоразделах (устойчивый, эксплуатационный). ИЛсП: замещение пихтовых лесов устойчиво-производными мелколиственными.

12. Недифференцированные речные долины.

Этап лесорастительного районирования на геоморфной основе позволяет дать интегральную оценку лесов ключевого участка по структуре, продуктивности и классу бонитета. Он определяет общие динамические особенности выделенных крупных лесных массивов в рамках низовых региональных структур и делает успешной их ресурсную и прогнозную оценку по изменению типов леса.

Ландшафтные преобразования на междуречьях приводят к регрессии болот и смене на их окраинах мелколиственных лесов заболоченными темнохвойными. Для низких водоразделов характерно замещение полугидроморфных елово-кедровых лесов дренированными вариантами еловых зеленомошных. На возвышенных хорошо дренированных водоразделах ельники сменяются пихтовыми лесами с более высоким классом бонитета (II-III). Характерно также увеличение площадей производных темнохвойно- , осиновых и березовых лесов после вырубок и пожаров. Такая временная последовательность эволюционных смен и рядов трансформации связана с воздействием интегрального ландшафтообразующего процесса. Это, как отмечает В.Р. Калинина и др. [4], потепление климата, сведение лесов, новейшие тектонические движения, которые обусловили амплитуду поднятий рельефа до 100-150 м. В целом характер динамических изменений рассмотренного участка отражает процесс уменьшения площадей гидроморфных комплексов и создания благоприятных условий для лесообразования.

Создание динамических классификаций определяет возможность разработки не только спонтанных «сценариев» изменений лесной территории, но и вероятность оценки ее трансформации при техногенных воздействиях, связанных с реализацией проектов промышленного освоения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ивашкевич Б.А.* Дальневосточные леса и их промышленная будущность. Хабаровск: Дальневосточн. краевое изд-во, 1933. 166 с.
2. *Васильев Н.Г.* Лесообразование в пойме Средней Оби: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 1988. 17 с.
3. *Калашиников Е.Н.* Исследование лесных ландшафтов дистанционными методами (на примере Ангаро-Енисейского региона) // Исследование лесов аэрокосмическими методами. Новосибирск: Наука, 1987. С. 10-31.
4. *Калинина В.Р., Макунина А.А., Селезнева И.С.* Тенденции развития ландшафтов Тоболо-Ишимской равнины и некоторые методы их выявления // Вестн. Моск. ун-та. Сер. геогр., 1974, 6. С. 17-23.
5. *Киреев Д. М.* Ландшафты юга Средней Сибири и их наблюдение на космических снимках // Дистанционные исследования природных ресурсов Сибири. Новосибирск: Наука, 1986. С. 147-170.
6. *Колесников Б.П.* Состояние советской лесной типологии и проблема генетической классификации типов леса // Изв. СО АН СССР. Сер. бот., 1958, 2. С. 109-122.
7. *Кузьменко Е.И., Смолоногов Е.П.* Лесные экосистемы средней и южной тайги Западно-Сибирской равнины (структура и пространственно-временная динамика). Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. 218 с.
8. *Кузьменко Е.И., Михеев В.С.* Эколого-географические и картографические основы комплексного изучения лесов Сибири. Новосибирск: Академическое изд-во «ГЕО», 2008. 205 с.
9. *Манько Ю.И.* Классификация лесов в зависимости от их происхождения и влияния экзогенных факторов // Динамические процессы в лесах Дальнего Востока. Владивосток, 1984. С. 3-19.
10. *Махонин А.С., Смолоногов Е.П.* Генетическая классификация лесов северного макросклона восточного Тунгус-Ола (Тувинская АССР) // Восстановительная и возрастная динамика лесов на Урале и в Зауралье. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1976. С. 3-93.
11. *Михеев В.С.* Ландшафтно-географическое обеспечение комплексных проблем Сибири. Новосибирск: Наука, 1987. 206 с.
12. *Соколов В.А., Семечкин И.В.* Научное обоснование развития лесного комплекса Сибири // Лесная таксация и

- лесоустройство, 1(30). Красноярск, 2001. С. 178-183.
13. Смолоногов Е.П. Эколого-географическая дифференциация и динамика кедровых лесов Урала и Западно-Сибирской равнины. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1990. 286 с.
14. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. 319 с.
15. Сукачев В.Н. Динамика биогеоценозов // Основы лесной биогеоценологии. М.: Наука, 1964. С. 458-486.

УДК 630*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ЧИСТОЙ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ (НА ОСНОВЕ GLO-PEM) ДЛЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЗАПАДНОГО САЯНА

А.А. ЛАРЬКО¹, Ю.Д. ИВАНОВА¹, Н.Ф. ОВЧИННИКОВА²

¹Институт биофизики СО РАН, Красноярск

²Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Одним из параметров, характеризующих глобальный углеродный цикл, является чистая первичная продуктивность (ЧПП), которая показывает количество углерода, ассимилированного зелеными растениями из атмосферы. В данной работе сравниваются два способа оценки ЧПП для одних и тех же территориальных участков. Это оценка на основе космических данных, получаемых с помощью модели с пространственным разрешением $500 \times 500 \text{ м}^2$, и оценка на основе морфометрических измерений.

Изменение климатических тенденций во многих регионах планеты стимулировало интерес к исследованиям глобального круговорота углерода и параметрам, которые характеризуют этот процесс. Эти исследования позволяют не только оценить потоки углерода в различных экосистемах планеты, но и предсказать возможные сценарии количественных и качественных изменений этих процессов. Одним из параметров, характеризующих глобальный углеродный цикл, является чистая первичная продуктивность (ЧПП), которая показывает количество углерода, ассимилированного зелеными растениями из атмосферы благодаря процессу фотосинтеза. Основной трудностью при рассмотрении ЧПП является значительная трудоемкость при определении ее текущего значения для различных экосистем. Величину ЧПП возможно только оценить, и для этого разработаны соответствующие методы. Поэтому на сегодняшний день важно понять, чем отличаются различные методы оценки ЧПП и насколько совпадают получаемые разными методами значения. Сравнение параметров, по которым получают различные оценки ЧПП, позволяет приблизиться к пониманию, на каком этапе возможны недочеты и ошибки, недо- и переоценки рассматриваемой величины.

В данной работе сравниваются два способа оценки ЧПП. Это оценка на основе космических данных и оценка, основанная на расчете биомассы нескольких наземных лесных экосистем. Оценки ЧПП, полученные различными способами, даны для одних и тех же территориальных участков. Это позволяет выделить специфические, присущие каждому способу важнейшие параметры, от которых зависит получаемая оценка.

Объектом исследования была выбрана территория на юге Красноярского края в Западном Саяне, где на постоянных пробных площадях Института леса СО РАН наблюдения за лесной растительностью проводятся с 1960 г. Территория характеризуется четко выраженной высотной поясностью горных лесных экосистем. На небольшой по площади территории с ростом высоты над уровнем моря можно наблюдать различные экосистемы в черневом, горно-таежном и субальпийском поясах. ЧПП этих экосистем оценивается двумя различными методами.

Методы расчета ЧПП:

- **расчет ЧПП по наземным измерениям**, когда расчет фитомассы растений на рассматриваемой площади идет на основе морфометрических измерений (высота, диаметр ствола, объем кроны и т. д.) и по изменению фитомассы за определенный промежуток времени.

$$NPP = \Delta W + \Delta d, \text{ где (1)}$$

ΔW – изменение биомассы за год; Δd – потери биомассы (отмирание, поедание животными, корневые выделения и др.) за этот период времени [1].

- **по данным дистанционного спутникового зондирования**, когда расчет ЧПП базируется на данных спектральных спутниковых каналов и данных о подстилающей поверхности. Чтобы оценить значение глобальной чистой первичной продукции по спутниковым данным, существует множество расчетных

моделей, но почти все они используют данные спутника NOAA/AVHRR и разработаны исключительно под них. Однако на сегодняшний день сканер AVHRR устарел и обладает малым количеством спектральных каналов, пригодных для изучения растительности [2]. Поэтому для расчета NPP была разработана информационная система, основанная на модели GLO-PEM, созданной для сканера нового поколения – MODIS/TERRA. Новый сканер имеет значительные преимущества по сравнению с предыдущим: это и большее количество спектральных каналов, и более приемлемое для локальных исследований спектральное разрешение 500 м против 1 км у NOAA/AVHRR.

В данной работе использовались 8-дневные композитные снимки сканера MODIS спутника Terra, а именно продукты MOD09A1 и MOD11A2, с пространственным разрешением 500 м и 1 км соответственно, полученные с портала EOS Data Gateway, а также данные со спутника TOMS с пространственным разрешением 1 градус.

Расчет глобальной чистой первичной продукции проводится на основе двух моделей:

- **VPM** (Vegetation Photosynthesis Model) – модель, разработанная Xiangming Xiao в 2003 году, используется для расчета валовой первичной продукции (GPP, Gross Primary Production) [2];
- **GLO-PEM** (Global Production Efficiency Model) – модель, разработанная С. Prince и С. Goward; в связи с недостаточным описанием из нее используется подход для расчета доли фотосинтетической активной радиации, которую поглощает растительность, и дыхания автотрофов (R_a) [3].

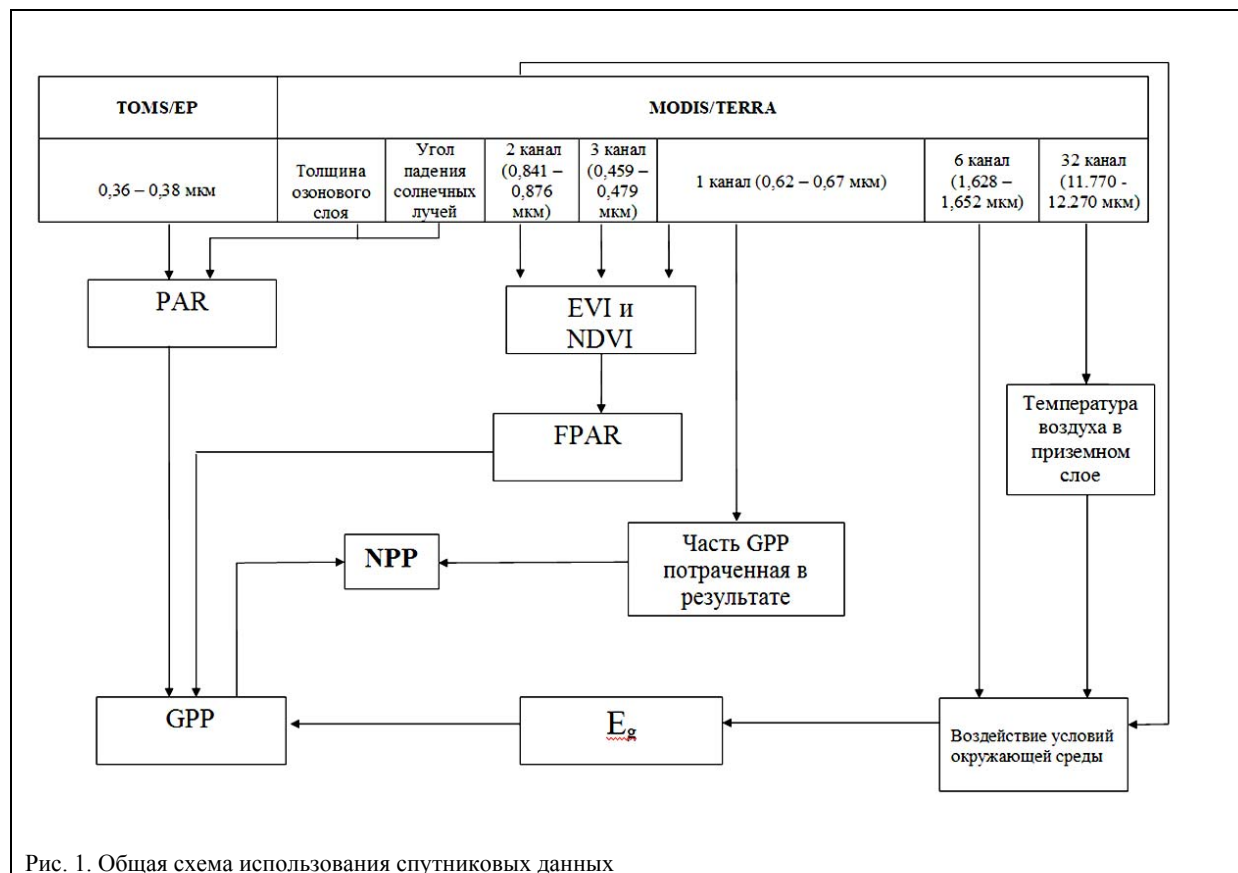
Модель расчета GPP состоит из связанных компонентов, которые описывают процессы поглощения растительностью радиации, использование радиации, дыхание автотрофов и регулирование этих процессов факторами окружающей среды:

$$GPP = PAR \cdot FPAR \cdot E_g, \text{ где (2)}$$

PAR – фотосинтетическая активная радиация в интервале длин волн от 0,4 до 0,7 мкм; FPAR – доля фотосинтетической активной радиации, которую поглощает растительность; E_g – эффективность использования радиации растительностью.

Чистая первичная продукция представляет собой GPP, уменьшенное за счет дыхания растений. Фотосинтетическая активная радиация (PAR, Photosynthetically active radiation, 0,4-0,7 мкм) рассчитывается на основе данных со спутника TOMS [4].

Общая схема использования спутниковых данных в расчетной модели представлена на рисунке 1.



Доля фотосинтетической активной радиации, которую поглощает растительность (FPAR), рассчитывается как линейная функция от NDVI (нормализованный дифференциальный вегетационный индекс). Для расчета эффективности использования радиации растительностью E_g используется подход, суть которого заключается в уменьшении максимально возможного использования (т.е. при оптимальных условиях), с использованием отклонения от оптимальных показателей параметров окружающей среды, таких как температура воздуха и влажность почв.

При оценке ЧПП разными способами используются разные физические величины, имеющие различное временное и пространственное распределение. Величина ЧПП, получаемая в обоих случаях, различна по своему внутреннему содержанию. Например, если значение спутниковой ЧПП рассчитываются практически каждый день и из этих значений составляются недельные, декадные и т.д. композиты, то наземные измерения делаются гораздо реже, особенно в отношении лесных экосистем, и ЧПП рассчитывается за год, 5, 10 лет.

Если рассмотреть преимущества и недостатки каждого метода, то способ прямого измерения прироста биомассы по морфометрическим данным и последующий пересчет в количество углерода [1] дает оценку ЧПП на данном участке почти достоверно. Но поскольку стоит задача оценивать ЧПП на больших площадях (в пределе – глобально), то возникает погрешность экстраполяции. Привязка вычисленных на основе спутниковых данных значений ЧПП к данным наземных измерений позволяет затем проводить корректируемую экстраполяцию оценок ЧПП от точек привязки.

Оценки ЧПП по наземным измерениям и по спутниковым данным в лесных экосистемах черневого и горно-таежного поясов Западного Саяна показывают расхождение величин ЧПП. Практически совпали оценки для участка леса в наиболее благоприятном для роста и развития растений черневом поясе, где произрастают лиственные и хвойные породы деревьев. В горно-таежном и субальпийском поясах по спутниковым данным получается большее значение величины ЧПП. Эта переоценка связана с тем, что ЧПП, рассчитанная по спутниковым данным, напрямую зависит от породного состава древостоя: на участке находятся лиственные или хвойные насаждения. Расчет данной ЧПП идет на основе вегетационного индекса NDVI, величина которого напрямую зависит от состояния листовых пластинок или хвои и наличия в них хлорофилла, в большей степени отражая не продолжительность вегетационного периода, а наличие вечнозеленых хвойных растений. В последующих доработках модели переоценка ЧПП в хвойных лесных экосистемах будет скорректирована за счет продолжительности вегетационного периода.

Работа поддержана интеграционным проектом СО РАН №50.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Стаканов В.Д., Алексеев В.А., Коротков И.А., Климушин Б.Л.* Методика определения запасов фитомассы и углерода лесных сообществ // Углерод в экосистемах Сибири. Под ред. В.А. Алексеева и Р.А. Бердси. Красноярск. 1994, 170 с.
2. *Xiangming Xiao, Hollinger D., Aber J., Goltz M., Davidson E.* Qingyuan Zhang et al. Satellite-based modeling of gross primary production in an evergreen needleleaf forest. // Remote Sensing of Environment, 2004, 89. Pp. 519-534.
3. *Goetz S., Prince S., Goward S., Thawley M., Small J.* Satellite remote sensing of primary production: an improved production efficiency modeling approach // Ecological Modelling, 1999, 122. Pp. 239-255.
4. *Goldberg B., Klein W.* A model for determining the spectral quality of daylight on a horizontal surface at any geographical location // Solar Energy, 1980, 24. Pp. 351-357.

УДК 674.038.3: 674.032.16

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ ПОЛУЧЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО ОБЪЕМА ПИЛОВОЧНИКА ПРИ МИНИМАЛЬНОМ СРОКЕ ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ С ВЫБОРОМ ТЕХНОЛОГИЙ И ЛЕСНЫХ МАШИН ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РУБОК УХОДА

В.В. МАЛЫШЕВ

Воронежская государственная лесотехническая академия, Воронеж

АННОТАЦИЯ

Задача научно обоснованного определения целевого диаметра и возраста технической спелости насаждений в настоящее время до конца не решена. С этой целью были получены математические модели изменения таксационных показателей с возрастом в культурах сосны обыкновенной и разработана методика определения оптимального значения целевой функции получения максимального объема стволовой древесины и пиловочника при минимальном сроке лесовыращивания с выбором технологий и лесных машин для проведения рубок ухода.

Для получения математических моделей изменения с возрастом средней высоты ($H_{\text{ср}}$), среднего диаметра ($D_{\text{ср}}$), сумм площадей сечений (G) и запаса стволовой древесины (M) использованы таблицы хода роста сомкнутых культур сосны (при полноте 1,0). Использовались данные пробных площадей в культурах сосны Тамбовской, Липецкой и Воронежской областей. Всего при обработке было использовано 187 пробных площадей. Пробные площади характеризуют культуры сосны Ia, I классов бонитета с 10 до 110 лет. Каждый класс бонитета характеризуется, как правило, не одним, а двумя-тремя типами леса, хотя преобладающим остается какой-то один тип. Насаждения в условиях сложной свежей субори (B_2) характеризуются производительностью Ia класса бонитета, в условиях свежей простой субори (B_2) – производительностью I класса бонитета [1].

Математические зависимости таксационных показателей сомкнутых и модалных культур сосны описываются частью степенного ряда Тейлора:

$$Y = a_0 + a_1 \cdot t + a_2 \cdot t^2 + a_3 \cdot t^3 + a_4 \cdot t^4, \quad (1)$$

где: a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 – постоянные коэффициенты, зависящие от бонитета насаждения; t – текущий возраст насаждений, лет.

Необходимо выбрать такие коэффициенты уравнения, чтобы искомая модель наиболее точно описывала изменение таксационных параметров как функции возраста насаждения. Для этого необходимо выбрать критерий, который позволит оценить адекватность математической модели. В нашем случае критерием точности является сумма квадратов отклонений D^2 расчетной функции $Y(t)_{\text{расч}}$ от табличного значения $Y(t)_{\text{табл}}$. Приемлемым для нас вариантом будет тот вариант, при котором D^2 будет минимальным [2, 3].

Коэффициенты математических моделей сомкнутых древостоев сосны Ia, I классов бонитета представлены в табл. 1.

Таблица 1. Коэффициенты математических моделей таксационных показателей сомкнутых культур сосны обыкновенной

Таксационные показатели	Коэффициенты математических моделей				
	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4
Ia класс бонитета, сложная свежая суборь (B_2)					
Средняя высота $H_{\text{ср}}$, м	-1,35697	0,662739	-0,004788	0,000015	-
Средний диаметр $D_{\text{ср}}$, см	0,09303	0,522878	-0,001689	$4,700855 \cdot 10^{-5}$	-
Сумма площадей сечений G , м ² /га	-1,910606	1,942319	-0,030337	0,000238	$7,08042 \cdot 10^{-7}$
Запас стволовой др-ны M , м ³ /га	-109,772727	13,720979	-0,018529	-0,000793	$4,22494 \cdot 10^{-6}$
I класс бонитета, простая свежая суборь (B_2)					
Средняя высота $H_{\text{ср}}$, м	-0,953939	0,557016	-0,003705	0,000011	-
Средний диаметр $D_{\text{ср}}$, см	-0,881515	0,522737	-0,002508	$8,236208 \cdot 10^{-6}$	-
Сумма площадей сечений G , м ² /га	-4,710606	1,922319	-0,030937	0,000238	$7,08042 \cdot 10^{-7}$
Запас стволовой др-ны M , м ³ /га	-90,893939	10,592405	0,006031	-0,000841	$4,07925 \cdot 10^{-6}$

Полученная система конкретных математических моделей хода роста лесных культур сосны обыкновенной адекватна численным показателям хода роста. Отклонения расчетных значений от табличных не превышают 5 %.

В настоящее время одной из важнейших задач лесного хозяйства является получение спелой древесины за счет выращивания лесных культур ценных древесных пород, и прежде всего сосны обыкновенной. На первый план выходят актуальные задачи определения математических зависимостей изменения параметров таксационных показателей лесных культур сосны от возраста, густоты посадки, условий местопроизрастания, числа приемов рубок ухода и интенсивности разреживаний.

Для выращивания культур с максимальным выходом пиловочника целесообразно использовать максимум целевой функции и диапазон возраста с максимальным увеличением объема стволовой древесины за 1 год лесовыращивания. И если эта целевая функция начинает снижаться, то необходимо проводить сплошную рубку.

Ориентируясь на наиболее актуальные проблемы совершенствования управления процессами формирования насаждений, будем рассматривать целевую функцию математической модели управления лесовыращиванием как увеличение общего объема деловой древесины, и прежде всего ведущего сорта – пиловочника. Оптимальные режимы изреживания культур сосны для получения пиловочника представлены в табл. 2.

Полученные таблицы компьютерного проектирования рубок ухода показывают естественные закономерности: чем лучше условия местопроизрастания, тем ниже возраст достижения заданного диаметра, и чем выше возраст достижения целевого диаметра, тем выше суммарный объем стволовой древесины на 1 га, но меньше этот выход на 1 год лесовыращивания. Целевая функция показывает, какой объем древесины мы можем получить с одного гектара площади за один год лесовыращивания. Общая производительность вычисляется суммированием запаса остающейся части насаждения в данном

возрасте и объема древесины, который был выбран за предшествующий период. По данным запаса и возраста можно определить средний и текущий приросты древесины сосны обыкновенной на 1 га в м³.

Таблица 2. Оптимальные режимы изреживания культур сосны для получения максимального объема пиловочника с 1 га за 1 год лесовыращивания

Класс бонитета	Целевой диаметр, см	Возраст изреживаний	Средняя высота $H_{ср}$, м	Средний диаметр $D_{ср}$, см	Выбираемый запас		Объем пиловочника, м³/га
					%	м³/га	
Ia (C₂)	32	Целевая функция $S / t = 4,5 \text{ м}^3/\text{год/га}$					
		11	5,2	5,4	30	13,7	-
		17	8,6	8,4	32	37,3	-
		25	12,5	12,2	31	65,1	-
		34	16,3	16,1	26	80,4	-
		43	19,5	19,8	16	63,6	27
		49	21,4	22,2	17	76,5	34
		56	23,4	24,9	15	75,5	36
		76	28,0	32,1	100	469,1	244
				865,7	341		
I (B₂)	28	Целевая функция $S / t = 3,4 \text{ м}^3/\text{год/га}$					
		11	4,8	4,1	21	9,0	-
		14	6,2	5,7	24	16,0	-
		18	7,9	7,7	25	25,1	-
		23	10,0	9,9	27	39,4	-
		30	12,7	12,8	27	56,9	-
		39	15,8	16,2	25	72,7	-
		49	18,6	19,7	18	66,4	28
		57	20,6	22,2	17	71,6	32
		77	24,4	28,3	100	408,2	204
				765,3	264		

Значение целевой функции (Z) получения максимального объема стволовой древесины при минимальном сроке выращивания определяется как:

$$Z = \frac{S}{t} \rightarrow \max, \quad (2)$$

где: S – суммарный объем древесины, полученный от рубок ухода и сплошной рубки:

$$S = \sum_{i=1}^n V_i, \quad (3)$$

i – порядковый индекс рубки ухода ($i = 1, 2, 3 \dots n$); n – сплошная рубка; t – возраст древостоя при сплошной рубке; V_i – объем крупной, средней и мелкой деловой древесины, полученной при i -ой выборочной или сплошной рубке, м³.

В соответствии с полученными данными по каждому классу бонитета составлены математические модели изменения целевой функции Z от заданного диаметра $D_{ц}$. Для Ia бонитета $D_{ц} = 32$ см, I бонитета $D_{ц} = 28$ см. Для определения оптимальных значений диаметров $D_{опт}$, соответствующих максимальному объему стволовой древесины на 1 га за 1 год лесовыращивания, необходимо по каждому выражению

$$\frac{\partial Z}{\partial d} = 0$$

целевых функций $Z(d)$ взять первые производные, приравнять их к нулю и решить полученные уравнения относительно D . Эффективность в предложенных режимах рубок ухода на 5-7 % выше применяемых на практике.

Классификация технологий и систем машин для получения оптимальных технологических режимов проведения рубок на стадии проектирования приведена в табл. 3.

Выводы:

1. Проблемы повышения эффективности ведения лесного хозяйства должны решаться с использованием современных методов лесоводственно-технологических исследований и математического моделирования хода роста насаждений.

2. Формирование культур сосны обыкновенной должно осуществляться дифференцированно и по оптимальным режимам, с учетом характеристики древостоя, типа леса и экономических возможностей хозяйства.

3. Эффективность изреживания можно увеличить, если возраст главной рубки устанавливать по целевому диаметру технической спелости древостоя, имеющего оптимальную товарную структуру,

наилучшим образом соответствующую хозяйственной цели.

4. Представленные технологии и системы машин будут способствовать получению оптимальных технологических режимов проведения рубок ухода с минимальным повреждением насаждений.

Таблица 3. Классификация технологий и машин для проведения рубок ухода

Вид рубки	Система машин	Технология рубки	Способ трелевки
Осветление	БП + МТЗ-82	Лин.-выборочная	Деревьями
	БП + Т40А («муравей»)	Выборочная	Хлыстами
Прочистка	БП + МТЗ-82	Лин.-выборочная	Деревьями
	БП + Т40А («муравей»)	Лин.-выборочная	Хлыстами
	БП + мини-трактор	Выборочная	Хлыстами
	БП + Форвадер	Лин.-выборочная	Сортиментами
Прореживание	БП + МТЗ-82	Лин.выборочная	Деревьями
	БП + мини-трактор	Выборочная	Хлыстами (сортиментами)
	БП + Форвадер	Лин.-выборочная	Сортиментами
	Харвестер + Форвадер	Лин.-выборочная	Сортиментами
Проходные рубки	БП + ТДТ-55	Лин.-выборочная	Хлыстами
	ВПМ-35 + ЛТ-190	Лин.-выборочная	Деревьями
	БП + Форвадер	Лин.выборочная	Сортиментами
	Харвестер + Форвадер	Лин.-выборочная	Сортиментами

ЛИТЕРАТУРА

1. *Опыт лесокультурного дела Тамбовской области* / С.В. Журихин, В.А. Бугаев, А.Д. Дударев и др. Воронеж: ВГУ, 1973. 156 с.
2. *Математическое моделирование и оптимизация режимов выращивания лесных культур сосны* / В.В. Малышев, В.С. Петровский, В.К. Попов, А.И. Журихин. Воронеж: ВГУ, 2004. 211 с.
3. *Математическое моделирование динамики хода роста, реакций на рубки ухода березовых и сосновых насаждений* / В.К. Попов, В.С. Петровский, С.А. Черепухин. Воронеж: ВГЛТА, 1999. 128 с.

УДК 630*181.22; 582*475.2.

ФУНКЦИИ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ ХВОЙНЫХ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОЙ ВНУТРИВИДОВОЙ КОНКУРЕНЦИИ

И.Л. МИЛЮТИНА, Н.Е. СУДАЧКОВА, Л.И. РОМАНОВА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Изучено влияние внутривидовой конкуренции на морфометрические параметры и сезонную динамику пигментов, глутатиона, перекиси водорода, аскорбиновой и дегидроаскорбиновой кислот и активность ферментов супероксиддисмутазы, пероксидазы, аскорбатпероксидазы, каталазы и глутатионредуктазы в хвое 26-летних деревьев сосны обыкновенной, сосны сибирской, ели сибирской и лиственницы сибирской в культурах с начальной густотой 0,5 и 128 тыс. экз. га⁻¹, заложенных в подзоне южной тайги Средней Сибири.

Одним из основным факторов, определяющих формирование древостоев как при природном, так и при искусственном лесовозобновлении, являются конкурентные взаимоотношения между отдельными особями в древостое, приводящие к естественному изреживанию насаждений [4]. В связи с необходимостью искусственного лесовозобновления представляется важным изучение роста и метаболизма деревьев в одновозрастных разнотелотных фитоценозах [1, 2]. Интенсивность конкурентных взаимоотношений между растениями определяется начальной густотой посадки: чем она выше, тем раньше происходит развитие конкурентных отношений, негативно влияющих на скорость роста и накопление биомассы. Проблема внутривидовой конкуренции в лесообразовательном процессе весьма актуальна, хорошо известны ресурсы, за которые происходит конкуренция между растениями при совместном произрастании – свет, вода, элементы минерального питания, углекислый газ и кислород. Недостаток любого из этих ресурсов негативно отражается на процессах роста и метаболизма вследствие развития так называемого окислительного стресса, сопровождающего большинство биотических и абиотических стрессов продуцированием перекисных радикалов, представляющих угрозу для клеток [3]. Действие этих сильных окислителей может быть нейтрализовано только действием эффективной антиоксидантной системы защиты растительных клеток, важнейшими элементами которой являются ферментные системы, а также ряд метаболитов, участвующих в контроле уровня свободных радикалов.

В связи с этим была поставлена задача изучения элементов антиоксидантной системы в хвое четырех хозяйственно ценных сибирских видов хвойных, занимающих разное положение в ценозе.

Объектами исследования служили 26-летние культуры ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb), лиственницы сибирской (*Larix sibirica* L.), сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) и сосны сибирской (кедра сибирского) (*Pinus sibirica* Du Roi), заложенные в подзоне южной тайги Средней Сибири в Большемуртинском лесхозе Красноярского края на серых лесных почвах в однородных лесорастительных условиях с начальной густотой 0,5 и 128 тыс. экз. га⁻¹ [1].

В течение вегетационного сезона четыре раза с интервалом в 1 месяц проводился отбор образцов однолетней хвои из средней части кроны 5 деревьев. Из собранной свежей хвои готовили средние образцы, из которых отбирались навески для определения содержания пигментов, глутатиона, перекиси водорода, аскорбиновой и дегидроаскорбиновой кислот, а также ряда ферментов – супероксиддисмутазы, пероксидазы, аскорбатпероксидазы, каталазы и глутатионредуктазы. Все анализы проводили не менее чем в трех биологических повторностях. Результаты рассчитывали на единицу абсолютно сухого вещества хвои.

Древесные растения в условиях высокополнотного насаждения испытывают недостаток в основных ресурсах, необходимых для нормального протекания физиологических процессов. Деревья ели сибирской, лиственницы сибирской, сосны обыкновенной и кедра сибирского в посадках повышенной густоты, растущие в условиях жесткой конкуренции, имеют сниженные морфометрические параметры (табл. 1). Длина хвои у обоих видов сосен сократилась в 1,2-1,3 раза по сравнению с елью и лиственницей, где зафиксировано уменьшение длины хвои в 1,8-2 раза, уменьшение массы хвои более выражено – у ели отмечено трехкратное снижение массы хвои у деревьев в загущенных насаждениях.

Различия в содержании хлорофилла в хвое деревьев кедра в посадках разной густоты невелики и не превышают в течение вегетационного периода 15 %. В хвое деревьев других видов из загущенных насаждений концентрация хлорофилла значительно выше: у сосны – на 25-75 %, у лиственницы – на 80-140 %, у ели – на 75-135 %. Кроме изменения общего содержания хлорофилла, происходит изменение концентраций и соотношения хлорофиллов а и б. Сравнение концентраций хлорофиллов а и б показало, что у всех видов (кроме кедра) различия в содержании хлорофилла б выше по сравнению с хлорофиллом а.

Таблица 1. Морфометрические характеристики деревьев разных видов хвойных из насаждений различной густоты

Параметр	Густота, экз. га ⁻¹	Ель	Лиственница	Сосна	Кедр
Диаметр корневой шейки, см	0,5 тыс.	15,4± 0,4	23,8± 0,5	28,8±1,3	17,9±0,9
	128 тыс.	10,3± 0,2	16,7± 0,1	6,3±0,8	5,9±0,7
Длина однолетней хвои (брахибластов), см	0,5 тыс.	9,7± 0,2	11,4± 0,2	7,5 ± 0,2	11,5 ± 0,1
	128 тыс.	4,8± 0,1	6,4± 0,5	5,9 ± 0,1	9,5 ± 0,1
Масса 100 шт. хвоинок, г	0,5 тыс.	0,97± 0,02	0,31± 0,01	6,55 ± 0,02	5,80 ± 0,01
	128 тыс.	0,32± 0,01	0,18± 0,01	2,93 ± 0,01	3,01 ± 0,01

Выявленные особенности реакции на фитоценотический стресс для зеленых пигментов – практическое отсутствие различий в динамике содержания хлорофилла у кедра, максимальная абсолютная концентрация хлорофилла при максимальном уровне различий между хвоей деревьев из посадок разной густоты у лиственницы, видоспецифичный тип динамики за период наблюдения – характерны и для желтых пигментов каротиноидов.

В хвое деревьев сосны и кедра в загущенных посадках отмечено пониженное содержание глутатиона; однократное 30 %-ное превышение, зафиксированное у кедра в августе, является исключением. В остальных случаях концентрация глутатиона в хвое этих деревьев обоих видов сосен составляла от 20 до 100 % от его концентрации в хвое деревьев из низкогустотных насаждений. У ели и лиственницы, напротив, деревья в высокогустотных посадках отличаются повышенным содержанием глутатиона – на 70-390 % у ели и 20-580 % у лиственницы.

Сниженная в большинстве случаев концентрация перекиси водорода в хвое деревьев из загущенных насаждений только раз за вегетационный сезон показала превышение на 10 % у сосны и 50 % у ели и лиственницы. В основном снижение содержания перекиси водорода составляло для сосны 10-60 %, для кедра 30-60 %, для лиственницы от 30 до 50 %, для ели до 30 %.

Содержание аскорбиновой кислоты в хвое деревьев из разнотелотных посадок является более выровненным показателем в сравнении с дегидроаскорбиновой кислотой. Лишь для лиственницы в начале вегетации отмечено значительное, на 70 %, превышение концентрации аскорбиновой кислоты в хвое деревьев из загущенных посадок, остальные различия не превосходят 40 %-ный уровень. У сосны

диапазон изменений 90-130 %, у кедра 90-110 %, у ели 60-130 %, у лиственницы 80-120 %. Для дегидроаскорбиновой кислоты различия намного существеннее. Прежде всего, заслуживает внимания пониженное содержание дегидроаскорбата в хвое кедра, снижение концентрации достигает 40 % у деревьев из высокогустотных насаждений по сравнению с деревьями из разреженных насаждений. У других видов картина противоположная – содержание дегидроаскорбиновой кислоты у деревьев их загущенных посадок повышено и достигает 110-380 % у сосны, 160-220 % у кедра и 110-290 % у лиственницы по отношению к концентрации дегидроаскорбата у деревьев из посадок с низкой начальной густотой.

Рост активности пероксидазы в хвое может быть признаком окислительного стресса в высокогустотных насаждениях у всех изученных видов хвойных. Превышение активности фермента в хвое деревьев из этих посадок составляло от 40 до 780 % от того же показателя у деревьев в разреженных посадках. В течение вегетационного периода активность пероксидазы у деревьев из загущенных насаждений была выше у сосны на 150-620 %, у кедра на 40-190 %, у ели на 110-780 %, у лиственницы на 160-540 %.

Для аскорбатпероксидазы в течение вегетационного периода не зафиксировано больших различий в активности фермента у деревьев всех четырех изученных видов в насаждениях разной густоты. Максимальные отличия отмечены у сосны: активность аскорбатпероксидазы в хвое деревьев из густого насаждения составляла 50-160 % от активности фермента у деревьев из разреженного насаждения. Для остальных видов разброс значений этого показателя меньше: 70-150 % для кедра, 80-130 % для ели и 60-80 % для лиственницы.

Наибольшие различия в активности супероксиддисмутазы отмечены для деревьев ели в посадках разной густоты. Окислительный стресс в загущенном насаждении проявляется в значительном росте активности супероксиддисмутазы – в 1,2-4,4 раза. Для лиственницы превышение в 2-2,3 раза зафиксировано только в начале и конце вегетации, в середине вегетации наблюдается снижение активности фермента на 30 %. Для обоих видов сосен характерна сниженная активность супероксиддисмутазы у деревьев из высокогустотных насаждений (60-90 %), при этом однократное превышение активности фермента на 40 % отмечено для сосны обыкновенной в сентябре.

Активность каталазы в хвое деревьев из высокогустотных насаждений в большинстве случаев снижена по сравнению с активностью фермента в низкогустотных посадках. У сосны, ели и лиственницы в течение вегетационного периода зафиксированы лишь однократные превышения этого показателя на 30-60 %. В остальные сроки отбора образцов активность каталазы у деревьев из загущенного насаждения была ниже у сосны на 30-50 %, у кедра на 20-50 %, у ели на 10-50 % и у лиственницы на 10-20 %.

Реакция глутатионредуктазы на действие фитоценотического стресса имеет явный видоспецифичный характер. Наиболее эффективно она функционирует в системе антиоксидантной защиты у ели, где ее активность повышается в хвое деревьев в высокополнотных насаждениях в 4,3-5,6 раза по сравнению с деревьями из низкогустотных посадок. Для кедра, наоборот, активность глутатионредуктазы в основном ниже в загущенных насаждениях, составляя от 50 до 110 % от активности фермента в разреженных насаждениях. У светолюбивых видов аналогичные показатели схожи, варьируя в пределах 180-220 % для сосны и 130-220 % для лиственницы.

Таким образом, загущенность насаждения в наименьшей степени влияет на морфометрические параметры и проявление реакции системы антиоксидантной защиты в хвое кедра сибирского. Достаточно жесткое влияние конкуренции из-за повышенной густоты насаждения сильнее всего отразилось на светолюбивой сосне обыкновенной.

Существенные изменения в содержании пигментов и активности пероксидазы наряду с другими менее выраженными изменениями (содержание глутатиона, перекиси водорода и дегидроаскорбиновой кислоты, активность каталазы и глутатионредуктазы) могут рассматриваться как результат активного действия антиоксидантной системы. Исследования изменений активности антиоксидантных ферментов и концентраций других компонентов антиоксидантной системы неферментной природы позволяют более полно представлять картину физиологического и биохимического ответа видов хвойных, различающихся по степени теневыносливости, на действие неблагоприятных факторов окружающей среды, в том числе и внутривидовой конкуренции.

Исследование проведено при поддержке гранта РФФИ 07-04-00199.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бузыкин А.И., Пшеничникова Л.С., Суховольский В.Г. Густота и продуктивность древесных ценозов. Новосибирск: Наука, 2002. 153 с.
2. Anninen P., Makela A. Needle and stem wood production in Scots pine (*Pinus sylvestris*) trees of different age, size and competitive status // *Tree Physiology*, 2000, 20 (8): 527-533.
3. O. Blokhina, E. Virolainen, K.V. Fagerstedt. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivative stress: a review // *Annals of Botany*, 2003, 91: 179-194

4. Piutti E., Cescatti A. A quantitative analysis of the interactions between climatic response and intraspecific competition in European beech // Can. J. For. Res., 1997, 27: 277–284.

УДК 634.0.165.4 : 576.312.35/37

РАЗВИТИЕ КАРИОЛОГИЧЕСКИХ И ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ПОПУЛЯЦИЙ ХВОЙНЫХ В РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Е.Н. МУРАТОВА^{1,2}, Т.С. СЕДЕЛЬНИКОВА¹, А.В. ПИМЕНОВ¹, Т.В. КАРПЮК², О.В. КВИТКО¹, Н.А. МИХЕЕВА¹

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

²Красноярский государственный агроуниверситет, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты кариологического и цитогенетического исследования различных видов хвойных в оптимальных и экстремальных условиях произрастания. Особое внимание уделено изучению изменчивости чисел и морфологии хромосом и их роли в кариотипической эволюции.

В Институте леса кариологические исследования древесных растений начаты в 60-х годах XX в. организатором лаборатории лесной генетики и селекции проф. Л.Ф. Правдиным, который изучил число и морфологию хромосом сосны обыкновенной [6]. С 60-х годов и до настоящего времени в Институте леса проводятся кариологические исследования видов хвойных. Большой вклад в развитие кариологических и цитогенетических исследований внесла М.В. Круклис [4, 5]. Она изучила кариотипы лиственниц сибирской, Гмелина и Чекановского, мейоз у этих видов, кариотип ели сибирской, впервые обнаружила добавочные, или В-хромосомы у хвойных. За этот период были разработаны новые методы кариологического анализа, изучено большое число видов и популяций в различных эколого-географических условиях, виды и отдельные особи в условиях интродукции. В настоящем сообщении кратко представлены полученные результаты.

Материал и методика

Материалом для исследований являлись семена хвойных, собранные в разных популяциях и местообитаниях. В некоторых случаях использовали молодую растущую хвою. Для проведения кариологического анализа использовались общепринятые методики с собственными модификациями применительно к хвойным растениям. Для получения препаратов хромосом проростки семян обрабатывались 0,5 %-ным раствором колхицина в течение 6-8 часов, фиксировались спиртово-уксусной смесью 3:1 и окрашивались ацетогематоксилином. Хромосомы изучали на давленных препаратах, приготовленных стандартным способом. При изучении мейоза у сосны обыкновенной и пихты сибирской материалом служили микростробилы, которые собирали и фиксировали в мае. В качестве фиксатора также использовали спиртово-уксусную смесь, в качестве красителя – ацетогематоксилин. Анализировали делящиеся микроспороциты на разных стадиях мейоза. Исследования проводили с помощью микроскопа МБИ-6. Соматические и генеративные клетки фотографировали на фотопленку «Микрат», хромосомы измеряли на микрофотографиях.

Результаты и обсуждение

Изученные виды относятся к четырем родам семейства *Pinaceae*: *Larix* – лиственница (8 видов), *Pinus* – сосна (18 видов), *Picea* – ель (17 видов), *Abies* – пихта (7 видов) и трем родам семейства *Cupressaceae*: *Juniperus* – можжевельник (1 вид), *Thuja* – туя (1 вид), *Microbiota* – микробиота (1 вид). К настоящему времени нами исследовано 48 видов (включая 6 межвидовых гибридов, 3 подвида и 14 внутривидовых форм). В общей сложности исследования проводились более чем для 250 происхождений хвойных из разных стран (Россия, Казахстан, Швейцария, Япония, Монголия, Чехия, Грузия, КНДР, Киргизия и др.). Проведен монографический кариосистематический обзор семейства *Pinaceae*. Получены материалы, расширяющие существовавшие ранее представления о структуре кариотипа в норме и аномалиях, об организации и эволюции кариотипа хвойных. Изучены кариологические особенности ряда видов и внутривидовых форм, ранее не исследованных кариологически, а также отдельных деревьев с аномалиями роста и развития. Для многих видов установлены новые (неизвестные ранее) числа хромосом, найдены добавочные хромосомы, выявлены полиплоидия, миксоплоидия и анеуплоидия, обнаружен широкий спектр хромосомных аномалий. Исследования проводятся в оптимальных и экстремальных условиях, в антропогенно нарушенных экосистемах. В результате исследований выявлено кариотипическое разнообразие видов *Larix*, *Pinus*, *Picea* и *Abies*, *Juniperus* [5, 11, 12, 14, 15, 1, 7, 10, 3].

Из группы кедровых сосен проанализировано четыре вида: *P. sibirica* Du Tour, *P. koraiensis* Siebold et Zucc., *P. pumila* (Pall.) Regel и *P. cembra* L. Несколько исследованных видов относятся к группе *Sylvestres*, среди которых наиболее подробно изучена сосна обыкновенная (*P. sylvestris* L.). Изучены также *P. densiflora* Siebold et Zucc., *P. thunbergii* Parl. и *P. funebris* Kom., *P. eldarica* Medw. Кариотипы сосен содержат 24 хромосомы ($2n = 24$). У кедровых сосен имеется 11 пар симметричных (метацентрических) и одна пара асимметричных хромосом – субметацентрических или близких к ним. У сосен группы *Sylvestres* имеется десять пар симметричных и две пары асимметричных хромосом. Установлено, что виды сосен различаются по числу и локализации вторичных перетяжек. Определены числа хромосом нескольких европейских видов сосен (*P. pityusa* Steven, *P. mugo* Turra), у ряда сосен при интродукции в условиях дендрариев, парков и лесных питомников (*P. monticola* Douglas ex D. Don, *P. peuce* Griseb., *P. pinaster* Aiton, *P. strobiformis* Engelm., *P. uncinata* Mill. ex Mirb., межвидовой гибрид *P. contorta* Dougl. ex Loud. x *P. banksiana* Lamb., *P. ponderosa* Laws.).

Кариотипы изученных видов рода *Picea* включают 8 пар длинных метацентрических, две пары коротких метацентрических и 2 пары коротких субметацентрических хромосом. Кроме обычных хромосом набора, или А-хромосом, кариотипы изученных видов ели могут включать одну или несколько В-хромосом. У *P. schrenkiana* Fisch. et C. A. Mey., *P. jezoensis* (Siebold et Zucc.) Carr., *P. pungens* Engelm., *P. x fennica* (Regel) Kom. и *P. breweriana* Wats. встречается 1 В-хромосома ($2n = 24+1B$), у *P. koyamae* Shiras. и *P. engelmannii* (Parry) Engelm. – 1-2 ($2n = 24+1-2B$), у *P. ajanensis* (Lindl. et Gord.) Fisch. ex Carrière и *P. meyeri* Rehder et E. H. Wilson – 1-3 ($2n = 24+1-3B$), у *P. obovata* Ledeb. – 1-4 ($2n = 24+1-4B$), у *P. glehnii* (F. Schmidt) Mast. 1-5 В-хромосом ($2n = 24+1-5B$). У *P. breweriana*, *P. pungens* и *P. schrenkiana* В-хромосомы найдены нами впервые. У *P. crassifolia* Kom., *P. koraiensis* Nakai, *P. mariana* (Mill.) Britton et al., *P. omorica* (Pančić) Purk., *P. abies* (L.) H. Karst. и *P. asperata* Mast. В-хромосом не обнаружено ($2n = 24$). Среди хвойных уже известно около 30 видов с В-хромосомами; более половины из них относятся к роду *Picea*.

Среди представителей рода *Larix* изучены *L. sibirica* Ledeb., *L. sukaczewii* Dylis, *L. gmelinii* (Rupr.) Rupr., *L. cajanderi* Mayr, *L. ochotensis* Kolesn. и *L. x amurensis* Kolesn. Диплоидный набор лиственниц включает 24 хромосомы ($2n = 24$). В кариотипах содержится шесть пар симметричных (метацентрических) и шесть пар асимметричных (субмета- или интерцентрических) хромосом. У *L. gmelinii* и *L. sibirica* найдено по одной добавочной хромосоме ($2n = 24+1B$). Кроме этих видов, кариотипы которых изучались детально, были определены числа хромосом *L. x czekanowskii* Szafer и *L. decidua* Mill.

Среди представителей рода *Abies* изучены следующие виды: *A. alba* Mill., *A. sibirica* Ledeb., *A. lasiocarpa* (Hook.) Nutt., *A. holophylla* Maxim., *A. sachalinensis* Fr. Schmidt., *A. semenovii* B. Fedtsch., *A. veitchii* Lindl. Кариотипы представителей рода *Abies* включают 7 пар метацентрических и 4 пары субмета- и субacroцентрических хромосом.

Кариологическое изучение можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis* L.) показало, что кариотип данного вида содержит 22 хромосомы ($2n = 22$). Все хромосомы метацентрические, среди которых одна пара близка к субметацентрическому типу. Установлены также числа хромосом еще двух представителей семейства *Cupressaceae* – *Thuja orientalis* L. и *Microbiota decussata* Kom.

Проведенные исследования показали, что основные различия кариотипов хвойных заключаются в числе и локализации вторичных перетяжек. Район вторичной перетяжки является очень важным в функциональном отношении локусом хромосомы. У большинства эукариот в этих локусах локализуются гены рибосомной РНК и формирования рибосом [8, 13]. Морфологическим выражением активности этих генов является образование ядрышек в телофазе митоза. Ядрышкообразующие районы в настоящее время являются наиболее изученными локусами в отношении их структуры и функции. Прямыми методами флуоресцентной гибридизации рРНК и ДНК (FISH) установлено, что у хвойных в ядрышковом организаторе находятся активно транскрибирующие гены 18S и 25-26S рРНК [16 и др.].

Существуют методики окрашивания препаратов азотнокислым серебром; они позволяют выявить функционирующие рибосомные гены на хромосомах. Эта методика была разработана и впервые применена нами для окрашивания хромосом хвойных. С помощью данного метода установлено, что у видов *Larix* и *Picea* стабильно окрашиваются не только вторичные перетяжки, но и теломеры некоторых хромосом. Можно предположить, что у видов хвойных в теломерных районах локализованы дополнительные ядрышкообразующие локусы; они функционируют в экстремальных случаях или при ослаблении работы основного ядрышкового организатора.

До конца 70-х годов кариотипы хвойных считались стабильными. Но это объясняется лишь слабой кариологической и цитогенетической изученностью растений данной группы к тому времени. Проведенные исследования разных популяций сибирских видов хвойных выявили большое кариотипическое разнообразие и большое число хромосомных мутаций. Установлено, что в оптимальных условиях хромосомные аномалии наблюдаются очень редко. В популяциях у границ ареалов, в экстремальных условиях существования, обнаруживаются отклонения в числе хромосом и

изменение их морфологии, повышается встречаемость вторичных перетяжек и хромосомных перестроек. У сосны обыкновенной у южной и северной границ ареала выявлен широкий спектр хромосомных мутаций – кольцевые и полицентрические хромосомы, делеции, фрагменты, нарушения спирализации хромосом, множественные нарушения. У этих же деревьев имеются нарушения митоза и мейоза. Хромосомные перестройки найдены у лиственницы сибирской в Казахстане, Монголии, Хакасии, Туве, у лиственницы Сукачева на Южном Урале, в южных популяциях лиственницы Гмелина, северных популяциях кедрового стланика, ели сибирской, у пихты сибирской в горах Хамар-Дабана и в Саянах. У изученных видов сосны, лиственницы, ели и пихты отмечены геномные мутации, такие как анеуплоиды, миксоплоиды (чаще всего $2n = 24, 36, 48$), иногда полиплоиды. У пихты сибирской выявлены отдельные случаи соматической редукции хромосом (гаплоидное число хромосом).

Большое внимание уделяется кариологическому и цитогенетическому изучению болотных и суходольных популяций хвойных Западной Сибири (Томская область), искусственных насаждений, деревьев с аномалиями роста и развития. Проведено детальное кариологическое исследование основных лесообразующих видов – пяти представителей сем. *Pinaceae* – сосны обыкновенной, кедра сибирского, лиственницы сибирской, ели сибирской и пихты сибирской, а также одного из распространенных видов подлеска – можжевельника обыкновенного (сем. *Cupressaceae*). Отличительными особенностями кариотипов хвойных болотных популяций по сравнению с суходольными являются увеличение числа и встречаемости вторичных перетяжек в хромосомах, а также ядрышек в интерфазных ядрах. У всех изученных видов, как с суходола, так и с болота, выявлена миксоплоидия, у некоторых видов – анеуплоидия. Кроме того, болотные популяции характеризуются высокой встречаемостью хромосомных мутаций и патологий митоза и их широким спектром. В искусственных насаждениях сосны обыкновенной на осушенном евтрофном болоте обычна миксоплоидия и высокая частота патологических митозов.

По современным представлениям, в эволюции голосеменных основную роль играет генный тип мутагенеза при сохранении основных морфологических характеристик кариотипа – числа хромосом и их размеров [2]. Однако анализ накопленных сведений, в том числе и полученных нами результатов показывает, что изменчивость числа и морфологии хромосом имеет определенное эволюционное и адаптивное значение в данной систематической группе растений. В результате проведенных исследований установлено, что у хвойных в условиях природной экстремальности (у границ видовых ареалов и за их пределами, в болотных и горных экотопах), а также при антропогенных воздействиях широко распространены хромосомные нарушения.

Работа поддержана грантами РФФИ (№ 08-04-00034), РФФИ-БелРФФИ (№ 08-04-90001), интеграционными проектами СО РАН, выполняемыми совместно с УрО РАН (№ 49) и с ДВО РАН (№ 76).

ЛИТЕРАТУРА

1. Владимирова О.С. Добавочные хромосомы хвойных (на примере представителей рода *Picea* A. Dietr.): Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 2002. 23 с.
2. Гриф В.Г. Мутагенез и филогенез растений // Цитология, 2007, т. 49, 6. С. 433-440.
3. Квитко О.В. Цитогенетическая и кариологическая характеристика пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.): Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 2009. 19 с.
4. Круклис М. В. Добавочные хромосомы у голосеменных (на примере *Picea obovata* Ldb.) // Докл. АН СССР, 1971, т. 196, 5. С. 1213-1216.
5. Круклис М. В., Милютин Л. И. Лиственница Чекановского. М.: Наука, 1977. 211 с.
6. Правдин Л. Ф. Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция. М.: Наука, 1964. 191 с.
7. Картюк Т. В. Кариология рода *Picea* A. Dietr. в азиатской части ареала: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 2004. 16 с.
8. Кикнадзе И. И. Функциональная организация хромосом. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1972. 211 с.
9. Круклис М.В. Лиственница Чекановского (*Larix czekanowskii* Sz.). Морфогенез, эмбриология, цитогенетика: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05. Красноярск: Ин-т леса и древесины СО АН СССР, 1975. 25 с.
10. Михеева Н. А. Морфолого-анатомические и кариологические особенности можжевельника обыкновенного *Juniperus communis* L. в гидроморфных и суходольных условиях произрастания: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 2006. 18 с.
11. Муратова Е. Н. Кариологическое исследование кедровых сосен Сибири и Дальнего Востока: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.17. Новосибирск: Ин-т цитологии и генетики СО АН СССР, 1982. 16 с.
12. Муратова Е. Н. Кариосистематика семейства *Pinaceae* Lindl. Сибири и Дальнего Востока: Автореф. дис. ... докт. биол. наук: Новосибирск: Центр. сиб. ботан. сад СО РАН, 1995. 32 с.
13. Прокофьева-Бельговская А.А. Гетерохроматические районы хромосом. М.: Наука, 1986. 431 с.
14. Седельникова Т.С. Особенности генеративных органов и кариотип сосны обыкновенной в экосистемах лесных болот и суходолов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 1995. 26 с.
15. Седельникова Т.С. Дифференциация болотных и суходольных популяций видов семейства *Pinaceae* Lindl.:

- Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Томск: Томский гос. ун-т, 2008. 35 с.
16. Brown G. R., Carlson J. E. Molecular cytogenetics of the genes encoding 18s-5.8-26s rDNA and 5s rRNA in two species of spruce (*Picea*) // Theor. and Appl. Genetics, 1997, vol. 95, 1-2. Pp. 1-9.

УДК 58.08:581.14

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЭТАПОВ ЛЕСООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

С.А. НИКОЛАЕВА, Д.А. САВЧУК

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск

АННОТАЦИЯ

Предложено проводить исследование сукцессий лесных сообществ, используя совместно статические подходы и методы, существующие в лесоведении, и дендрохронологические методы исследования динамики древесных организмов. Этапы восстановительно-возрастного развития лесного сообщества и их границы, выделенные по его качественным признакам на момент наблюдения, совмещаются с этапами роста деревьев, выделенными по ретроспективной динамике вегетативной и генеративной сфер деревьев.

При изучении сукцессий лесной растительности используются два основных метода: динамический и статический. Первый метод применяется на постоянных пробных площадях, на которых проводятся периодические замеры различных параметров. Он дает реальное представление о ходе лесообразовательного процесса, но требует большой продолжительности реализации. Второй метод предполагает сравнительный анализ пространственных рядов и их трансформацию во временные. Он позволяет быстро наметить этапы развития сообществ. Последнее является сложным и субъективным процессом, поскольку выделение этапов и переходов между ними осуществляется экспертно [1, 3, 4]. Учитывая то, что большинство исследований восстановительно-возрастной динамики лесных сообществ [4 и др.] проведено с помощью статического метода, использование новых подходов и методов при изучении лесообразовательного процесса имеет важное теоретическое и прикладное значение. Мы предлагаем параллельно со статическими использовать и дендрохронологические методы с анализом различных временных серий (приросты ствола в высоту, по радиусу и площади кольца, динамика количества ежегодно образующихся побегов и генеративных органов и т.п.) [2, 5 и др.]. Данный подход был апробирован на деревьях и ценопопуляциях кедра сибирского из сообществ восстановительно-возрастного ряда кедровников зеленомошных на юге подзоны средней тайги Западной Сибири (Кеть-Чулымское междуречье).

Выделение этапов развития (периоды и фазы) восстановительно-возрастной динамики лесных сообществ в момент наблюдения обычно осуществляется по каким-либо качественным признакам. В качестве границ между этапами авторы предлагают использовать смену доминантных или эдификаторных видов либо другие контрастные изменения в динамике сообществ [4 и др.]. В восстановительно-возрастном ряду кедровников зеленомошных выделяется 4 периода (I – восстановления, II – стабилизации и III – распада первого послепожарного поколения, IV – стабилизации второго послепожарного поколения) и 8 фаз развития (рис. 1А, Б). Запас и урожайность древостоев кедра возрастают в I периоде, держатся на стабильно высоком уровне во II, падают в III за счет деревьев первого послепожарного поколения, затем опять возрастают в IV периоде за счет деревьев последующих послепожарных поколений (рис. 1А, В, Г). Участие деревьев кедра разных онтогенетических групп в составе древостоя также закономерно изменяется во времени (рис. 1Б).

Специфику накопления стволовой биомассы древостоем в ходе восстановительно-возрастного развития лесных сообществ лучше отражает динамика прироста по площади поперечного сечения ствола (Z_s). Для выделения на кривой Z_s участков со сходной динамикой изменения прироста она строится в полулогарифмической шкале (рис. 1Д, Е). Отрезки кривой Z_s , однородные по закономерностям роста, т.е. по уровню (величина прироста, или скорость роста), темпу (угол наклона тенденций прироста к оси абсцисс, или ускорение роста) изменений или характеру флуктуаций (амплитуда и длина циклов) прироста, ограничиваются параллельными прямыми, которые проводятся по максимальным и минимальным значениям прироста. Они соответствуют этапам роста [5] изучаемого объекта.

Переход от одного этапа роста к другому сопровождается изменением формы кривой, когда на этом участке фиксируются изменения хотя бы одного из показателей однородности прироста. Нами было выделено два типа и пять подтипов переходов [2]. В течение этапов роста отношения между средой и объектом определенным образом стабилизированы или меняются с некоторой постоянной скоростью, а переход от одного этапа роста к другому может означать сдвиг либо во внутренних механизмах роста,

либо во внешних условиях [5 и др.].

В дальнейшем проводится сопоставление этапов развития сообщества, выделенным по морфологическим признакам, с этапами роста деревьев, их групп и древостоя в целом, выделенным по дендрохронологическим данным. Установлено, что существуют определенные соответствие и степень синхронности между ростом и развитием различных частей дерева, между ростом и развитием отдельных компонентов (деревьев) в сообществе и развитием сообщества как единого целого [2, 5 и др.].

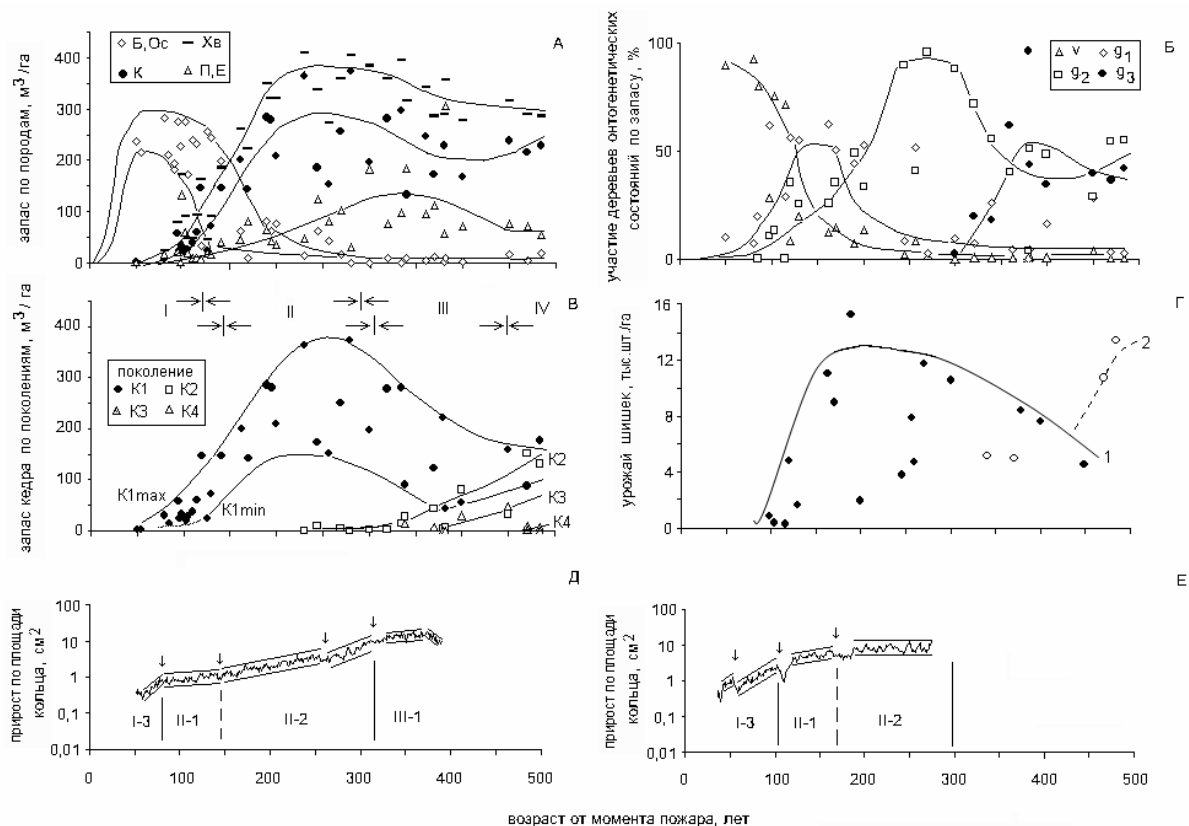


Рис. 1. Изменчивость показателей древостоев в ходе восстановительно-возрастной динамики кедровников зеленомошных Кеть-Чулымского междуречья. А – запас по породам и группам пород, Б – участие деревьев разных онтогенетических состояний в составе древостоя по запасу (v – виргинильное, g1 – молодое генеративное, g2 – зрелое генеративное, g3 – старое генеративное), В – запас кедров по поколениям (K1-K4 – поколения, K1max и K1min – линии проведены по максимальным и минимальным значениям у 1-го поколения) и I-IV – периоды развития кедровников, Г – урожайность шишек (1 – потенциально возможный максимальный, 2 – предполагаемый), Д, Е – прирост по площади поперечного сечения ствола в 325- и 240-летнем кедровнике соответственно и I-3, II-1, II-2, III-1 – периоды и фазы развития сообщества

У деревьев кедров прослеживаются связи между этапами роста ствола и интенсивностью формирования кроны, началом и интенсивностью плодоношения. При этом у деревьев нормальной жизненности смена тенденций прироста ствола отражает совпадение по времени двух процессов: появление новых структур (боковых побегов, репродуктивных органов и т.п.) и высокую скорость их формирования. У таких деревьев по переходу от одного этапа роста к другому можно диагностировать и переход к следующему этапу развития, т.е. смену онтогенетического состояния [2]. Закономерная длительность этапов роста и этапов развития, обусловленная внутренними факторами, корректируется внешними факторами, в результате одному этапу развития особей нормальной жизненности может соответствовать несколько этапов роста (1-5) с переходами между ними.

Границы этапов роста, выявленные для представительного множества деревьев, будут маркировать определенные события в жизни деревьев и древостоев и соответственно лесных сообществ в целом [5]. Синхронная смена этапов роста у большинства деревьев совпадает с изменением и других параметров древостоя во времени, например, его густоты [2 и др.]. Поэтому особенности роста и развития деревьев и ценопопуляций кедров сибирского будут отражать основные особенности восстановительно-возрастной динамики кедровников зеленомошных.

В исследованных нами сообществах взрослые деревья кедров разного фитоценотического положения растут и развиваются достаточно синхронно по времени. В многолетней динамике это проявляется в близких по времени переходах от одного этапа роста к другому у большинства деревьев.

При этом деревья кедрового одного поколения из сообществ восстановительно-возрастного ряда кедровников зеленомошных обычно представлены одним или двумя соседними онтогенетическими состояниями (рис. 1Б). Внутренними факторами синхронизации смены этапов роста у деревьев одной ценопопуляции могут быть закономерности в накоплении биомассы деревьями в ходе их онтогенеза и перестройка структуры сообществ при восстановительно-возрастном развитии кедровников. Такие смены отражают «одномоментные» и «массовые» изменения в фитоценологических отношениях между видами и в экологической обстановке в лесу, т.е. при переходе от одного этапа развития сообщества к другому. В результате большинство деревьев кедрового практически одновременно переходит в следующее онтогенетическое состояние [2].

На внутренние закономерности роста накладываются внешние факторы, которые на разных временных отрезках развития деревьев и лесных сообществ синхронизируют их рост по-разному. Если деревья находятся в самом конце какого-либо этапа роста, то достаточно сильные внешние воздействия, например, понижение температуры в 1820 – 1830-х гг., могут ускорить или притормозить переход от этого этапа роста к следующему у большинства деревьев сообщества, тем самым синхронизируя его (рис. 1Е). Аналогичные воздействия на деревья и ценопопуляции кедрового, находящиеся в относительно устойчивом состоянии, в пределах одного этапа роста и развития обычно не вызывают существенного изменения текущего прироста деревьев, который остается в границах существующего «коридора» тенденций этого этапа роста и не приводит к его смене. Смена этапов роста у дерева или сообщества осуществляется при их внутренней готовности к такой смене, а внешние лимитирующие факторы, если они воздействуют массово, только синхронизируют такие смены.

Совместный анализ особенностей динамики показателей роста и генеративной деятельности деревьев кедрового и их ценопопуляций, закономерностей их онтогенеза и восстановительно-возрастной динамики кедровников позволяет идентифицировать этапы роста (однородные по тенденциям Z_s) с определенными онтогенетическими состояниями эдификатора и этапами развития сообщества, а переходы – с границами между ними [2 и др.]. При этом синхронность в смене этапов роста представительного количества деревьев ценопопуляции может использоваться как один из диагностических признаков изменения онтогенетического состояния большинства неугнетенных деревьев в сообществе, а также перехода к следующему этапу формирования лесного сообщества. В итоге ретроспективно датируются границы онтогенетических состояний деревьев и этапов развития сообществ и, следовательно, определяется их продолжительность в конкретных условиях местопрорастания. Продолжительность периодов и фаз восстановительно-возрастного развития кедровников зеленомошных Кеть-Чулымского междуречья представлена ниже (табл. 1).

Таблица 1. Длительность этапов восстановительно-возрастной динамики кедровников зеленомошных Кеть-Чулымского междуречья (в пределах Томской области)

Периоды и фазы развития лесных сообществ	Онтогенетические состояния 1-го послепожарного поколения кедрового	Продолжительность этапа, лет	Время окончания этапа, лет*
I – восстановление		90-160	90-160
I-1	sm, p, j, im	15-20	15-20
I-2	im, ед. v	50-80	70-100
I-3	v, ед. g ₁	30-60	90-160
II – стабилизация		170-180	290-300
II-1	g ₁ , v, ед. g ₂	50-60	150-200
II-2	g ₂ , ед. g ₃ , g ₁ и g ₂ /v	100-150	280-310
III – распад		90-120	450-460
III-1	g ₃ , g ₂ , ед. g ₃ /v	50	370-380
III-2	g ₃ , g ₂ , ед. g ₃ /v	40-60	450-460
IV – стабилизация	g ₃ , g ₂ , ед. g ₁ , g ₂ /v		более 520

*с момента пожара. Онтогенетическое состояние: sm – семена, p – предъювенильное, j – ювенильное, im – имматурное, v – виргинильное, g₁ – молодое генеративное, g₂ – зрелое генеративное, g₃ – старое генеративное, g₂/v, g₃/v – взрослое вегетативное и «мужское» генеративное [2]

Таким образом, предложенный комплексный подход к реконструкции развития деревьев и древостоев позволяет ретроспективно оценивать этапы роста и этапы развития древесных объектов (особь, популяция, сообщество): датировать границы этапов, определять их продолжительность, качественно и количественно описывать каждый этап и весь жизненный цикл дерева и лесного сообщества.

ЛИТЕРАТУРА

- Исаев А.С., Суховольский В.Г., Бузыкин А.И., Овчинникова Т.М. Сукцессионные процессы в лесных сообществах: модели фазовых переходов // Хвойные бореальной зоны, 2008, т. 25, 1-2. С. 9-15.
- Николаева С.А., Савчук Д.А. Комплексный подход и методика реконструкции роста и развития деревьев и лесных

- сообществ // Вестник Томск. гос. ун-та. Биология, 2009, 2 (6).
3. Рысин Л.П., Вакуров А.Д., Павлова В.Ф. Значение постоянных пробных площадей в лесоводственных исследованиях // Лесоведение, 1981, 1. С. 60-66.
 4. Смолоногов Е.П. Эколого-географическая дифференциация и динамика кедровых лесов Урала и Западно-Сибирской равнины (эколого-лесоводственные основы оптимизации хозяйства). Свердловск: УрО АН СССР, 1990. 286 с.
 5. Фильрозе Е.М. Выявление и оценка этапов роста деревьев и насаждений // Дендрохронологические методы в лесоведении и экологическом прогнозировании. Иркутск: Без изд-ва, 1987. С. 206-208.

УДК 630*

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ДЕНДРОКЛИМАТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ЭКОСИСТЕМНОМ УПРАВЛЕНИИ

Н.А. ПЕТРОВА¹, В.В. ШИШОВ^{1,2}

¹Красноярский государственный торгово-экономический институт, Красноярск

²Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Данная работа представляет собой обзорную информацию об интерактивной системе дендроклиматического мониторинга. Спроектированная система является частью системы экологического мониторинга Российской Федерации. Целью ее создания является полуавтоматическая обработка и анализ дендроклиматических данных, полученных с климатических станций, расположенных на территории РФ.

Дендроклиматология, являясь направлением дендрохронологии, занимается изучением взаимосвязей между годичными кольцами деревьев и метеорологическими величинами. Поскольку некоторые деревья живут многие сотни и даже тысячи лет, мы сталкиваемся с большим объемом дендроклиматических данных. В связи с этим появляется необходимость в полуавтоматической обработке полученной информации с целью её дальнейшего анализа (анализ функции отклика древесных растений на изменение климатических факторов, моделирование годичного прироста деревьев по ведущим климатическим факторам на основе VS-модели и др.). Спроектированная интерактивная система дендроклиматического мониторинга позволяет вести именно такой, комплексный, анализ дендроклиматической информации [7].

Основной составляющей системы является обновляемая база первичных дендрохронологических и дендроклиматических данных, полученных с более чем 300 дендроклиматических тест-полигонов и с более чем 400 климатических станций, расположенных на территории Российской Федерации (рис. 1).

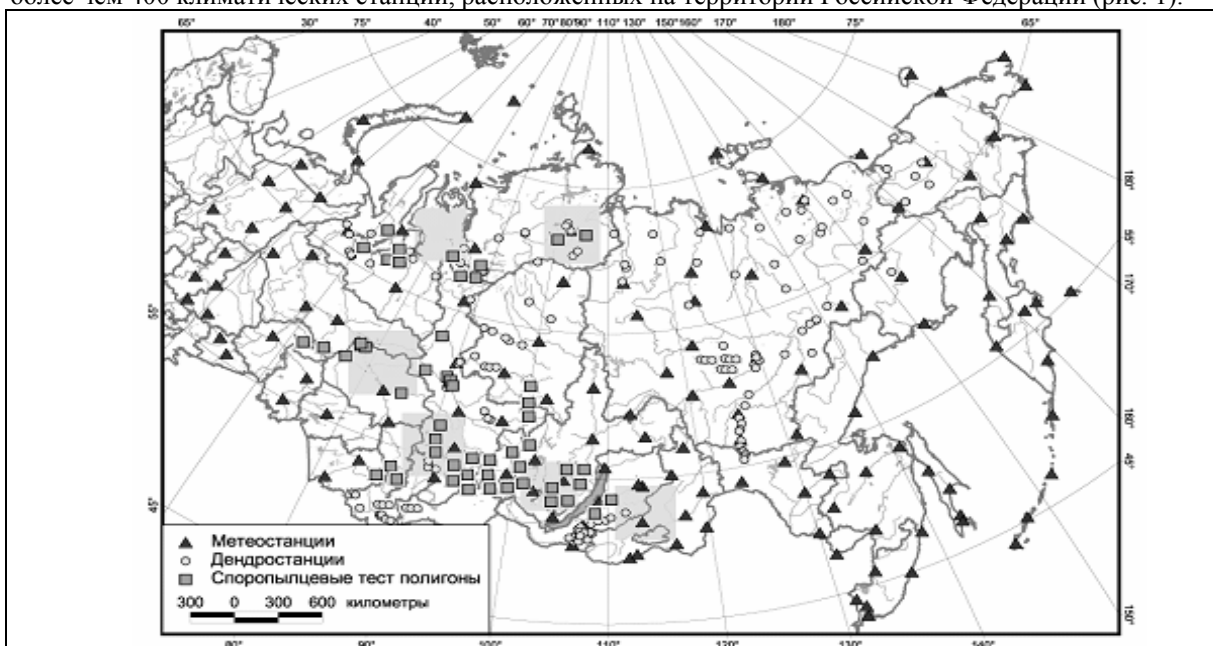
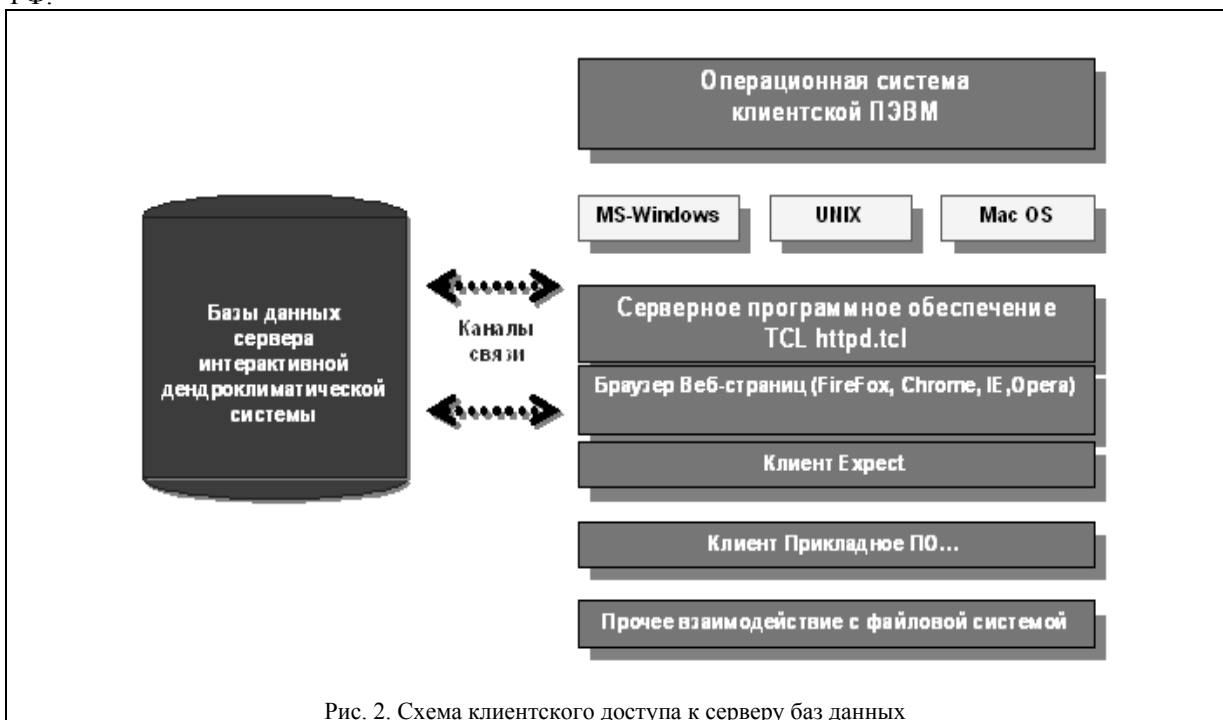


Рис. 1. Пространственное распределение дендрохронологических тест-полигонов (участков), метеорологических станций и споро-пыльцевых тест-полигонов, включенных в систему дендроклиматического мониторинга России

Такую систему дендроклиматического мониторинга можно отнести к системам поддержки принятия решений, которые позволяют автоматизировать решение проблем (в нашем контексте проблем обработки и анализа дендроклиматических данных) и тем самым решать сложные задачи в полуавтоматическом режиме с минимальными затратами по времени (в настоящее время нет общепринятого определения систем поддержки принятия решений, поскольку их конструкция существенно зависит от вида задач, для решения которых она разрабатывается, от доступных данных, информации и знаний, а также от пользователей системы).

Говоря о функциональных возможностях и особенностях интерактивной системы, следует отметить, что доступ к базе данных организован с использованием клиентского интерфейса доступа. Такая организация доступа позволяет осуществлять запросы, касающиеся информационного поиска дендроклиматических и дендрохронологических данных и их обработки (рис. 2). Поиск информации выполняется по географическим координатам климатических станций, расположенных на территории РФ.



С точки зрения технических характеристик системы отметим, что в качестве сервера приложений используется продукт TclHttpd – Web-сервер, полностью написанный на языке Tcl². Он может использоваться и как независимый сервер, и в качестве базового инструмента для создания серверных приложений. Tcl также позволяет управлять приложениями из других программ, существенно упрощая тем самым их интеграцию. Особенностью рассматриваемой интерактивной системы считается использование технологии Expect, которая является расширением к Tcl для неграфических интерактивных унаследованных приложений и используется для интеграции последних [4].

Спроектированная интерактивная система дендроклиматического мониторинга позволяет проводить комплексный анализа дендроклиматической информации, предполагает широкое применение в различных областях исследований (экологии, биогеографии, а также в качестве приложений при решении задач физики, экономики, социологии) и является неотъемлемой частью системы экологического мониторинга Российской Федерации [1, 2, 3, 5, 6, 8].

Такие системы могут стать информационной основой при решении задач, связанных с выявлением и анализом системных связей и закономерностей в приросте древесных растений в связи с меняющимся климатом на территории РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ваганов Е.А. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике / Е.А. Ваганов, С.Г. Шиятов, В.С. Мазепа. Новосибирск: Наука, 1996. 244 с.

² Tcl (от англ. Tool Command Language) – скриптовый язык высокого уровня; данными всех типов, включая код программы, можно манипулировать как строками.

2. Ваганов Е.А. Важность дендрохронологических и дендрогидрологических исследований в изучении глобальных и региональных проблем / Е.А. Ваганов, С.Г. Шиятов // Сиб. экол. журн., 1999, т. 6, 2.
3. Ваганов Е.А. Длительные климатические изменения в арктической области Северного полушария / Е.А. Ваганов, К.А. Бриффа, М.М. Наурзбаев, Ф.Г. Швейнгрубер, С.Г. Шиятов, В.В. Шишов // ДАН, 2000, т. 375, 1. С. 103-106.
4. К. Хоббс Дж. Практическое программирование на Tc1 и Tk / Дж. К. Хоббс, Дж. Уэлли Б. Вильямс, 2004. 1136 с.
5. Шишов В.В. Пространственная изменчивость прироста древесных растений на территории Сибири в последнем столетии / В.В. Шишов, Е.А. Ваганов, М.К. Хьюз, М.А. Корец // ДАН, 2002, т.387, 5. С. 690-693.
6. Шишов В.В. Анализ изменчивости радиального прироста древесных растений на территории севера Евразии в последние десятилетия / В.В. Шишов, М.М. Наурзбаев, Е.А. Ваганов, А.Б. Ивановский, М.А. Корец // Известия РАН. Сер. географ., 2007, 3. С. 49-59.
7. Шишов В.В. Интерактивная информационная система дендроклиматического мониторинга / В.В. Шишов, В.А. Ильин, Н.А. Петрова // Вестник СибСАУ, 2009 (принята в печать).
8. Шиятов С.Г. Методическая основа организации системы дендроклиматического мониторинга в лесах азиатской части России / С.Г. Шиятов, Е.А. Ваганов // Сиб. экол. журн., 1998, т. 5, 1. С. 31-38.

УДК 630*582.47:571.1

ОЦЕНКА ПОЛИМОРФИЗМА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В КОНТРАСТНЫХ УСЛОВИЯХ ЛЕСНЫХ БОЛОТ И СУХОДОЛОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А.В. ПИМЕНОВ, Т.С. СЕДЕЛЬНИКОВА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты изучения репродуктивных особенностей внутривидовых форм сосны обыкновенной в болотных и суходольных условиях произрастания.

К числу современных методов изучения структуры и динамики лесного покрова относится комплексная оценка внутривидового полиморфизма древесных растений. В его методологическую основу положено эмпирически обоснованное представление о том, что уровень полиморфизма в популяциях древесных растений в значительной степени определяется исторической и пространственной неоднородностью экологических условий их местопроизрастания. При этом функциональные особенности структурных элементов популяции (морфотипов), отражая адаптивную реакцию вида, характеризуют экологическое прошлое занимаемых ею территорий. В данном контексте оценка формового разнообразия может рассматриваться как «визитная карточка» вида, позволяющая прогнозировать его реакцию на определенные стресс-воздействия при различных биоклиматических сценариях будущего.

В России к числу видов, репрезентативно демонстрирующих состоятельность формулируемого методического подхода, относится сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) – экологически эвривалентный вид, играющий в лесоболотных комплексах Западно-Сибирской равнины основную структурообразующую и продукционную роль. Высокие уровни экотопического разнообразия и абиотической экстремальности болотных массивов определяют широкий спектр генетической изменчивости сосны обыкновенной, проявляющейся в виде большого числа интразональных форм и экотипов. Данная ситуация во многом обусловлена также микроразнообразными эффектами инбридингового характера – «изоляции» и «основателя», циклически повторяющимися в ходе сукцессионных серий открытых и лесных стадий развития гидроморфных комплексов. Болотные массивы Западной Сибири могут рассматриваться в качестве не только действующих «очагов» формообразования, но также и полигонов по сохранению внутривидового разнообразия вследствие долгосрочной экологической стабильности данных экосистем, характеризующихся высокими уровнями эдафической буферности и ценотической слаженности.

На протяжении 20 лет нами проводятся исследования полиморфизма сосны обыкновенной на болотах различных типов водно-минерального питания и минеральных суходолах таежной зоны Западно-Сибирской равнины. Группа олиготрофных болот включает в себя неосушенные сосняки Va-Vб классов бонитета кустарничково-сфагнового типа. Евтрофные болота характеризуются формациями осушенных сосняков III-IV классов бонитета крапивного, крапивно-кипрейного, мелкотравяно-зеленомошного типа. На суходолах формации сосняков III класса бонитета представлены лишайниковым и зеленомошным типами. Наряду с анализом морфолого-анатомических и продукционных характеристик деревьев различной формовой принадлежности осуществляется селекционно-цитогенетический мониторинг их семенного потомства, позволяющий оценить модифицирующее действие факторов среды и выявить скрытый генетический полиморфизм популяций. В качестве тест-критериев уровня

генетической изменчивости используются встречаемость и спектр хромосомных aberrаций, учитываемых с помощью ана-телофазного и метафазного методов.

В ходе экспедиционных исследований в болотных популяциях сосны обыкновенной выявлено высокое формовое разнообразие, главным образом, по особенностям генеративной сферы: форме апофизов шишек (плоская – *f. plana* Christ, выпуклая – *f. gibba* Christ, крючковатая – *f. reflexa* Heer), окраске микростробилов (желтопыльниковая – *f. sulfuranthera* Kozubow и краснопыльниковая – *f. erythranthera* Sanio) и семенной кожуры (светлоокрашенная – *f. leucosperma* Kurdiani, темноокрашенная – *f. melanosperma* Kurdiani и пестроокрашенная – *f. baliosperma* Kurdiani). Поскольку процент их участия в насаждениях различных экотопов неодинаков, индивидуальные особенности форм могут рассматриваться как проявления различных экологических стратегий, обеспечивающих устойчивую репродукцию вида в контрастных условиях произрастания. В частности, основной особенностью мужской генеративной сферы в низкотемпературных условиях болот является усиление синтеза антоцианов (краснопыльниковая форма), обеспечивающее ускоренное прохождение микроспорогенеза. В условиях крайнего пессимума (на олиготрофных болотах) частная формовая дифференциация нередко сопровождается общей морфологической нанонизацией (скоррелированным уменьшением размеров) генеративной сферы, снижающей энергетическую «стоимость» репродукции.

С позиций изучения структуры и динамики лесного покрова наиболее информативной составляющей внутривидового полиморфизма древесных растений является репродуктивная сфера. В этой связи основной акцент нами был сделан на анализе качественных характеристик семян внутривидовых форм сосны обыкновенной в болотных популяциях южнотаежной подзоны Западной Сибири (табл. 1). Установлено, что во всех экотопах более высокие значения энергии прорастания и всхожести семян свойственны желтопыльниковой форме. Особенно велики различия между формами по посевным качествам семян в оптимальных для вида условиях суходола. Выявленные различия по качеству семян между красно- и желтопыльниковой формами сосны обыкновенной позволяют рассматривать последнюю в качестве доминантного генотипа оптимальных условий произрастания, имеющего выраженное отклонение в женскую сферу сексуализации и обеспечивающего таким образом семенную репродукцию вида. Краснопыльниковая форма представляет собой, скорее всего, сопутствующий генотип пессимальных условий, имеющий отклонение в мужскую генеративную сферу, обеспечивающей стабильную репродукцию пыльцы в условиях более холодного и короткого вегетационного периода гидроморфных экотопов. Установлено, что качество семян различных цветосеменных форм сосны обыкновенной в древостоях олиготрофных и осушенных евтрофных болот отличается высоким уровнем экотопической изменчивости. В целом наиболее высоким качеством обладают темноокрашенные семена. Выявленная специфичность качественных характеристик различно окрашенных семян сосны обыкновенной в определенной степени объясняет тот факт, что в различных условиях произрастания формируются насаждения с определенным процентным соотношением деревьев со светло- и темноокрашенными семенами.

Таблица 1. Качество семян внутривидовых форм сосны обыкновенной в контрастных условиях произрастания

Формовые выборки	Энергия прорастания, %			Лабораторная всхожесть, %		
	песчаные суходолы	евтрофные болота	олиготрофные болота	песчаные суходолы	евтрофные болота	олиготрофные болота
Желтопыльниковая	52.0±2.76	-	27.9±2.76	62.2±2.26	-	34.4±1.57
Краснопыльниковая	12.5±0.78	-	20.2±1.15	23.8±1.86	-	28.9±3.30
Светлосемянная	-	55.0±24.09	27.0±14.3	-	69.3±19.72	65.7±10.9
Темноссемянная	-	42.7±3.93	31.0±5.77	-	71.7±5.84	76.7±1.45
Пестросемянная	-	39.3±6.12	42.0±10.8	-	61.7±8.1	74.3±9.3

Более тонким критерием диагностики репродуктивной сферы является цитогенетический метод. К настоящему времени подведены основные итоги популяционных исследований на уровне экотипов, начаты работы по морфотипам. В частности, установлено, что семенное потомство *Pinus sylvestris* на болотах характеризуется высокой (до 20 %) частотой встречаемости хромосомных мутаций: кольцевых и полицентрических хромосом, фрагментов. В ана-телофазных клетках корневых меристем (с частотой встречаемости до 30 %) представлен широкий спектр нарушений: неправильное расхождение хромосом, многополюсный митоз, выбросы хромосом за пределы пластинки, отстающие и забегающие хромосомы, одиночные и парные мосты, агглютинация хромосом. Патологии митоза у деревьев с аномалиями развития представлены мостами, отстающими хромосомами, С-митозом и другими типами нарушений.

Полученные материалы по особенностям внутривидовых форм сосны обыкновенной расширяют и дополняют ранее известные данные об их биологической специфике, позволяя осуществлять функционально-динамическую оценку роли той или иной формы на популяционном и ценоотическом уровнях. Показано, что популяции сосны обыкновенной, произрастающие на болотах Западной Сибири, отличаются широким спектром не только визуально диагностируемого, но и фенотипически скрытого (в

виде хромосомных мутаций) полиморфизма. Выявленные цитогенетические изменения, очевидно, носят не только деструктивный характер, но и являются адаптивной реакцией растений, повышающей генетическую лабильность популяций и расширяющей биоразнообразие хвойных.

Внутрипопуляционный полиморфизм, по всей видимости, является основным фактором, определяющим динамическую устойчивость вида в определенной части его ареала. Нередко складываются ситуации, когда в длительно стабильных условиях произрастания адаптивное преимущество получает какая-либо одна форма и односторонний вектор отбора приводит к формированию зачастую высокопродуктивной, но узкоспециализированной популяции с обедненным генофондом. Такие популяции, как правило, не адаптированы к различного рода стресс-воздействиям и быстро элиминируются под их влиянием. Подобной участи, как правило, избегают полиморфные популяции сосны обыкновенной, смещающие функциональную нагрузку от одной формы к другой в зависимости от экологической ситуации. Полагаем, что результаты проведенных нами исследований структуры популяций *Pinus sylvestris* позволяют рассматривать функциональную диагностику формового разнообразия древесных растений в качестве перспективного метода реконструкции былых и прогнозирования будущих биоэкологических ситуаций.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы президиума РАН «Биологическое разнообразие» (проект СО РАН № 23.2) и интеграционного проекта СО РАН – УрО РАН (проект СО РАН № 49).

УДК 630*426.1/43/431.1

ГИС-ОРИЕНТИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ ОТ ГРОЗ

Е.И. ПОНОМАРЁВ¹, В.А. ИВАНОВ²

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

²Сибирский государственный технологический университет, Красноярск

АННОТАЦИЯ

В работе обсуждается технология оперативной оценки рисков возникновения лесных пожаров от фактических молниевых разрядов. Предложенная технология ориентирована на использование возможностей геоинформационных систем (ГИС), в качестве информационных слоёв которых используются банки данных оперативного мониторинга лесных пожаров и молниевых разрядов.

Вопросы, связанные с влиянием гроз на статистику лесных пожаров, изучаются на протяжении многих лет [2-6, 9-13]. По разным оценкам, в течение пожароопасного сезона от молний возникает от 5 до 15 % лесных пожаров [2, 3, 6]. В отдельных публикациях приводятся данные о возникновении пожаров от гроз в 70 % случаев [4]. Эти цифры можно считать условными, так как объективные методы, позволяющие с достаточной степенью достоверности определить молниевые разряды причиной возникновения лесного пожара, сегодня только разрабатываются [1, 7].

В данной работе обсуждается технология оперативной оценки рисков возникновения лесных пожаров от фактических молниевых разрядов. Предложенная технология ориентирована на использование возможностей геоинформационных систем (ГИС), в качестве информационных слоёв которых используются банки данных оперативного мониторинга лесных пожаров (векторный полигональный слой), а также молниевых разрядов (векторный точечный слой).

Предлагаемая технология оценки рисков возникновения пожара от молниевых разрядов учитывает следующие параметры:

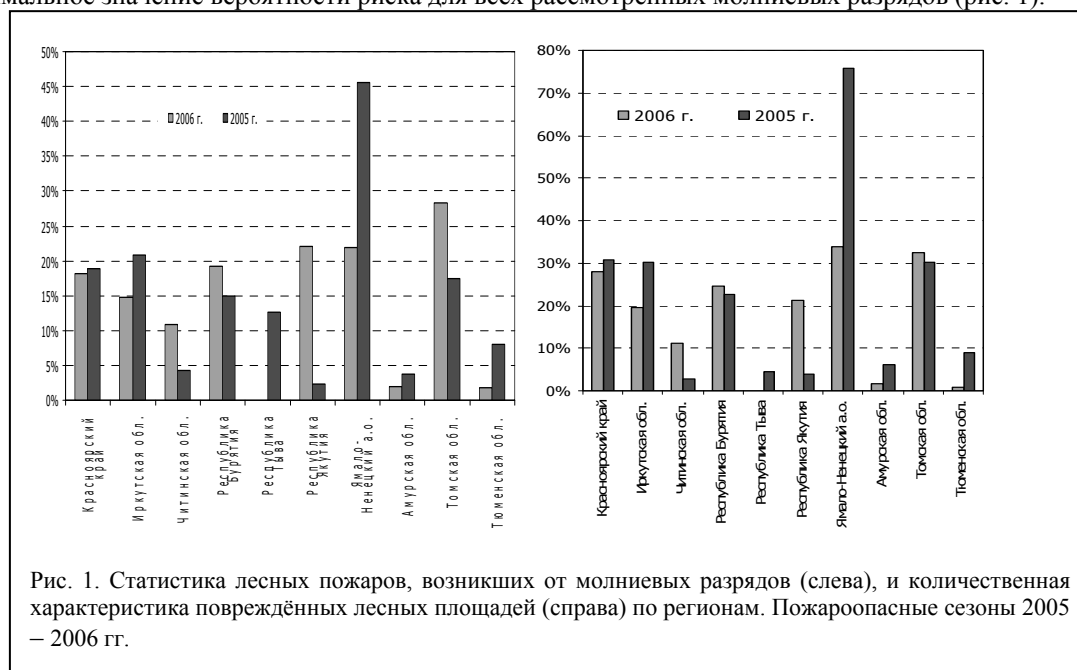
- координатную привязку пожаров и молний;
- временной интервал между датами обнаружения пожара и молний;
- интенсивность грозы, то есть количество разрядов в единицу времени, а также амплитудные значения разрядов;
- сезонную привязку к фенологическим периодам по широтным поясам.

Для вычисления вероятности рисков P предложено использовать модельное уравнение вида

$$P(r, \Delta t, n) = p_{\max} + \frac{1}{n+1} \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{r_i}{R}\right),$$

где r_i – расстояния от центра масс полигона пожара до точки пеленгации i -го молниевых разряда, n – количество молниевых разрядов, удовлетворяющих критерию $r < R$ и $t < \Delta t$, Δt – временной интервал

до момента обнаружения пожара после грозы (согласно литературным данным, этот показатель варьирует от 1 до 10 дней [2, 6]), R – радиус буферной зоны вокруг центра масс полигона пожара, p_{max} – максимальное значение вероятности риска для всех рассмотренных молниевых разрядов (рис. 1).



Дополнительно в процессе вычислений анализируются интенсивность грозовых разрядов и величина амплитуды молниевых разрядов. Используется также «сезонно-широтный» весовой коэффициент, который позволяет вносить поправку в значения вероятности рисков возникновения пожара от молний в зависимости от периода пожароопасного сезона и широтной локализации пожара.

Реализована ГИС-ориентированная программная утилита, выполняющая покомпонентный анализ базы данных пожаров, соответствующие вычисления и дополняющая базы данных лесных пожаров полем вероятности риска возникновения пожара от молниевых разрядов $P(x, y)$. Результат обработки сохраняется в выходном файле формата Dbase (dbf) и может быть экспортирован в новый информационный ГИС-слой, содержащий указанные дополнительные характеристики лесных пожаров.

Калибровка и валидация результатов работы предлагаемой технологии была проведена на примере выборки лесных пожаров, зафиксированных в 2006 году в Эвенкии (Красноярский край). Данная выборка была использована в качестве тестовой, так как представленные в ней лесные пожары возникли и развивались в экстремальных метеорологических условиях, когда все факторы, влияющие на возникновение пожаров от гроз, соответствовали своим максимальным значениям. Анализ полученных результатов показал, что значения вероятности риска возникновения пожаров от молниевых разрядов $P(x, y)$ целесообразно делить на три диапазона, выделенных в результате оптимизации работы программы:

- I диапазон: 0-0,5 вероятность низкая
- II диапазон: 0,5-0,7 вероятность выше среднего
- III диапазон: >0,7 вероятность высокая.

Данная градация использовалась при анализе всей базы данных лесных пожаров за 2005 и 2006 годы. Максимально эффективно предлагаемая технология разделяет базу данных по критерию «молниевые/иные» при использовании порогового значения 0,5, то есть при объединении II и III диапазонов вероятности для молниевых пожаров. Таким образом, получены количественные данные о пожарах на территории азиатской части России, возникновение которых могло быть вызвано природным фактором (молниевые разряды), а также сделана оценка лесных площадей, повреждённых в результате таких пожаров.

Из общего числа лесных пожаров, зафиксированных спутниковыми методами, доля пожаров, соответствующих высокой вероятности возникновения от молний, составляет 8,3 % и 9,2 % для пожароопасных сезонов 2005 г. и 2006 г. соответственно. При этом значение повреждённых огнём площадей варьирует на уровне 12 % вне зависимости от года. Однако если исключить из общей статистики пожары, которые относятся к категории нелесных (сельхозпалы, степные пожары и т.д.), то процент пожаров от молний возрастает до 17 % в 2005 г. и 14 % в 2006 г., при этом суммарные площади, повреждённые огнём, составляют 21 % и 10,7 % от общей площади для 2005 и 2006 годов соответственно.

Значениями полученной статистики можно оперировать для косвенной оценки доли пожарных

эмиссий, связанных с природным фактором. Таким образом, объективно можно говорить о том, что около 20 % возможных выбросов в атмосферу в результате лесных пожаров на территории России – закономерный показатель, связанный с природными факторами, который следует выделять из общего количества выбросов, связанных с деятельностью человека.

Статистика по выборочным регионам России, приведённая на рисунке 1, демонстрирует вариацию числа молниевых пожаров в пределах 5-27 % со средним значением, близким к 14 %, а по площадям – 3-34 %, при этом среднее значение близко к 21 %. В целом полученные цифры согласуются с данными, описанными в литературе для различных регионов страны. Присутствующие значения, выбивающиеся из общей картины распределения, например, ситуация в Ямало-Ненецком а.о. в 2005 году, по всей вероятности, определяются экстремальными условиями сезона.

С использованием геоинформационных технологий была построена картосхема пространственного распределения зафиксированных пожаров от гроз. Следует отметить, что большая часть таких пожаров расположена в зоне средних широт, обозначенной на рисунке 2 пунктирными линиями. Аналогичное по сути распределение получено для пожаров от молний в пожароопасные сезоны 2005 и 2006 года.

При этом, согласно предложенной методике, большая часть пожаров южнее данной зоны (выделено пунктиром на рис. 2) не была отнесена к пожарам от молний ($P(x, y) < 0,5$) и не представлена на данной картосхеме.

Если полученное распределение лесных пожаров от молний статистически подтвердится при обработке данных за другие годы, можно будет рассматривать эту территорию как зону повышенной грозопожарной опасности, что окажется полезным при планировании противопожарных мероприятий в соответствующих регионах.

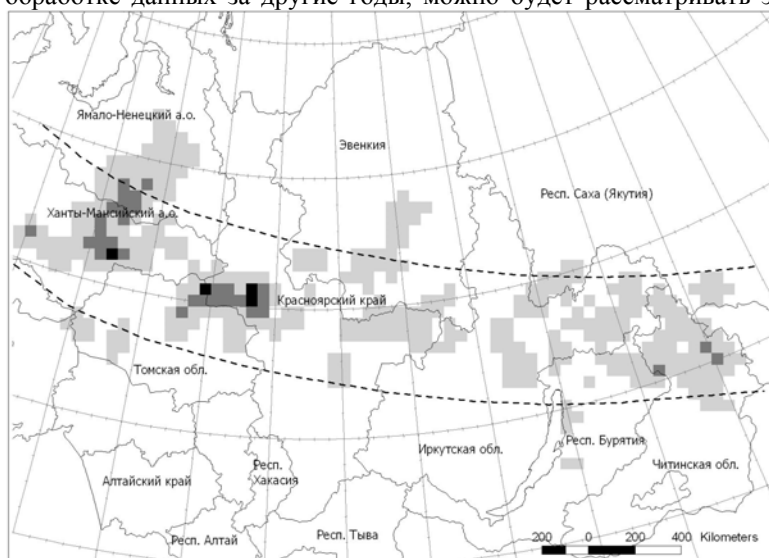


Рис. 2. Картосхема пространственного распределения плотности пожаров от молний (оттенки серого цвета соответствуют плотности пожаров) по результатам обработки данных за пожароопасный период 2006 года. Контурной линией выделена зона концентрации числа пожаров от гроз

Основными результатами:

- предложена и апробирована технология оценки рисков возникновения лесных пожаров от гроз на основе ГИС-анализа баз данных фактического распределения пожаров и молниевых разрядов;
- получены количественные оценки числа лесных пожаров и суммарных площадей, повреждённых в результате деятельности таких пожаров, в масштабах азиатской части России и в сравнении по регионам;
- выделена зона пространственной локализации пожаров от гроз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Еришов Д.В., Коровин Г.Н., Подольская А.С. Оценка риска возникновения пожаров от молний по данным грозопеленгации // Пожары в лесных экосистемах Сибири. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 2008. С. 52-53.
2. Иванов В.А. Грозоактивность и лесные пожары // Лесные пожары и борьба с ними. М., 1987.
3. Иванов В.А. Лесные пожары от гроз на Енисейской равнине: Автореф. дис.... канд. с.-х.наук. Красноярск, 1996. 23 с.
4. Иванов В.А. Методологические основы классификации лесов Средней Сибири по степени пожарной опасности от гроз: Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. Красноярск, 2006. 42 с.
5. Коровин Г.Н., Андреев Н.А. Авиационная охрана лесов. М.: Агропромиздат, 1988. 223 с.
6. Коришунов Н.А. Лесные пожары от молний на территории Красноярского Приангарья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Красноярск, 2002. 26 с.
7. Пономарёв Е.И., Иванов В.А., Коришунов Н.А. Спутниковые данные TOVS применительно к задаче прогнозирования грозовой пожарной опасности в лесу // География и прир. ресурсы, 2006, 1. С. 147-150.
8. Столярчук Л.В. Прогноз и оценка грозовой пожарной опасности в лесу // ЛенНИИЛХ, 1982. 27 с.
9. Филиппов А.Х. Грозы Восточной Сибири. Л.: Гидрометиздат, 1974. 75 с.
10. Flannigan M.D., and Wotton B.M. Lightning-ignited fires in northwestern Ontario // Can. J. For. Res., 1991, 21: 277-287.
11. Johnson E.A., and Miyanishi K., eds. Forest fires: Behavior and ecological effects. Academic Press, San Diego, CA, 2001. 594 pp.

12. Kourtz P., Todd B. Predicting the Daily Occurrence of Lightning-Caused Forest Fires // Information Report PI-X-112 Petawawa National Forestry Institute Forestry. Canada, 1991.
13. Latham D., and Williams E. Lightning and forest fires. In: Johnson, E.A., and Miyanishi, K., eds. Forest fires: Behavior and ecological effects. Academic Press, San Diego, CA., 2001: 375-418.

УДК 630* 561.24:582.47

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ РЕАКЦИИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

О.В. СИДОРОВА^{1,3}, Р. ЗИЕГВОЛЬФ², М. ЗАУРЕР², А.В. ШАШКИН¹, А.А. КНОРРЕ^{1,3}, А.С. ПРОКУШКИН¹, А.В. КИРДЯНОВ¹

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

²Институт Пауля Шеррера, Швейцария

³Сибирский федеральный университет, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Впервые для района Средней Сибири (Эвенкия) получены данные по содержанию $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ в древесине и целлюлозе годовичных колец лиственницы Гмелина (*Larix gmelinii* Rupr) для периода 1864 – 2006 гг. Выявлен отклик деревьев лиственницы на слабо развивающийся водный дефицит после 1960-х гг.

Климатические изменения и увеличение CO_2 в атмосфере совместно влияют на радиальный прирост деревьев. Некоторые исследования показали уменьшение радиального прироста на верхней границе леса на Аляске в течение последнего столетия [1]. Обратные примеры увеличения прироста древесных растений были найдены в более умеренных регионах, например, на Швейцарском плато [8], Белых Горах в Неваде [5] и на северо-востоке Франции [3].

Цель данной работы – выявить отклик деревьев лиственницы, произрастающих в северной тайге Средней Сибири, на изменения климата в условиях нарастания углекислоты в атмосфере за последнее столетие с привлечением классического дендрохронологического метода и анализа стабильных изотопов.

Исследование выполнено в 30 км от поселка Тура (64°32' с.ш., 100°14' в.д.), в среднем течении р. Кочечум. Образцы древесины лиственницы Гмелина (*Larix gmelinii* Rupr) собраны в разреженном древостое (сомкнутость крон 0,3). Почвы суглинистые. Живой напочвенный покров представлен кустарничками (*Ledum palustre* L., *Vaccinium vitis-idaea* L.), мхами (*Pleurozium schreberi* (Brid.) Mit., *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwaegr.) и лишайниками (*Cladina* spp. and *Cetraria* spp.).

С каждого дерева на высоте 1,3 м отбиралось по два керна для анализа ширины годовичных колец и стабильных изотопов в древесине и целлюлозе. Все образцы измерены и датированы по общепринятой в дендрохронологии методике [2]. Образцы древесины, отобранные для анализа погодичной изменчивости содержания стабильных изотопов, были приготовлены в соответствии с методикой Лоадера и др. [6].

Измерение стабильных изотопов углерода и кислорода проводилось при помощи масс-спектрометра (Finnigan, MAT, Бремен, Германия), соединенного с двумя анализаторами (EA-1108 и EA-111, Италия) в Институте Пауля Шеррера, Швейцария. Соотношение $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ было определено путем сжигания проб под воздействием кислорода при температуре 1020°C, в то время как измерение $\delta^{18}\text{O}$ происходило под воздействием пиролиза при температуре 1080°C [9]. Точность измерения образцов составила для $\delta^{13}\text{C}$ ($\sigma \pm 0,1\text{‰}$) и $\delta^{18}\text{O}$ ($\sigma \pm 0,2\text{‰}$) соответственно.

Данные по содержанию углерода и кислорода в древесине и целлюлозе были выражены в относительных единицах к международным стандартам:

$$\delta_{\text{образец}} = (R_{\text{образец}}/R_{\text{стандарт}} - 1) \times 1000,$$

где $R_{\text{образец}}$ – молярное соотношение $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ в образце и $R_{\text{стандарт}}$ – международные стандарты VPDB для углерода и VSMOW для кислорода.

Корректирование данных по содержанию $\delta^{13}\text{C}$ в древесине и целлюлозе было выполнено относительно изменения $\delta^{13}\text{C}$ атмосферного CO_2 [4], а также «прединдустриальной» коррекции [7].

В результате анализа стабильных изотопов получены хронологии по содержанию $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ в древесине и целлюлозе для периода 1864 – 2006 гг. Выявлено уменьшение радиального прироста и отрицательные тренды в данных по содержанию изотопов углерода и кислорода в годовичных кольцах за последние 38 лет. Для этого же периода с 1967 по 2005 годы, по данным метеорологической станции Тура (64°27' с.ш., 100°23' в.д., 168 м над уровнем моря), обнаружено снижение летних осадков (июля), в то время как температура июля и дефицит давления водяного пара в атмосфере (VPD) возрастают. Температуры воздуха мая и всего июня являются определяющими для роста лиственниц в данном

регионе. Положительные корреляции между шириной годичного кольца и осадками июля были найдены для периода 1929 – 2005 гг. Выявлены положительно значимые связи между содержанием $\delta^{13}\text{C}$ в целлюлозе и температурой воздуха июля, а также отрицательно значимые связи с осадками июля. Данные по содержанию $\delta^{18}\text{O}$ в целлюлозе показывают положительно значимую связь со среднегодовой температурой, VPD июля и отрицательную связь со среднегодовыми осадками, т.е. содержание $\delta^{18}\text{O}$ в годичных кольцах в большей степени отражает среднегодовую чем летнюю температуры. Скользящие коэффициенты корреляции между данными по содержанию стабильных изотопов углерода и кислорода в целлюлозе (рис. 1а) показали изменение хода трендов и регрессионных связей до и после 1960-х годов с отрицательной (рис. 1б) на положительную (рис. 1в).

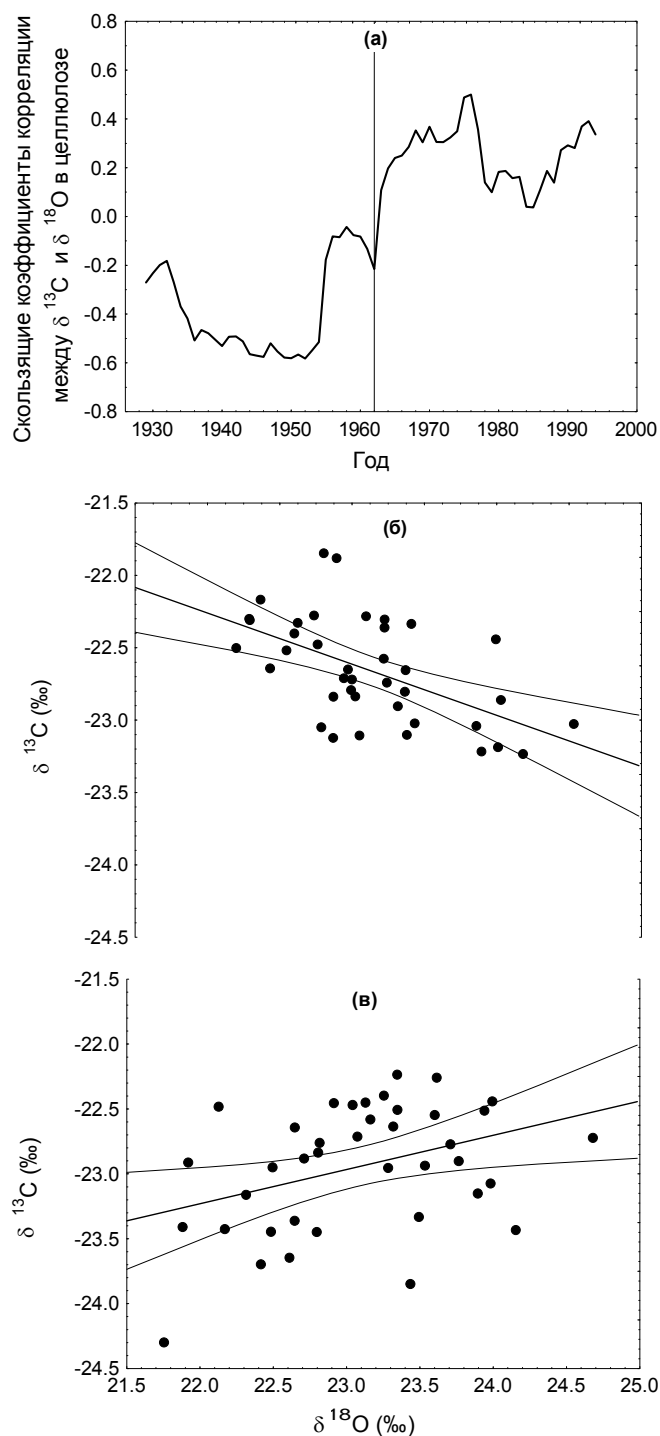


Рис. 1. Скользящие коэффициенты корреляции между $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ в целлюлозе для периода 1929 – 2005 (а), рассчитанного с окном шагом в 20 лет, и регрессионные связи между двумя стабильными изотопами, рассчитанные отдельно для периодов: (б) 1929 – 1967 и (в) 1967 – 2005

Отрицательная значимая ($p < 0,05$) корреляция между хронологиями по соотношению стабильных изотопов углерода и кислорода в годовых кольцах лиственницы выявлена для периода с 1929 по 1967 гг., что может быть связано с уменьшением транспирации и относительно постоянной величиной фотосинтеза. Это подтверждается тем, что указанный период характеризуется увеличением осадков июля, особенно в отдельные годы: 1937, 1940, 1944 – 1946, 1953, 1957. Под воздействием таких условий устьица могут быть открыты, но за счет высокой влажности воздуха потери воды в хвое низкие, что ведет к уменьшению $\delta^{18}\text{O}$. Изменение регрессионных связей между хронологиями по углероду и кислороду в целлюлозе с отрицательных (1929 – 1967 гг.) трендов на положительные (1967 – 2005 гг.) предполагает смещение климата на более засушливые условия.

Таким образом, согласно модели изотопного фракционирования, полученные результаты указывают на уменьшение устьичной проводимости и относительно постоянный фотосинтетический рост, которые приводят к отклику древесных растений на слабо развивающийся водный дефицит в данном районе исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Barber V.A., Juday G.P., Finney B. Reduced growth of Alaskan white spruce in the twentieth century from temperature-induced drought stress // *Nature*, 2002, 405: 668-673.
2. Cook E.R., Kairiukstis L.A. (Eds.) *Methods of Dendrochronology. Applications in the environmental sciences* // Dordrecht; Boston; London: Kluwer Acad. Publ., 1990. 394 pp.
3. Duquensnay A., Breda N., Stievenard M., Dupouey J.L. Changes of tree-ring $\delta^{13}\text{C}$ and water-use efficiency of beech (*Fagus sylvatica* L.) in north-eastern France during the past century // *Plant, Cell and Environment*, 1998, 21: 565-572.
4. Francey R.J., Allison C.E., Etheridge D.M. A 1000-year high precision record of $\delta^{13}\text{C}$ in atmospheric CO_2 // *Tellus*, B, 1999, 51: 170-193.
5. Graumlich L.J. Subalpine tree growth, climate, and increasing CO_2 : An assesment of recent growth trends // *Ecology*, 1991, 72: 1-11.
6. Loader N.J., Robertson I., Barker A.C., Switsur V.R., Waterhouse J.S. Improved technique for the batch processing of small whole wood samples to alpha-cellulose // *Chemical Geology*, 1997, 136: 313-317.
7. McCarroll D., Gagen M.H., Loader N.J., Robertson I., Anchukaitis K.J., Los S., Young G., Jalkanen R., Kirchhefer A., Waterhouse J.S. Correction of tree ring stable carbon isotope chronologies for changes in the carbon dioxide content of the atmosphere. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2009, DOI 10.1016/j.gca.2008.11.041.
8. Saurer M., Borella S., Schweingruber F., Siegwolf R. Stable isotopes in tree rings of beech: climatic versus site-related influences // *Trees*, 1997, 11: 291-297.
9. Saurer M., Robertson I., Siegwolf R., Leuenberger M. Oxygen isotope analysis of cellulose: An inter-laboratory comparison // *Analytical Chemistry*, 1998, 70 (10): 2074-2080.

УДК 630

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ БИОИНДИКАЦИИ И БИОРЕМЕДИАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ СИБИРИ

Н.Д. СОРОКИН, И.Д. ГРОДНИЦКАЯ, С.Ю. ЕВГРАФОВА, Н.В. ПАШЕНОВА, Э.Н. ЕЛИСТРАТОВА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Выявлены количественные микробиологические и биохимические показатели, адекватно отражающие состояние лесных экосистем Сибири. В модельных опытах исследованы микробиологические агенты биоремедиации и восстановления экофизиологического статуса микробных сообществ лесных почв.

В результате многолетних исследований (2000 – 2008 гг.), проведенных в лесных экосистемах Средней Сибири (Центральная Эвенкия, Красноярский край), разработана концептуальная модель микробиологической индикации и биоремедиации антропогенно нарушенных лесных экосистем (рубки леса, лесные пожары, техногенные выбросы), в которую наряду с элементами слежения за их состоянием входит и целенаправленное воздействие на них. Модель состоит из трех блоков.

Первый – это оценка состояния экосистем по микробиологическим и биохимическим показателям и определение степени их нарушенности.

Второй – прогностический микробиологический мониторинг, выявляющий тенденции возможных изменений при усилении экстремального природного или антропогенного (техногенного) стресса.

В рамках третьего блока предусматривается комплекс экологически безопасных мероприятий, направленных на биоремедиацию (санацию, оздоровление) нарушенных экосистем.

На основании обобщения многолетнего экспериментального материала выявлены количественные показатели, адекватно отражающие экологическое состояние почв, в том числе при разного рода

антропогенных (техногенных) нарушениях: численность эколого-трофических групп микроорганизмов (ЭКТГМ); коэффициент микробиологической активности ($K_{ма}$ – отношение количества разрушенных в почве углерод- и азотсодержащих соединений к биомассе микроорганизмов); коэффициент резерва (R – отношение статистически достоверных минимальных значений численности микроорганизмов к их средней величине за определенный интервал времени); коэффициент флуктуации (CF – отношение суммы квадратов амплитуд колебаний численности микроорганизмов к периоду колебаний и среднеарифметической); метаболический коэффициент (qCO_2 – отношение скорости дыхания микроорганизмов к их биомассе).

Построена шкала диапазонов численности ЭКТГМ в ненарушенных почвах, которая является нормой-мерой состояния почвы и позволяет судить об устойчивости почвенных экосистем.

В биогеохимических процессах наземных экосистем, наряду с известными культивируемыми на диагностических средах микроорганизмами, существенную роль играют некультивируемые формы. В частности, в экстремальных условиях криогенных почв севера Сибири и гидроморфных почвах лесоболотных экосистем в процессах трансформации и эмиссии углерода обосновывается значительное участие метаногенных и метанотрофных микроорганизмов.

Выявлена структура микробоценозов минерального слоя почв Центральной Эвенкии методом исследования профиля жирных кислот мембран клеточных стенок микроорганизмов (PLFAs) и профиля этерифицированных углеводов полярных липидов (PLELs) (рис. 1).

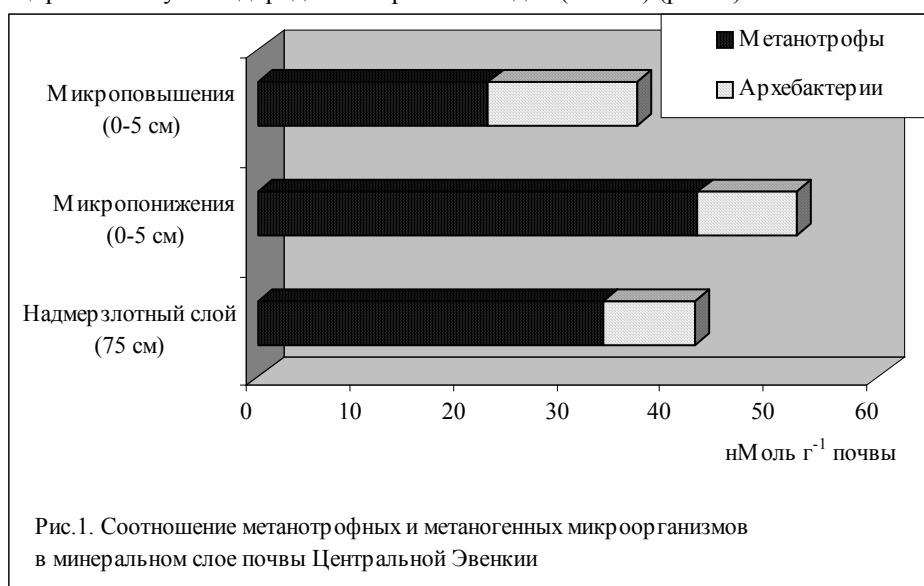


Рис. 1. Соотношение метанотрофных и метаногенных микроорганизмов в минеральном слое почвы Центральной Эвенкии

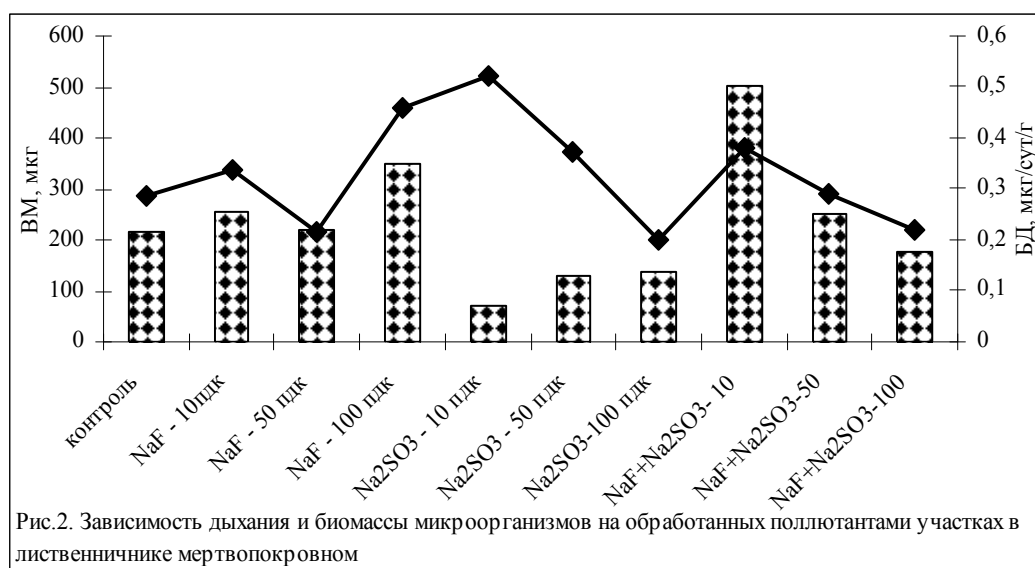
Показано наличие биомаркеров метанотрофных микроорганизмов I и II типов (16:1 ω 8с и 18:1 ω 8с соответственно) и археобактерий, обладающих короткоцепочечными изопреноидами (i20:0 и i20:1), во всей толще минерального слоя оттаивания. В почве всех местообитаний доминировала метанотрофная микрофлора, на основании чего можно сделать предположение, что в условиях криогенных почв Центральной Эвенкии преобладает эмиссия метана неорганического происхождения.

Молекулярно-генетический метод позволил определить наличие спектра метаногенов в образцах торфяников Западной Сибири. Выявлено 8 неидентифицированных доминирующих форм археобактерий, относящихся к двум группам: *Euarcheota* и *Crenarcheota*.

Результаты анализа свидетельствуют о функционировании различных видов архей в разных типах болот. Выявлено большее видовое разнообразие археобактерий в верховом, олиготрофном болоте (Озерное) по сравнению с евтрофным, низинным (Жуковское). Таким образом, наряду с аэробным окислением органического субстрата при гетеротрофном разложении и образовании CO_2 осуществляется анаэробное разложение органики комплексом археобактерий.

В рамках второго блока проведены модельные исследования по влиянию различных концентраций, имитирующих поллютанты промышленных предприятий г. Красноярск, на реакцию микробных сообществ опытных участков лиственничника мертвопокровного, сформированного в экологически чистых условиях Погорельского бора.

Ежемесячные разовые обработки участков NaF , Na_2SO_3 и совместное их влияние при ПДК 10, 50 и 100 приводили к увеличению микробной биомассы по сравнению с контролем; обработки одним Na_2SO_3 в разных концентрациях вызывали увеличение микробного дыхания (рис. 2). Очевидно, что разовое внесение поллютантов воспринималось микроорганизмами как появление дополнительного субстрата, который они с разной интенсивностью осваивали. Причем наименее усваиваемым субстратом оказался Na_2SO_3 .



Применение любых его концентраций существенно снижало уровень активной микробной биомассы по сравнению с контролем, в то же время увеличивалась степень биотической нарушенности этих участков, что следует из повышенных значений коэффициентов метаболической активности qCO_2 .

При исследовании биоремедиационных процессов в лесных почвах установлено влияние метаболитов микроорганизмов-деструкторов и продуктов распада древесины на динамику нативных микробных сообществ и биологическую активность почв в целом. Дисперсионный анализ численности микроорганизмов под гниющей древесиной свидетельствует о достоверном ($F 0,95$) влиянии комплекса продуктов биодеструкции, микроорганизмов-деструкторов и их метаболитов на развитие аммонификаторов на 60 %, олигонитрофилов на 86 %, прототрофных бактерий на 56 %. В свою очередь, установлен высокий уровень корреляции динамики углерода и эмиссии CO_2 с количеством и биомассой микроорганизмов, растущих на микодревесине и в почве ($r = 0,52-0,83$). Максимальный эффект воздействия на эти параметры отмечен под делигнифицированной древесиной (разрушающейся по типу «белой гнили»).

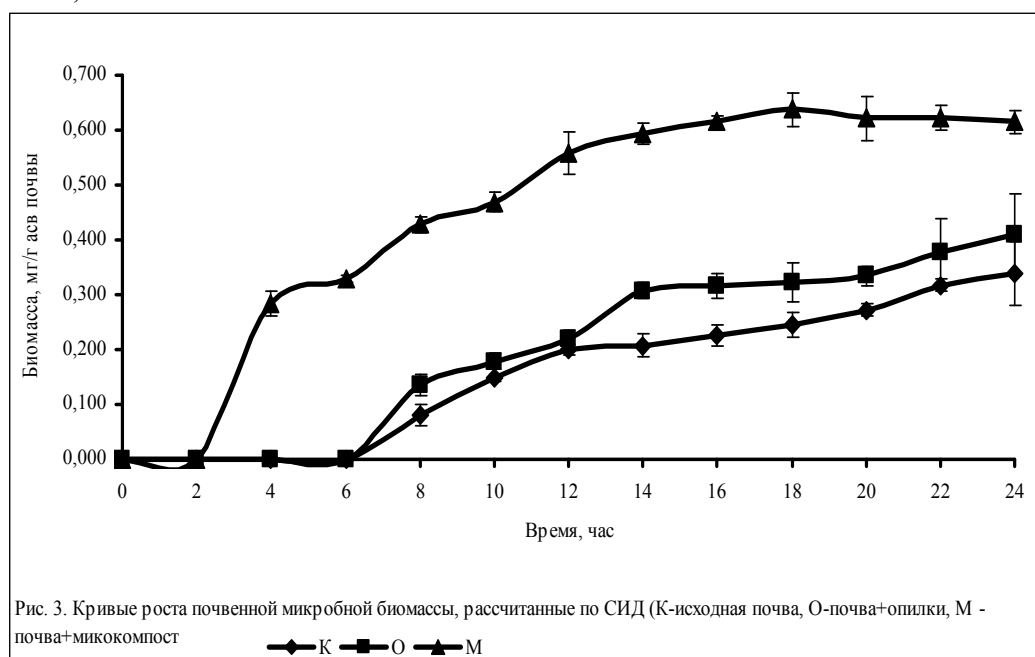
Проведены исследования по влиянию биотехнологически делигнифицированной древесины на микробоценоз серой лесной почвы. Влияние микокомпоста (МК), полученного путем твердофазного культивирования мицелия лигнинразрушающего базидиального гриба *Trametes versicolor* (L. ex Fr.) Pil. на сосновых опилках, оценивали в сравнении с воздействием собственно опилок (ОП), контрольный вариант был представлен почвой без добавок.

Отличие показателей, характеризующих вариант МК, подтвердилось и при исследовании кривых роста микроорганизмов, выполненном для образцов, отобранных в конце вегетационного периода на второй год после внесения микокомпоста и опилок в почву. Кривые роста, рассчитанные для контроля и варианта ОП, были близки и демонстрировали более длинный период лаг-фазы (до 8 часов) и относительно медленное накопление биомассы, не достигающее стационарного уровня за 24 часа инкубирования. Лаг-фаза в варианте МК составила 2 часа, стационарный уровень был достигнут на 16-18 час инкубирования (рис. 3). Это указывает на более высокую численность почвенных микроорганизмов и, возможно, качественно иной состав микробоценоза в варианте МК.

Выполненные исследования показали, что внесение 1 % (по весу) микокомпоста или опилок в серую лесную почву приводило вначале к возмущению почвенного микробоценоза, что выражалось в увеличении микробной биомассы (в 1,5-2,0 раза), увеличении пула физиологически активных форм микробов при доминировании копитрофов (рис. 3). На второй год наблюдений в почвах с добавленной органикой наблюдали признаки стабилизации микробоценозов. Но если по исследуемым показателям вариант «почва+опилки» приближался к контролю, то вариант «почва+микокомпост» по количеству биомассы и физиологической активности продолжал превышать исходную почву.

Изучено влияние активных интродуцентов (микромикетов из рода *Trichoderma* и биопрепарата на их основе «Триходермин»; бактерий из родов *Bacillus* и *Pseudomonas*) на прорастание семян и сеянцев хвойных, а также на изменение количественного и качественного соотношения аборигенных почвенных микромикетов в питомниках. Интродукция в почвы питомников триходермы и биопрепарата «Триходермин» в виде водных суспензий или сухая обработка семян хвойных давали положительные результаты, улучшая рост, развитие и конечный выход сеянцев до 170-255 %. Внесение в почву *T. viride* существенно изменяло видовой состав грибной биоты, особенно в период интенсивного развития интродуцента. Численность последнего в июне достигала $4,5 \cdot 10^4$ КОЕ/г возд. сух. почвы и составила 59,6

% от общего количества выделенных микромицетов. В контроле численность грибов этого рода не превышала $2,8 \cdot 10^2$ КОЕ/г почвы.



Таким образом, интродуцирование штаммов грибов рода *Trichoderma* повышало видовое разнообразие почвенных микромицетов и положительно сказалось на фитосанитарном состоянии почв в целом, что нашло выражение в снижении уровня инфекционного полегания семян хвойных в лесопитомниках Сибири.

В процессе изучения взаимоотношения используемых в исследованиях штаммов бактерий рода *Pseudomonas* по отношению к другим микроорганизмам была установлена их антагонистическая активность ко многим фитопатогенным микроорганизмам, что позволяет считать их интродукцию фактором санитарного оздоровления (биоремедиации) окружающей среды.

УДК 581.1

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ПРИКАМБИАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ТКАНЕЙ И ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

В.Г. СУХОВОЛЬСКИЙ^{1,2}, А.В. КОВАЛЕВ^{1,2}, Д.В. СОТНИЧЕНКО³

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

²Международный научный центр исследования экстремальных состояний организма при президиуме КНЦ СО РАН, Красноярск

³Сибирский государственный технологический университет, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Разработан прибор и метод для экспресс-оценки в полевых условиях состояния древесных растений.

Для оценки состояния и реакции деревьев на внешние воздействия необходимы методы, которые давали бы возможность получить объективную количественную оценку состояния отдельных деревьев, производя массовые измерения в экспресс-режиме.

Достаточно давно для оценки состояния деревьев было предложено использовать диэлектрические характеристики прикамбиального комплекса тканей дерева. На рис. 1 приведена эквивалентная электрическая схема прикамбиального комплекса тканей ствола дерева.

Комплексную проводимость (адмиттанс) $A(\omega)$ тканей на некоторой круговой частоте ω пропускаемого через ткани переменного тока, включающую проводимость $G(\omega)$ и емкость $C(\omega)$ комплекса тканей, можно записать следующим образом:

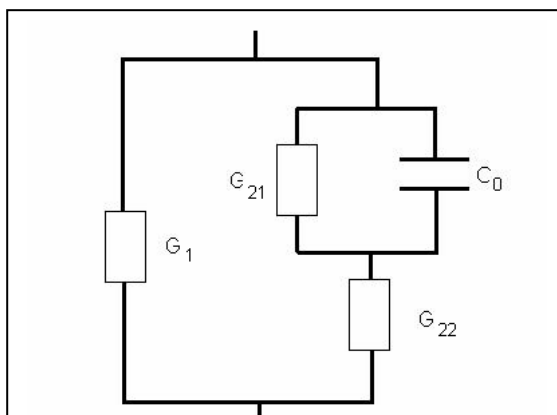


Рис. 1. Эквивалентная электрическая схема прикамбиального комплекса тканей ствола дерева (G_1 – проводимость межклеточной среды, G_{21} – проводимость мембраны, G_{22} – проводимость цитоплазмы, C_0 – емкость мембраны)

$$A(\omega) = A_1(\omega) + A_2(\omega) = G(\omega) + i\omega C(\omega)$$

$$A_1 = G_1$$

$$\frac{1}{A_2} = \frac{1}{A_{21}} + \frac{1}{A_{22}}$$

$$A_{22} = G_{22}$$

$$A_{21} = G_{21} + i\omega C_0 \quad (1)$$

После простых преобразований из (1) получим значения проводимости G и емкости C тканей на некоторой частоте ω :

$$G(\omega) = G_1 + \frac{G_{21} \cdot G_{22}^2 + G_{22} \cdot G_{21}^2 + G_{22} \omega^2 C_0^2}{(G_{21} + G_{22})^2 + \omega^2 C_0^2}$$

$$C(\omega) = \frac{G_{22} \cdot C_0}{(G_{21} + G_{22})^2 + \omega^2 C_0^2} \quad (2)$$

$$\text{При } \omega \rightarrow 0 \quad G \rightarrow G_1 + \frac{G_{21} \cdot G_{22}}{G_{21} + G_{22}}, \quad C \rightarrow \frac{G_{22} \cdot C_0}{(G_{21} + G_{22})^2}$$

$$\text{При } \omega \rightarrow \infty \quad G \rightarrow G_1 + G_{22}, \quad C \rightarrow 0$$

Таким образом, как следует из (1) и (2), в простой эквивалентной модели древесных тканей для описания состояния клеток используется четыре переменных, характеризующих на каждой частоте состояние мембран, цитоплазмы и межклеточников тканей дерева.

Измерения диэлектрических свойств древесных тканей на одной или двух частотах не позволяют по результатам таких измерений рассчитать значения всех переменных, характеризующих свойства древесных тканей. Для точного расчета диэлектрических характеристик необходимо проводить

измерения (с учетом ошибок и шума измерений) не менее чем на 10-12 частотах. Однако при использовании стандартных мостов переменного тока измерения диэлектрических параметров тканей на таком числе частот на отдельном дереве требуют 10-15 минут, после чего примерно такое же время необходимо для ввода данных в компьютер и расчетов диэлектрических свойств тканей отдельного дерева по данным измерений. Очевидно, что подобная методика нетехнологична и не может использоваться для массовых измерений.

Для массовых экспресс-оценок состояния отдельных деревьев с автоматической обработкой результатов измерений и сохранением данных на компьютере нами разработан полевой прибор – диэлектрический спектрометр, а также компьютерные программы для обработки результатов измерений и шкалирования состояния дерева. Внешний вид прибора приведен на рис. 2.

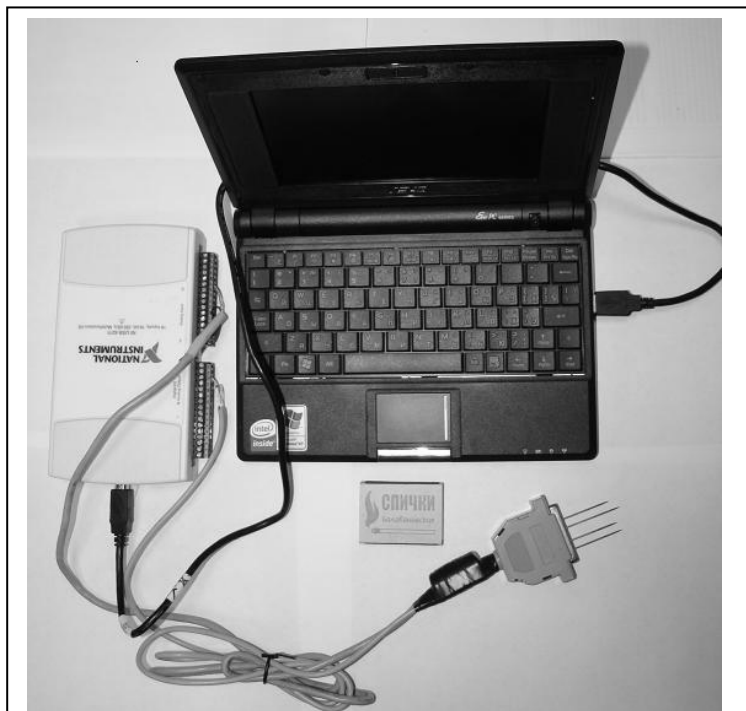


Рис. 2. Общий вид полевого диэлектрического спектрометра и портативного компьютера для обработки, хранения и визуализации результатов измерений (для масштаба на фотографии показан спичечный коробок)

Общая масса прибора (без портативного компьютера) – около 300 г. Процесс измерения (включая собственно измерения, статистическую обработку и сохранение данных на портативном компьютере в режиме полевых измерений on-line) длится менее 0,0001 с. Для соединения ткани с прибором используются четыре игольчатых электрода. Питание прибора осуществляется от батареи компьютера,

соединенного со спектрометром через стандартный usb-разъем. Фактически основные затраты времени в процессе измерения состояния деревьев в насаждении связаны с переходом оператора от дерева к дереву.

По измерениям диэлектрических характеристик тканей дерева разработана количественная шкала его состояния (рис. 3).

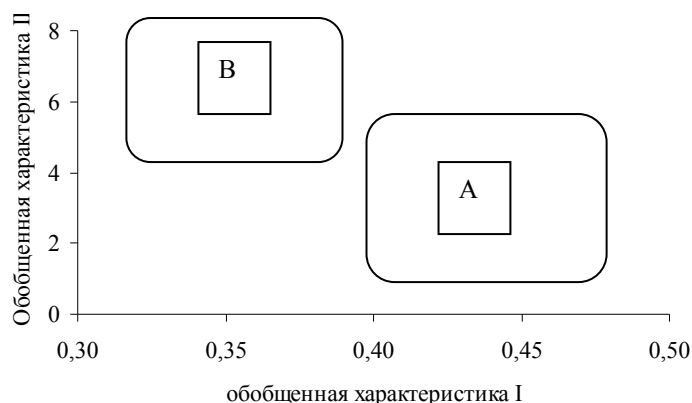


Рис. 3. Обобщенные диэлектрические характеристики древесных тканей (А – зона нормы, В – зона патологии)

Разработанная методика измерения может быть использована для оценки текущего состояния деревьев, массовых оценок состояния деревьев в насаждении после различных воздействий – пожаров, вспышек массового размножения насекомых и т.п.

Работа поддержана РФФИ (грант 08-04-00217).

УДК 630.0.81

ЧЕРНИКА КАВКАЗСКАЯ КАК РЕДКИЙ ЭЛЕМЕНТ ФИТОЦЕНОЗОВ ГОРНОГО МАССИВА СТРАНДЖА (БОЛГАРИЯ): ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ И СТРОЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

А.Н. ТАШЕВ¹, В.Е. БЕНЬКОВА², А.А. НЕКРАСОВА²

¹Лесотехнический университет, София, Болгария

²Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

Введение

Третичный реликт черника кавказская (*Vaccinium arctostaphylos* L.) – один из видов рода *Vaccinium*, который принадлежит подсемейству *Vaccinioideae* Drude многочисленного семейства *Ericaceae* Juss. Ареал *V. arctostaphylos* охватывает юго-восточную Европу (Балканский полуостров – Болгария, Турция), юго-западную Азию (северную часть Малой Азии – Северный Иран (Гилян), Предкавказье, Западное, Восточное и Южное Закавказье) [3]. Центр ареала — Кавказ, Балканы, север Малой Азии (колхидские леса). Разные авторы относили этот вид к разным секциям: Niedenzu – к древней секции *Batodendron*, а А. Грей, Бентам и Гукер, Друде — к подроду *Euvaccinium*. По мнению Гулисашвили [2], *V. arctostaphylos* имеет *тпоническое* реликтовое происхождение, что доказывается двукратным и даже трехкратным цветением вида при малых высотах над уровнем моря. Весомым аргументом для систематиков явились результаты исследования анатомии древесины черники кавказской. А.А. Яценко-Хмелевский (1946) отмечал, что весь комплекс анатомических признаков указывает на значительную древность вида и подтверждает точку зрения Niedenzu (перфорации лестничные, чаще всего с большим числом перекладин; лестничная поровость, рассеяннососудистость; угловатые мелкие просветы, из-за которых сосуды слабо отличимы от волокнистых трахеид, и резкая гетерогенность лучей. Единственным признаком специализации является наличие спиральных утолщений в сосудах и трахеидах, однако этот признак имеет ограниченное систематическое и филогенетическое значение). Таким образом, было получено основание рассматривать *V. arctostaphylos* как очень древнюю форму, не связанную с другими кавказскими черниками, по крайней мере, через ближайших предков. Все вышесказанное определило *V. arctostaphylos* как очень интересный объект для исследования. 1) Можно предположить, что приспособление реликта *V. arctostaphylos* к неблагоприятным, например, пограничным условиям обитания не могло не отразиться на морфологии растения и строении вторичной ксилемы, выполняющей важнейшие физиологические функции. В связи

с этим встает задача выявления означенных различий. Последние характеризуют степень приспособляемости к изменяющимся условиям, обусловившую сохранение вида до наших дней. 2) Третичный реликт *V. arctostaphylos* относится к категории «редкие». Ареал невелик по площади. Растения распространены локально, в ограниченном числе местообитаний. На периферии своего естественного ареала, вне экологического оптимума популяции этого вида особенно уязвимы, и здесь обостряется проблема сохранения вида.

Цель работы: описать структуру фитоценозов горного массива Странджа (Болгария), в которых *V. arctostaphylos* произрастает на границе своего ареала, а также особенности морфологии и анатомии древесины представителей этого вида.

Материалы и методы

В Болгарии *V. arctostaphylos* встречается только на территории невысокого горного массива Странджа, растительность которого не пострадала в ледниковую эпоху, в результате чего на ней сохранился ее третичный реликтовый характер. Местообитания вида в Страндже описаны как влажные и затененные овраги, но экземпляры растения встречаются на их просветленных и прогреваемых участках. Вид встречается в тенистых и влажных буковых лесах и участвует в составе лесных сообществ из *Fagus orientalis* и *Quercus polycarpa* [3]. Диапазон высот обитания варьирует от 150 до 300 м, иногда до 680 м над уровнем моря. В то же время в центре ареала, на Кавказе, растительные сообщества с черникой кавказской очень разнообразны – это буковые, пихтово-еловые, пихтово-буковые, каштановые, дубовые леса и заросли из разных видов рододендронов, а в районах верхней границы леса – березовые и даже сосновые леса; в субальпийской зоне кавказская черника формирует большие группировки. Диапазон высот обитания – от уровня моря до 2000 м, но наибольшая встречаемость зафиксирована на высоте от 1000 до 2000 м над уровнем моря [3].

Черника кавказская во флоре Болгарии представляет собой листопадный кустарник высотой до 3 метров. Стебли наклоненные, прямостоячие или восходящие с гладкой коричневой корой. Длина листьев 40-70 мм, ширина 18-30 мм; они почти сидячие, эллипсовидной формы. Цветки собраны в удлиненные кистевидные соцветия. Плод – черная сферическая ягода. Семена длиной 1,5-1,7 мм, неправильной формы, бледно-оранжевые, с сетевидным рисунком на поверхности. Цветет в мае – июне, плодоносит в августе – сентябре. Диаметр отдельных стеблей достигает до 20-25 мм толщины в возрасте 7 лет, после чего они усыхают. В центре ареала черника кавказская является высоким листопадным кустарником или маленьким деревом, высотой от 2-3 до 4 метров, с кругловатыми ветками, листьями длиной 60-80 мм. Цветет в июне – июле, плодоносит в июле – августе [4].

Образцы для анатомического анализа собраны с растений черники кавказской, произрастающей в горном массиве Странджа, на территории лесхоза «Грамматиково», в районе села Кондолово, в местности «Белый песок», под шоссе Кондолово – Грамматиково, на южном склоне с углом наклона 20-25°, 267 м над уровнем моря, 42°05'48.6" с.ш., 27°39'55.0" в.д. Гербарный материал собран 30.08.2008, с плодами, колл. Ал. Ташев (SOM 164913, 164914; SO 105778, 105779). Экземпляры *Vaccinium arctostaphylos* L. расположены в подлеске леса из третичного реликта *Fagus orientalis* Lipsky с участием *Quercus polycarpa* Schur, *Calluna vulgaris* (L.) Hull, *Genista carinalis* L. В травянистом этаже установлены *Poa bulbosa* L. var. *pilosa* (Willd.) Neuff., *Luzula forsteri* (Sm.) DC, *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh., *Hieracium hoppeanum* Schult., *Hypericum montbretii* Spach., *Linaria genistifolia* (L.) Mill., *Silene italica* (L.) Pers., *Veronica chamaedrys* L., *V. officinalis* L. и т.д. В моховом покрове доминируют *Hypnum cupressiforme* Hedw., *Polytrichum piliferum* Hedw. и *Leucobrium glaucum* (Hedw.) Angstr.

Методика исследования анатомического строения древесины

По стандартной методике были приготовлены микросрезы древесины в трех основных плоскостях (не менее четырех срезов на каждую плоскость). Исследование анатомического строения проводилось на установке анализа изображений Axio Imager MAT (Reflected-Light Microscopy), Version 04/14/2005 (Carl Zeiss Light AG Microscopy).

Результаты и обсуждение

Анатомическое строение древесины черники кавказской (Странджа, Болгария)

Поперечный срез (рис. 1). Годичные кольца неотчетливые или слабо отчетливые; граница обозначена прерывистой полоской радиально сплюснутых мелких пограничных волокнистых элементов, толщина стенок которых не отличается от таковой у волокнистых элементов годичного кольца. Древесина рассеяннососудистая. Сосуды немногочисленные, в основном изолированные, встречаются парные; все просветы угловатые, тонкостенные, довольно мелкие. Стенки волокнистых элементов очень толстые. Аксиальная паренхима очень редкая, апотрахеальная, диффузная.

Тангенциальный срез (рис. 2).

Лучи двух разных размеров: в большинстве (80 %) однорядные, низкие, сложенные из 2-6 аксиально вытянутых прямоугольных клеток, и 2-3 (-4)-рядные разной высоты (14-35 клеток в высоту).

Многорядные лучи состоят из крупных овальных и округлых клеток; иногда встречаются кроющиеся клетки. Кристаллы кальция оксалата в клетках лучевой паренхимы.

Радиальный срез

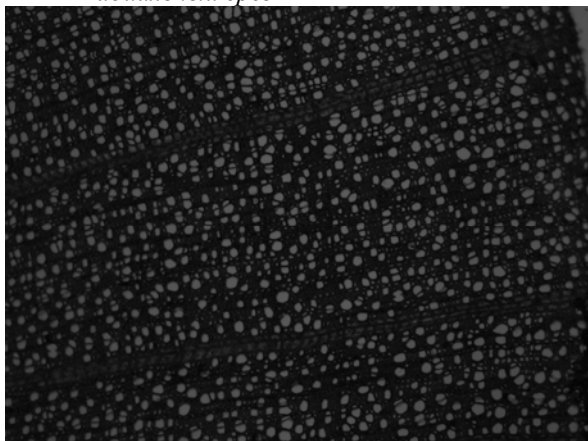


Рис. 1. tr, x100

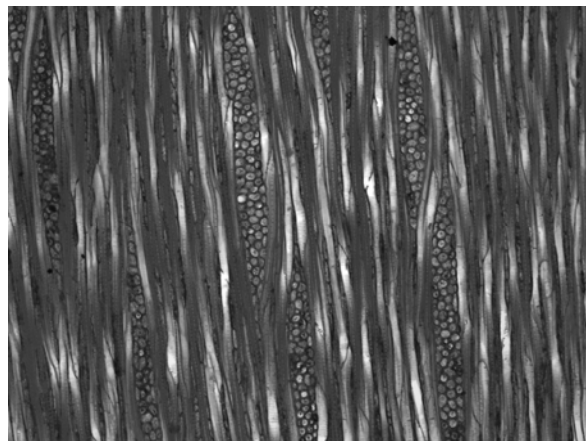


Рис. 2. tg, x100

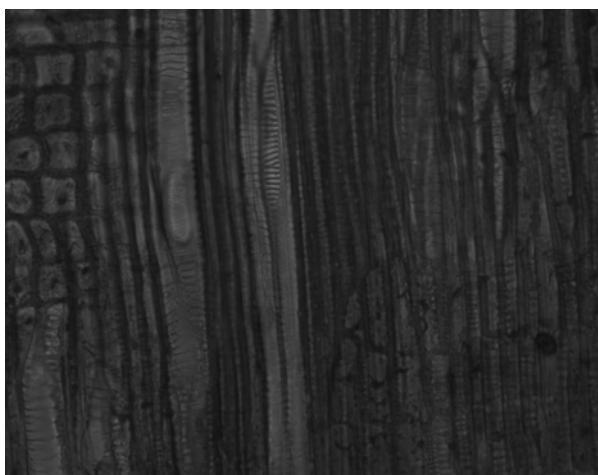


Рис. 3. rd, x400

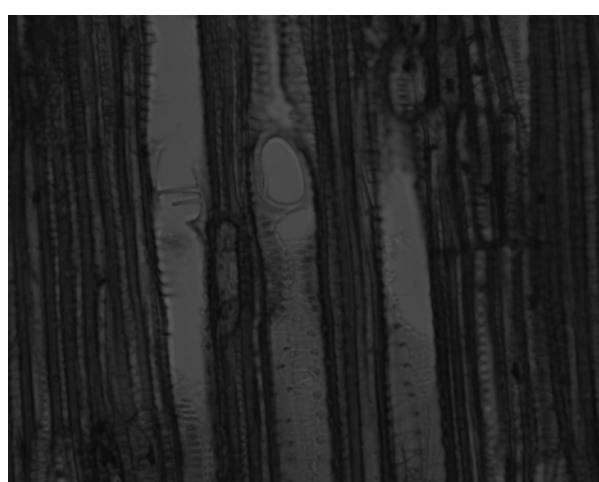


Рис. 4. rd, x500

Перфорации лестничные, от 1 до 10 перекладин (рис. 3), изредка встречаются простые перфорации (рис. 3, 4). Межсосудистая поровость в основном лестничная, встречается и супротивная; поры крупные, сигарообразные и овальные. Сосудисто-лучевая поровость чаще лестничная с крупными сигарообразными (слившимися) порами; встречаются крупные округлые поры, простые или с зауженным окаймлением. Стенки клеток лучей толстые. Однорядные лучи гомогенно-палисадные; многорядные лучи гетерогенные, состоят из многочисленных краевых рядов квадратных и стоячих клеток и нескольких рядов внутренних лежащих клеток. Основная масса древесины состоит из волокнистых трахеид. Сосуды и волокнистые трахеиды со спиральными утолщениями (рис. 3, 4).

Таким образом, у исследуемой нами *V. arctostaphylos* (Странджа, Болгария), растущей на границе ареала, появились некоторые признаки строения древесины, которые отличаются большей «продвинутой» 1) У нее, кроме лестничных, часто встречаются перфорации с 1-2 перекладинами и очень редко – простые. Это, безусловно, уменьшило сопротивление водотоку от корней к кроне и тем самым увеличило эффективность водопроведения (по сравнению с *V. arctostaphylos* с Кавказа). 2) Часто встречающаяся у болгарской *V. arctostaphylos* лестничная сосудисто-лучевая поровость с крупными сигарообразными (слившимися) порами с узким окаймлением облегчает продвижение по стволу питательных веществ в горизонтальном направлении.

Консервационное значение черники кавказской

Кавказская черника – один из самых значимых в консервационном отношении видов флоры Болгарии. Она является третичным реликтом, включена в первое издание Красной книги НР Болгария в категории «вид под угрозой исчезновения» [3] и во все обнародованные официально списки охраняемых законом растений Болгарии. В «Красном списке сосудистых растений Болгарии» (2009) и в новом, подготовленном к печати издании Красной книги Республики Болгария (Пеев, ред.) черника кавказская также имеет категорию «вид под угрозой исчезновения». Велик и международный природоохранный статус кавказской черники. В 1977 и 1983 гг. в «Список редких, находящихся под угрозой исчезновения

и эндемичных растений в Европе» было включено 165 видов покрытосеменных растений, встречающихся в Болгарии; черника в этом списке имеет категорию «редкий» вид. По Бернской конвенции об охране дикой европейской флоры и фауны и природных местообитаний (1979), из флоры Болгарии под строгую защиту попадают 54 вида растений, среди которых и черника кавказская.

Закключение. Приспособление растений *Vaccinium arctostaphylos* к неблагоприятным условиям обитания на границе ареала (горный массив Странджа, Болгария) нашло свое отражение в их морфологических характеристиках (растение более низкорослое, имеет только кустарниковую форму, более мелкие листья) и строении вторичной ксилемы. Наряду с видовыми анатомическими признаками строения древесины, отличающимися примитивностью и характеризующими вид как реликт, появились более «продвинутые» признаки, обеспечивающие повышенную эффективность водопроведения от корней к кроне (появление простых перфораций и перфораций с 1-3 перекладинами) и использования запасенных питательных веществ в лучевой паренхиме (лестничная сосудисто-лучевая поровость). Несмотря на довольно высокую адаптационную пластичность, вид находится под угрозой исчезновения и нуждается в охране.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вълчев В. Ново находище на странджанската боровинка (*Vaccinium arctostaphylos* L.) в България / В. Вълчев, А. Ташев // Юбилейна научна конференция 125 години БАН и 65 години ИГ. София, 1995. С. 117-122.
2. Гулисавили В.З. Происхождение древесной растительности субтропического и умеренного климатов и развитие ее наследственных особенностей. Тбилиси: Медфинебо, 1967. 218 с.
3. Червена книга на НР България. Т. I / Под ред. В. Велчева. София: Изд-во БАН, 1984. 448 с.
4. Флора СССР. Т. XVIII / Под ред. В.Л. Комарова. М.: Изд-во АН СССР, 1952. С. 94-102.
5. Яценко-Хмелевский А.А. Строение древесины кавказских представителей сем. Ericaceae и его систематическое и филогенетическое значение // Изв. АН Арм. ССР, 1946, 9. С. 33-57.

УДК 504.062

КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

М.Г. ЦЫРЕНОВА, В.А. БОРХОНОВ, М.В. ЦЫДЫПОВА

Байкальский центр информатизации бурятского региона, Улан-Удэ
Иркутский государственный университет, Иркутск

АННОТАЦИЯ

В работе рассматриваются возможности использования многозональных снимков высокого разрешения (данные IRS-P-6 LISS-4 и Terra ASTER) для картографического отображения и оценки современного состояния лесов Забайкальского национального парка. В исследовании применялась автоматизированная классификация космических снимков. Для проверки ее результатов было проведено полевое дешифрирование.

Исследование состояния лесов требует комплексного подхода, который включает в себя использование современных данных ДЗЗ, картографических материалов, результатов полевых исследований, статистических и архивных данных. Применение современных методов обработки пространственных данных позволяет получить максимальную информацию и обеспечивает наглядность представления результатов исследования. Наиболее подходящим в данном случае является геоинформационное картографирование. «Методы геоинформационного картографирования включают в себя преобразование пространственных данных в заданную систему координат, автоматизированный анализ, классификацию и генерализацию, математико-картографическое моделирование и автоматизированное построение картографического изображения» [1, с. 389].

Основной потребностью современного картографирования является возможность создания актуальных крупномасштабных карт различного направления с возможностью регулярного их обновления с минимальными затратами времени и ресурсов. Наличие обширной информационной базы с характеристиками состояния и динамики лесного фонда, его экологического и ресурсного потенциала, а также знаний основных условий развития лесных экосистем определяет продуктивность картографирования лесов.

Обработка и дешифрирование мультиспектральных снимков высокого разрешения позволяют выявлять изменения в состоянии и распространении растительного покрова как естественного, так и антропогенного характера, что дает возможность создавать на их основе актуальные крупномасштабные

карты лесов.

Забайкальский национальный парк – это территория с малонарушенным лесным покровом, характерным для Северного Прибайкалья, которая имеет особую экологическую, рекреационную и историческую ценность. Для национальных парков, расположенных преимущественно в лесной зоне, экологический мониторинг лесов является одной из главных задач, т.к. лесная растительность играет главную средообразующую роль для остальных компонентов экосистем.

Все работы по подготовке данных дистанционного зондирования и проведению их дешифрирования были выполнены с использованием программного обеспечения (ПО) ArcView 3.2 (с модульными расширениями Spatial Analyst, Image Analysis) и ERDAS Imagine 8.3.

Работа по составлению карты состояла из нескольких этапов:

1. Подбор данных ДЗЗ и картографического материала и их компьютерная обработка;
2. Полевое дешифрирование;
3. Обработка полученных результатов.

Предварительная подготовка данных ДЗЗ и картографического материала – кропотливая и объемная часть работы, которая включает несколько этапов. Первый из них – это поиск и отбор подходящих пространственных данных, т.к. не всегда можно найти космоснимки на исследуемую территорию с необходимым пространственным и спектральным разрешением, низкой облачностью, хорошего качества и на нужный период.

Следующий этап – приведение к единой математической основе, т.к. и снимки, и карты зачастую находятся в разных проекциях или вообще не спроектированы и находятся в неизвестной системе координат. Соответственно, необходима геометрическая коррекция полученных данных (привязка карт, проектирование или перепроектирование космических снимков). Отобранные снимки (со спутника Landsat ETM+ (разрешением 15 м), ASTER VNIR (разрешение 15 м), IRS-P6 (разрешение 6 м)) и карты (топографические карты М 1:100 000 и 1:200 000) были трансформированы в проекцию Albers Conical Equal Area Projection с параметрами: датум Pulkovo-1942, эллипсоид Krasovsky.

Далее была проведена автоматизированная классификация космических снимков. Под автоматизированной классификацией подразумевается подразделение всех пикселей снимка на группы, соответствующие разным объектам (классы), на основе различий в значениях спектральной яркости. В нашей работе мы использовали классификацию без обучения на основе алгоритма ISODATA (от Iterative Self-Organising Data Analysis Technique – итеративный самоорганизующийся способ анализа данных). Основным параметром, задаваемым программе, – число классов, которое необходимо получить.

Для идентификации полученных классов результаты классификации сопоставлялись с планами лесонасаждений Чивыркуйского и Арангутайского лесничеств Забайкальского национального парка М 1:50 000, картой растительности Забайкальского национального парка М 1:300 000, топографическими картами М 1:100 000 и М 1:200 000, картой растительности Юго-Восточной Сибири М 1:1 500 000.

Финальным этапом классификации является оценка достоверности результатов классификации (верификация). Нами было выбрано комбинирование полевого и камерального методов оценки качества идентификации результатов классификации.

Летом 2006 и 2008 гг. нами были проведены исследовательские работы в Забайкальском национальном парке в северо-восточной части полуострова Святой Нос в окрестностях Онкогонской бухты и его юго-восточной части в окрестностях местности Глинка. В основу полевого дешифрирования лег маршрутно-полевой метод, который состоит из описания лесных сообществ, географической привязки описаний пробных площадок (использование GPS-навигаторов), сбора гербарных образцов, описания геоботанических профилей, фотографирования эталонных участков. Описывались наиболее типичные участки лесных сообществ, характерные для восточного побережья и восточного склона хребта полуострова Святой Нос. На исследуемой территории в пределах лесного пояса наибольшее распространение получили светлохвойные леса с доминированием сосны обыкновенной с участием лиственницы сибирской и мелколиственной растительности (березы и осины). В северо-восточной части полуострова встречаются пихтовые сообщества и незначительное участие кедра сибирского. У подножия хребта и на побережье также распространены смешанные леса сосны и березы. Подлесок развит, состоит в основном из рододендрона даурикум и душейки кустарниковой. На юго-восточном побережье в подлеске лесного пояса встречается кедровый стланик.

Наряду с коренными лесными сообществами были описаны производные лесные сообщества на местах гарей и рубок. По данным сотрудников Забайкальского национального парка, на описанной территории в 60-х годах прошли обширные пожары, а в 80-х были проведены рубки сухостоя. На сегодняшний день места пожаров представляют собой молодые березняки или осинники с редко встречающимися старыми обгорелыми и сохранившимися лиственницами и соснами.

На основе полученных материалов и дешифрирования космических снимков была составлена предварительная карта лесов Забайкальского национального парка М 1:100 000 (рис. 1).

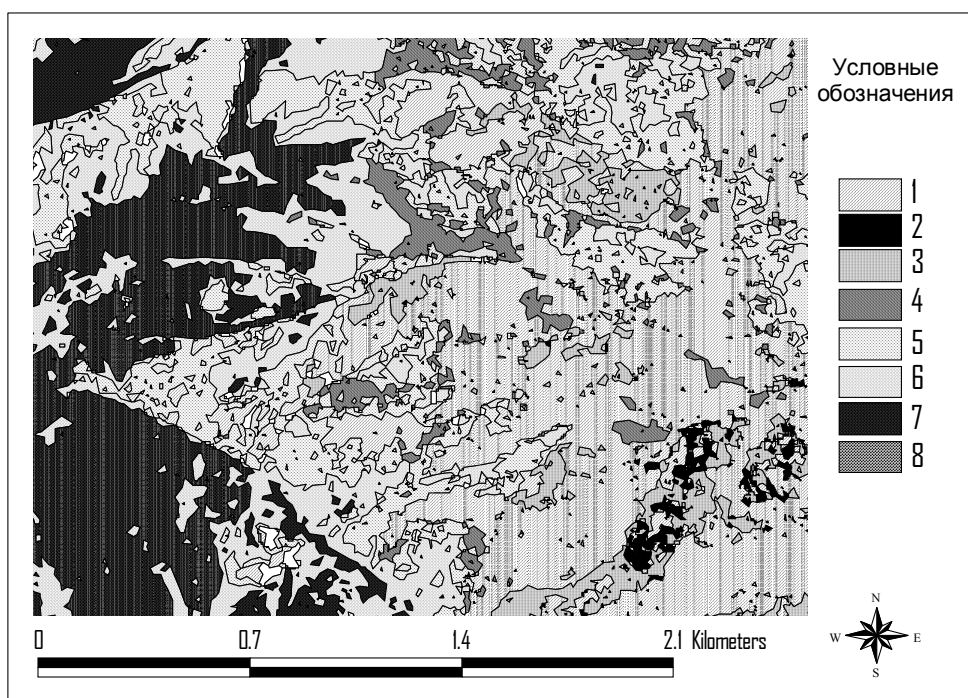


Рис. 1. Фрагмент предварительной карты лесов Забайкальского национального парка

Пояснения к условным обозначениям:

- 1- светлохвойные леса
- 2- темнохвойные леса
- 3- заросли кедрового стланика / редколесья на местах гарей, рубок
- 4- мелколиственные леса
- 5- заболоченные участки, облесенные болота / восстанавливающиеся гари, рубки
- 6- каменистые поверхности с остепненными участками, рединами и фрагментами кедрового стланика
- 7- скалы и каменистые осыпи в сочетании со мхами, лишайниками, карликовой и круглолистной березкой, кедровым стлаником
- 8- свежие гари.

Дешифрирование данных со спутника IRS-P6 с пространственным разрешением 6 метров и ASTER VNIR (с пространственным разрешением 15 метров) с привлечением лесоустроительных материалов, топографических карт и полевых работ позволяет проводить крупномасштабное картографирование лесных покровов с выделением различных лесных формаций, мест гарей и рубок, восстановления лесной растительности. Тем не менее существуют некоторые сложности в процессе автоматизированной классификации данных ДЗЗ. Сложная структура лесного покрова, огромное разнообразие сочетаний различных лесных сообществ, схожая спектральная отражательная способность приводят к тому, что во время автоматизированной классификации различные классы могут объединяться в один класс или, наоборот, одинаковые классы могут попасть в разные классы. Привлечение планов лесонасаждений дает не всегда однозначные результаты, т.к. лесоводственная оценка породного состава лесов отличается от принятой в ботанике, поэтому не всегда стоит полагаться на лесоустроительные материалы. Преобладающей породой в геоботанике считается порода, имеющая наибольшее количество особей на единицу площади, или древесная порода, преобладающая по запасу стволовой древесины. В то же время на планах лесонасаждений состав древостоев изображается по хозяйственно главной породе (далеко не всегда преобладающей по запасу древесины) или по преобладающей породе (если хозяйственные секции не выделяются). Одной из проблем при сопоставлении результатов автоматизированной классификации и планов лесонасаждений является то, что смешанный древостой на планах лесонасаждений изображается цветом одной хозяйственно главной породы или одной из главных, если их в данном хозяйстве несколько [2]. Это приводит к затруднениям, т.к. при дешифрировании космоснимка иногда получается так, что по визуальным признакам преобладает одна древесная порода, а в лесоустроительных материалах указана другая.

На данном этапе работ в условных обозначениях к некоторым выделенным классам применяется несколько вариантов пояснений. В дальнейшем планируется увеличение количества описания эталонных участков для идентификации разных объектов, попадающих в один класс, уточнения границ выделенных классов.

Работа выполнена при финансовой поддержке программ «Фундаментальные исследования и высшее образование» (проект НОЦ-017 «Байкал»), «Развитие научного потенциала высшей школы» (проект РНП 2.2.1.1.7334) и Иркутского государственного университета.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Картоведение: Учебник для вузов* /А.М. Берлянт и др. М.: Аспект Пресс, 2003. 477 с. (Серия «Классический университетский учебник»).
2. *Богоявленский Б.А., Попов Л.В.* Об использовании материалов лесоустройства при создании геоботанических карт // Вопросы тематического картографирования. Мат. к III науч.-техн. конф. по картографии. Иркутск: Типография № 1 Иркутского областного управления по печати, 1970. С. 250.

УДК 630*232.324.3

СОДЕРЖАНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ СТРЕССОВОГО СОСТОЯНИЯ В РАЗНОГУСТОТНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ ХВОЙНЫХ

И.В. ЧУБУГИНА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Анализировали изменение общего содержания фенольных соединений, экстрагируемых этанолом, и водорастворимых фенольных соединений в течение вегетационного периода в лубе ствола и хвое сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) и кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) в зависимости от густоты посадки. Было обнаружено, что при увеличении густоты насаждения содержание фенольных соединений значительно уменьшается.

При формировании древостоев в условиях сильной загущенности деревья конкурируют за ресурсы, к которым относятся свет, вода и элементы минерального питания, при этом существенно меняются показатели продуктивности [12]. Ранее нами было показано [9, 10], что в условиях усиленной конкуренции в органах и тканях сосны обыкновенной и лиственницы сибирской снижается содержание общего и белкового азота, свободных аминокислот, крахмала, жиров и водорастворимых фенольных соединений в хвое и лубе в конце вегетации, что приводит к снижению интенсивности ксилогенеза и устойчивости деревьев. Снижение растворимых фенольных соединений также было обнаружено в условиях резко выраженного дефицита влаги в листьях березы [6]. В большинстве случаев исследователи отмечают повышение содержания фенольных соединений в тканях растений в стрессовых условиях [13, 8]. Известно, что фенольные соединения могут выступать в роли низкомолекулярных антиоксидантов, предотвращающих и уменьшающих последствия окислительного стресса [16, 14]. Накопление низкомолекулярных фенольных соединений в тканях хвойных является индикационным признаком низкотемпературного и водного стрессов [1]. Таким образом, сведения о влиянии различных факторов на содержание фенольных соединений в тканях древесных растений достаточно противоречивы, и этот вопрос остается малоизученным. В связи с этим было предпринято данное исследование, целью которого явилось изучение содержания фенольных соединений в органах и тканях двух видов сосны под воздействием фитоценотического стресса.

Объектами исследования служили 25-летние культуры сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) и кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour), заложенные в подзоне южной тайги Средней Сибири в Большемуртинском лесхозе Красноярского края на серых лесных почвах с начальной густотой 0,5 и 128 тыс. экз./га.

Образцы луба и хвои отбирали с 10-12 средних модельных деревьев в течение вегетационного периода 2007 г. один раз в месяц с июня до конца сентября. Для каждого анализа использовалась двухграммовая навеска из среднего образца хвои текущего года и 1-летней хвои, взятой с 5-10 мутовок. Среднюю пробу луба ствола составляли из высечек размером 1х5 см. Анализы проводились в трехкратной аналитической повторности, данные обрабатывались статистически.

Ткани в лабораторных условиях фиксировали в кипящем 96 %-ном этаноле, так как при этих условиях наиболее вероятно сохранение состава фенольных соединений по сравнению с другими способами фиксации [7]. Образцы растирали до гомогенного состояния и проводили исчерпывающую пятикратную экстракцию поочередно 96 %- и 80 %-ным этанолом при 50°C. Экстракты выпаривали в фарфоровых чашках на водяной бане при температуре 35°C. Каротиноидные пигменты и хлорофилл удаляли промыванием остатка толуолом [2]. Очищенный экстракт доводили до объема 80 %-ным этанолом, затем проводили определение общего содержания фенольных соединений [4] и

водорастворимых фенольных соединений [3].

В лубе ствола свободнорастущих деревьев (густота посадки – 0,5 тыс. экз./га) обеих изучаемых пород был обнаружен максимум содержания фенольных соединений в июле. При этом было отмечено увеличение содержания водорастворимых фенольных соединений в сентябре. Процентное содержание водорастворимых форм фенольных соединений от общего их содержания к сентябрю достигало 80 %, что может быть связано с осенним накоплением запасных веществ, роль которых могут выполнять и фенольные соединения. Так, гликозиды флавоноидов могут расщепляться, образуя агликон фенольной природы и гликозидный остаток, или полностью подвергаться катаболизму, вплоть до углекислоты в процессе дыхания [5]. Кроме того, гликозидный остаток в гликозидах фенолов может служить своеобразной формой запасания сахаров [15].

В лубе ствола угнетенных деревьев (густота посадки – 128 тыс. экз./га) сосны и кедра было обнаружено значительное снижение содержания фенольных соединений по сравнению со свободнорастущими. При этом был отмечен сдвиг летнего максимума – с июля у свободнорастущих деревьев до августа у угнетенных. Содержание водорастворимых фенольных соединений в лубе ствола угнетенных деревьев в сентябре не увеличивалось, в отличие от свободнорастущих. Однако доля водорастворимых форм фенольных соединений заметно возрастала до 90 % в сентябре.

В хвое исследуемых свободнорастущих деревьев наблюдались значительные межвидовые различия сезонной динамики фенольных соединений. В хвое текущего года кедра максимальное количество общих и водорастворимых фенольных соединений было отмечено в сентябре. В 1-летней хвое наблюдалось снижение фенольных соединений до августа с резким увеличением их количества в сентябре. Такая же динамика была отмечена и для процентного содержания водорастворимых фенольных соединений. У сосны в 1-летней хвое так же, как и в лубе ствола, максимум фенольных соединений наблюдался в июле, доля водорастворимых форм фенольных соединений увеличивалась к сентябрю. В хвое текущего года максимальное количество фенольных соединений наблюдалось в августе с последующим снижением их количества, при этом доля водорастворимых фенольных соединений в течение вегетационного сезона не менялась.

В отличие от луба ствола, динамика содержания фенольных соединений и изменение процентного содержания водорастворимых фенолов в хвое угнетенных деревьев была такой же, как и у свободнорастущих. В целом, так же как и в лубе ствола, в хвое было отмечено снижение содержания фенольных соединений при увеличении густоты произрастания. В первую очередь, на наш взгляд, это связано с недостатком освещенности, так как дефицит элементов минерального питания и воды в большинстве случаев приводит к накоплению фенольных соединений в органах и тканях растений [5, 14]. Как известно, освещение стимулирует образование фенольных соединений за счет увеличения активности ряда ферментов фенольного метаболизма и активации фитохрома, который участвует в нефотосинтетическом образовании фенольных соединений [14]. Уменьшение содержания фенольных соединений, являющихся предшественниками лигнина и дубильных веществ, в сочетании с понижением активности гидролитических ферментов и фенилаланинаммиак-лиазы у угнетенных деревьев в загущенных древостоях [11] приводит к снижению синтеза основных структурных полимеров клеточных стенок, что в целом ведет к уменьшению ширины годичного кольца и продуктивности деревьев.

По результатам работы были сделаны следующие выводы:

1. При увеличении густоты посадки деревьев сосны и кедра содержание фенольных соединений, экстрагируемых этанолом, уменьшается, причем в лубе ствола в большей степени, чем в хвое.
2. В лубе ствола угнетенных деревьев наблюдается сдвиг летнего максимума фенольных соединений по сравнению со свободнорастущими. В хвое изменений в динамике в зависимости от фитоценотического стресса обнаружено не было.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 07-04-00199.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Биохимические* индикаторы стрессового состояния древесных растений / Н.Е. Судачкова, И.В. Шеин, Л.И. Романова и др. Новосибирск: Наука, Сиб. предприятие РАН, 1997. 176 с.
2. *Вараксина Т.Н. Колесник Г.М.* Количественное определение флавоноидов в тканях лиственницы сибирской. Физиолого-биохимические методы исследования древесных растений. Красноярск, 1977. С. 93-99.
3. *Ермаков А.И., Арасимович В.В., Смирнова-Иконникова М.И., Ярош Н.П., Луковникова Г.А.* Методы биохимического исследования растений. Л.: Колос, 1972. 456 с.
4. *Запрометов М.Н.* Фенольные соединения и методы их исследования. Биохимические методы в физиологии растений / Под ред. О.А. Павлиновой. М.: Наука, 1971. С. 185-197.
5. *Запрометов М.Н.* Фенольные соединения. Распространение, метаболизм и функции в растениях. Москва: Наука, 1993. 271 с.
6. *Кавеленова Л.М., Лищинская С.Н., Карандаева Л.Н.* Особенности сезонной динамики водорастворимых фенольных соединений в листьях березы повислой в условиях урбосреды в лесостепи (на примере Самары) // *Химия растительного сырья*, 2001, 3. С. 91-96.

7. Минаева В.Г. Флавоноиды в онтогенезе растений и их практическое использование. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1978. 256 с.
8. Олениченко Н.А., Осипов В.И., Загоскина Н.В. Фенольный комплекс листьев озимой пшеницы и его изменение в процессе низкотемпературной адаптации растений // Физиология растений, 2006, т.53, 4. С. 554-559.
9. Плаксына И.В. Влияние фитоценоотического стресса на рост и метаболизм основных лесообразующих пород Сибири: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 2003. 18 с.
10. Плаксына И.В., Судаchkова Н.Е., Бузыкин А.И. Влияние густоты посадок на ксилогенез и метаболизм сосны обыкновенной и лиственницы сибирской // Лесоведение, 2003. С. 47-53.
11. Судаchkова Н.Е., Милюткина И.Л., Кожевникова Н.Н., Семенова Г.П. Изменение метаболизма деревьев сосны обыкновенной в процессе естественного изреживания древостоя // Лесоведение, 1993, 4. С. 11-18.
12. Усманов И.Ю., Рахманкулова З.Ф., Кулагин А.Ю. Экологическая физиология растений: Учебник. М.: Логос, 2001. 224 с.
13. Фуксман И.Л., Новицкая Л.Л., Исидоров В.А., Роцин В.И. Фенольные соединения хвойных деревьев в условиях стресса // Лесоведение, 2005, 3. С. 4-10.
14. Blokhina O., Virolainen E., Fagerstedt K.V. Antioxidants, Oxidative Damage and Oxygen Deprivation Stress: A Review // Ann. Bot., 2003, v. 91. Pp. 179-194.
15. Chalker-Scott L. Environmental Significance of Anthocyanins in Plant Stress Responses // Photochem. Photobiol., 1999, v. 70. Pp. 1-9.
16. Rice-Evans C.A., Miller N.J., Paganga G. Antioxidant Properties of Phenolic Compounds // Trends Plant Sci., 1997, v. 2. Pp. 152-159.

РОЛЬ ЖИВОТНЫХ И МИКРООРГАНИЗМОВ В ПРОЦЕССАХ ЛЕСООБРАЗОВАНИЯ И ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ

УДК 630*182.23/8:266

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА НАСЕЛЕНИЯ ГЕРПЕТОБИЯ (*COLEOPTERA*, *CARABIDAE*, *TENEBRIONIDAE*) ЛЕНТОЧНЫХ СОСНОВЫХ БОРОВ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

В.В. АНЮШИН

Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, Абакан

АННОТАЦИЯ

Стационарные наблюдения за структурой населения герпетобионтных жулици и чернотелок с интервалом в 24 года в модельном Краснотуранском бору показало изменчивость видового состава, в основном – за счет флуктуаций численности редких и малочисленных видов. В ходе сукцессии березняков Пролувиальных днищ исчезают ранее обильные *Dyschirius globosus* Herbst. и *Epaphius secalis* Pk. Пространственная структура герпетобионтного населения боров в ходе сукцессии становится более дифференцированной.

Жулици и чернотелки формируют одну из самых многочисленных и богатых видами групп герпетобия, являясь соответственно прожорливыми хищниками и фитосапрофагами. Они мало специализированы в выборе пищи и не способны к миграциям, что делает их индикаторами биогеоценотических режимов лесов, в том числе – в уникальных по природным, защитным, водоохраным и санитарно-гигиеническим функциям ленточных борах Средней Сибири [4]. Цели работы – построение методики исследований и изучение изменений структуры герпетобионтного населения в течение времени, соизмеримого с переходом лесных сообществ из одного возрастного состояния в другое. Нам неизвестны работы по столь длительному мониторингу лесного герпетобия.

Таблица 1. Видовой состав населения герпетобия Краснотуранского бора в 1980 – 1982 (числитель) и 2004 – 2006 (знаменатель) годах ("+" – вид отмечен в учетах; "-" – вид отсутствует в учетах)

№ п/п	Виды	Наличие	№ п/п	Виды	Наличие	№ п/п	Виды	Наличие
	сем. Carabidae		29	<i>Calathus melanocephalus</i> L.	+/+	58	<i>H. froelichi</i> Sturm.	+/+
1	<i>Cicindela coerulea nitida</i> Licht.	+/+	30	<i>C. erratus</i> C.R. Sahlb.	+/+	59	<i>H. hirtipes</i> Pz.	+/+
2	<i>C. silvatica</i> L.	+/+	31	<i>Synuchus vivalis</i> Ill. (= <i>nivalis</i> Pz.)	+/+	60	<i>H. latus</i> L.	+/+
3	<i>Calosoma denticolle</i> Gebl.	+/+	32	<i>Agonum fuliginosum</i> Pz.	+/+	61	<i>H. lumbaris</i> Mnnh.	-/+
4	<i>Carabus aeruginosus</i> F-W.	+/+	33	<i>A. gracilipes</i> Duft.	+/+	62	<i>H. macronotus</i> Tschit.	+/+
5	<i>C. arcensis</i> (= <i>arvensis</i>) Hbst.	+/+	34	<i>A. impressum</i> Pz.	+/+	63	<i>H. pallidipennis</i> Mor.	+/+
6	<i>C. canaliculatus</i> Ad.	+/+	35	<i>A. micans</i> Nic.	-/+	64	<i>H. pusillus</i>	+/+
7	<i>C. cribellatus</i> Ad.	+/+	36	<i>A. viduum</i> Pz.	-/+	65	<i>H. laevipes</i> Zett. (= <i>quadrupunctatus</i> Dej.)	+/+
8	<i>C. kruberi</i> F. – W.	+/+	37	<i>Taphoxenus dauricus</i> Motsch.	+/+	66	<i>H. rubripes</i> Duft.	+/+
9	<i>C. regalis</i> F. – W.	+/+	38	<i>Amara apricaria</i> Pk.	+/+	67	<i>H. smaragdinus</i> Duft.	+/+
10	<i>C. schoenherri</i> F. – W.	+/+	39	<i>A. communis</i> Pz.	+/+	68	<i>Lebia cruxminor</i> L.	+/+
11	<i>C. sibiricus</i> F. – W.	+/+	40	<i>A. consularis</i> Duft.	+/+	69	<i>Chlaenius tristis</i> Schall.	+/+
12	<i>Leistus rufescens</i> F.	+/+	41	<i>A. eurynota</i> Pz.	+/+	70	<i>Badister bullatus</i> Schrnk. (= <i>bipustulatus</i> F.)	+/+
13	<i>Notiophilus aqusticus</i> L.	+/+	42	<i>A. famelica</i> Zimm.	+/+	71	<i>Badister</i> sp.	-/+
14	<i>Clivina fossor</i> L.	+/+	43	<i>A. majuscula</i> Chd.	+/+	72	<i>Bembidion obscurellum</i> Motsch.	-/+
15	<i>Dyschirius globosus</i> Herbst.	+/+	44	<i>A. municipalis</i> Duft.	+/+	73	<i>Dromius quadratocollis</i> A. Mor.	+/+
16	<i>Epaphius secalis</i> Pk.	+/+	45	<i>A. ovata</i> F.	+/+	74	<i>Cymindis angularis</i> Cyll.	+/+
17	<i>Patrobus excavatus</i> Pk.	+/+	46	<i>A. pastica</i> Dej.	+/+	75	<i>C. faldermanni</i> Gistl.	+/+
18	<i>Poecilus cupreus</i> L.	+/+	47	<i>A. similata</i> Gyll.	+/+	76	<i>C. vaporariorum</i> L.	+/+
19	<i>P. fortipes</i> Chd.	+/+	48	<i>Curtonotus aulicus</i> Pz.	+/+		сем. Tenebrionidae	
20	<i>P. gebleri</i> Dej.	+/+	49	<i>C. fodinae</i> Mnnh.	+/+	1	<i>Anatolica holdereri</i> Rtt.	+/+

№ п/п	Виды	Наличие	№ п/п	Виды	Наличие	№ п/п	Виды	Наличие
21	<i>P. lepidus</i> Leske.	-/+	50	<i>Ophonus rupicola</i> Sturm.	+/-	2	<i>Blaps reflexa</i> Gebl.	+/+
22	<i>P. versicolor</i> (= <i>coerulescens</i>) Sturm.	-/+	51	<i>Pseudoophonus calceatus</i> Duft.	+/+	3	<i>B. rugosa</i> Gebl.	+/+
23	<i>P. punctulatus</i> Schall.	-/+	52	<i>P. rufipes</i> Deg.	+/+	4	<i>Platyscelis rugifrons</i> Germ.	+/+
24	<i>Pterostichus diligens</i> Sturm.	+/-	53	<i>H. anxius</i> Duft.	+/+	5	<i>Oodescelis polita</i> Sturm.	+/+
25	<i>P. magus</i> Mnnh.	+/+	54	<i>H. brevicornis</i> Germ.	+/-	6	<i>Opatrum sabulosum</i> L.	+/+
26	<i>P. niger</i> Schall.	+/+	55	<i>H. brevis</i> Motsch.	+/-	7	<i>Crypticus quisquilius</i> Pk.	+/+
27	<i>P. oblongopunctatus</i> F.	+/+	56	<i>H. distinguendus</i> Duft.	+/-	8	<i>Bolitophagus reticulatus</i> L.	+/-
28	<i>P. strenuus</i> Pz.	+/+	57	<i>H. ellipticus</i> Ball.	+/+	9	<i>Upis ceramoides</i> L.	+/-

Население герпетобия пространственно непрерывно, распределение его видов в ряду биоценозов имеет вид континуума [4], поэтому для выявления его пространственной структуры необходима классификация сообществ. При классификации производится разбиение множества объектов на классы по наиболее существенным признакам [16]. Для этого важны [1]: определение объекта классификации (здесь – сообщества герпетобионтов), способ подбора объектов (закладка пробных площадей на ландшафтно-экологических профилях [2]), признаки, по которым проводится разбиение на классы

(видовой состав, численность видов и их относительное обилие [4, 10]) и способ разбиения на классы (метод Маунтфорда [7] или графы близости [1313, 8] на основе меры сходства состава сообществ [1111] – индекса Чекановского-Серенсена [12]). Результат зависит от адекватности методики измерения свойств (признаков) объектов классификации (применены консимильтивные ловушки Барбера [3, 4, 1414, 1515]) и от способа композиции разных признаков для отражения различных аспектов сходства объектов (способ наложения графов близости [3, 4]). Исследования велись в 1980 – 1982 и в 2004 – 2006 годах в Краснотуранском ленточном бору (правобережье Ербино-Сыдинской котловины Минусинской впадины) на 30 постоянных пробных площадях (ПП) на ландшафтном профиле протяженностью около 3 км, пересекающем 6 урочищ [4, 5, 6, 9]. Объем учетов составил около 150 тыс. экземпляров имаго. Из 76 видов жуков, обнаруженных в Краснотуранском бору за весь период наблюдений, отлавливались только в 1980 – 1982 гг. 20 видов, а только в 2004 – 2006 гг. – 10 (табл. 1), т.е. постоянно обнаруживаются 46 видов, в основном – наиболее обычных и многочисленных. Редкие и малочисленные виды жуков могут не попадать в учеты из-за флуктуаций численности, а такие виды как *Dyschirius globosus* Herbst. и *Epaphius secalis* Pk., ранее обильные в березняках дернистоосоково-папоротниково-

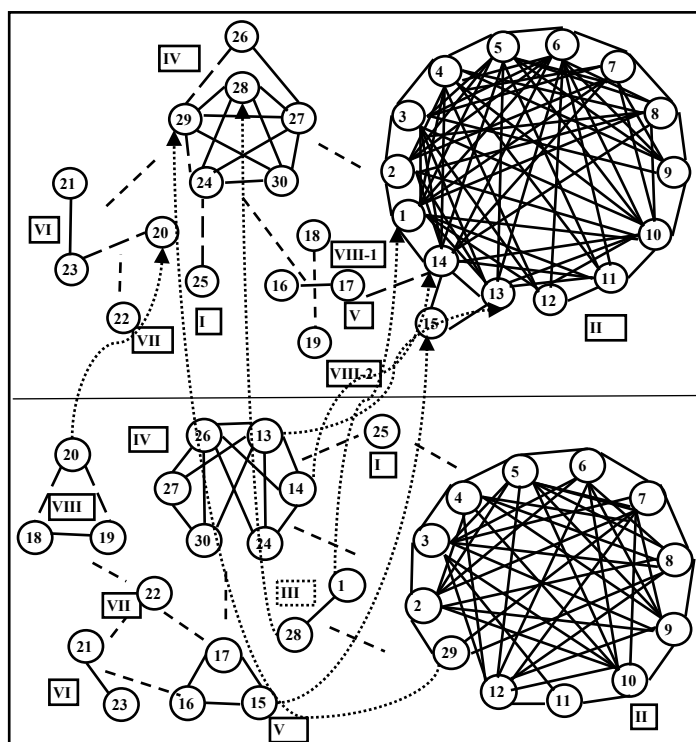


Рис. 1. Изменение пространственной структуры населения герпетобия Краснотуранского бора (классификация по численности и обилию видов).

Вверху – 2004 – 2006 гг.: — $A \geq 667$, $B \geq 667$; — — — $A \geq 500$, $B \geq 500$; - - - - - наиболее сходные классы сообществ; **внизу** – 1980 – 1982 гг.: — $A \geq 750$, $B \geq 750$ — — — $A \geq 667$, $B \geq 667$; - - - - - наиболее сходные классы сообществ. А – значение индекса Чекановского-Серенсена, рассчитанное на основе численности видов в сообществах, В – по относительному обилию видов в сообществах. Точечными стрелками указаны изменения положения сообществ в структуре населения. 1-30 – сообщества (по обозначениям пробных площадей), I-VIII – классы сообществ

вейниковых на торфяно-перегнойных глеевых почвах, исчезают в ходе сукцессии. Из 9 видов чернотелок в последние годы не обнаруживаются 2 вида, по питанию связанные с березами.

Постоянные пробные площади на ландшафтно-экологическом профиле, пересекающем урочища А-Д Краснотуранского бора, описаны по их состоянию в 1980 – 1982 гг.

А. Плоские пролювиальные днища между увалами и сопками. Депрессии занимают березняки (*Betula alba* L.) дернистоосоково-папоротниково-вейниковые на торфяно-перегнойных глеевых почвах (ПП 25). На границах с урочищем Б произрастают сосняки (далее С.) с березой хвощево-зелено-мошно-осочковые приозерные (ПП 29), с урочищем Г – С. с березой хвощево-зелено-мошно-осочковые приозерные (ПП 24), с урочищем Е (пологонаклонные террасовидные поверхности) – С. лишайниково-зеленомошно-вейниковые.

Б. Пологие склоны. Основу составляют С. лишайниково-зеленомошно-вейниковые северных склонов дюн и междюнных понижений пологих северных и северо-восточных мезосклонов останцов в основном на светло-серых лесных грубогумусно-моховых (ПП 2, 6, 8, 9, 12), частью на серых грубогумусных почвах на двучленных отложениях (ПП 3, 4, 10). Менее распространен С. лишайниково-зеленомошный выположенных дюн северных и северо-восточных мезосклонов останцов на дерново-боровой слаборазвитой грубогумусной почве (ПП 7). К наиболее продуктивным супесям приурочен березняк (*Betula pendula* Roth.) вейниково-осочковый пологих северных мезосклонов останцов на темно-серой лесной грубогумусно-листовой супесчаной почве на двух-трехчленных отложениях (ПП 11).

В. Узкие плакоры. Представляют собой вытянутые плакорообразные возвышения, прилегающие к вершинам сопок. Произрастает С. лишайниково-зеленомошно-вейниковый на дерново-боровой слаборазвитой оподзоленной грубогумусной маломощной почве (ПП 1).

Г. Вогнутые покатые и пологие склоны южной и западной экспозиции с дюнами. Представлены три типа леса: С. остепненно-лишайниково-зеленомошный южных склонов и вершин дюн пологих и покатых южных и западных мезосклонов останцов на дерново-боровых слаборазвитых грубогумусных оподзоленных или выщелоченных почвах (ПП 15, 16, 17), С. остепненно-лишайниково-зеленомошный выположенных дюн южных и западных пологих и покатых мезосклонов останцов на дерново-боровой слаборазвитой оподзоленной грубогумусной почве (ПП 30), С. лишайниково-зеленомошно-вейниковый северных склонов дюн и междюнных понижений пологих и покатых южных и западных мезосклонов останцов на дерново-боровой примитивной грубогумусной (ПП 13) и дерново-боровой слаборазвитой оподзоленной грубогумусной (ПП 14) почвах.

Д. Вершины и крутые прямые склоны сопок. На дневных выходах пород гранитогнейсов распространены: полынно-ковыльная степь верхней части каменистых крутых склонов вершин останцов на слабовыщелоченном сильноэродированном черноземе (ПП 19); С. полынно-ковыльно-лишайниковый вершин останцов на дерново-боровой развитой выщелоченной на двучленных отложениях почве (ПП 18); С. мятликово-осочковый подножия южных крутых склонов останцов на слабовыщелоченном муллевом среднемощном черноземе на двучленных отложениях (ПП 20); С. лишайниково-зеленомошно-вейниковый крутых северных склонов останцов на дерново-боровой слаборазвитой оподзоленной грубогумусной почве (ПП 28). Ниже останцового комплекса расположены: С. остепненно-лишайниково-зеленомошный южных склонов и вершин дюн крутых южных мезосклонов останцов на дерново-боровой примитивной выщелоченной муллевой почве (ПП 21, 23); С. остепненно-лишайниковый крутых южных мезосклонов останцов на слабозакрепленных борových песках (ПП 22).

Изменения, произошедшие в структуре населения герпетобия с 1982 по 2006 годы, в целом сводятся к усилению его дифференциации, видимо, в связи с увеличением вертикальной мощности лесных биогеоценозов и ходом сукцессии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александрова В.Д. Классификация растительности. Обзор принципов классификаций и классификационных систем в разных геоботанических школах. Л.: Изд-во Наука, 1969. 273 с.
2. Аношин В.В. Видовой состав и особенности пространственного распределения жуужелиц и чернотелок (Coleoptera, Carabidae, Tenebrionidae) в Краснотуранском бору Идринского лесхоза // Насекомые лесостепных боров Сибири. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1982. С. 76-98.
3. Аношин В.В. Методика изучения пространственной структуры населения и классификации сообществ мезогерпетобия // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий: Докл. XII Межд. науч. школы-конференции студентов и молодых ученых, ноябрь 2008, Абакан. Абакан: Изд-во ХГУ, 2008. С. 56-59.
4. Аношин В.В. Пространственная структура и экологическая характеристика населения герпетобия ленточных боров Средней Сибири: Автореф. дис.... канд. биол. наук: 03.00.16. Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1986. 20 с.
5. Аношин В.В. Экологический состав и классификация сообществ герпетобионтных насекомых (Coleoptera, Carabidae, Tenebrionidae) ленточных боров Средней Сибири // Вопросы экологии беспозвоночных. Сб. науч. тр. Томск: Томский гос. ун-т, 1988. С. 35-43.
6. Аношин В.В., Нестеренко Н.А. Динамика структуры герпетобионтного населения (Coleoptera, Carabidae, Tenebrionidae) Краснотуранского бора (1980 – 2006 гг.) // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий: Докл. XI Межд. науч. школы-конференции студентов и молодых ученых, ноябрь 2007, Абакан. Абакан: Изд-во ХГУ, 2007. С. 65-68.
7. Гиляров М.С. Зоологический метод диагностики почв. М.: Наука, 1965. 278 с.
8. Матула Д.В. Методы теории графов в алгоритмах кластер-анализа // Классификация и кластер. М.: 1980. С. 83-111.
9. Нестеренко Н.А., Аношин В.В., Шиланков Г.В. Динамика видового состава и биогеоценологическое распределение

- герпетобия (Coleoptera, Carabidae, Tenebrionidae) в Краснотуранском ленточном бору (1980 – 2006 гг.) // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий: Докл. XI Межд. науч. школы-конференции студентов и молодых ученых, ноябрь 2007, Абакан. Абакан: Изд-во ХГУ, 2007. С. 68-70.
10. *Песенко Ю.А.* Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 287 с.
 11. *Семкин Б.И., Двойченко В.И.* Об эквивалентности мер сходства и различия // Исследования систем. Т. I. Сложные системы. Владивосток, 1973. С. 95-104.
 12. *Семкин Б.И.* Об аксиоматическом подходе к определению мер различия и квазиразличия на семействах множеств // Информационные методы в системах управления, измерения и контроля: Докл. II Всесоюз. семинара. Т. I. Владивосток, 1972. С. 208-213.
 13. *Сокал Р.Р.* Кластер-анализ и классификация: предпосылки и основные направления // Классификация и кластер. М.: 1980. С. 7-19.
 14. *Тихомирова А.Л.* Учет напочвенных беспозвоночных // Методы почвенно-зоологических исследований. М.: Наука, 1975. С. 73-85.
 15. *Barber H.S.* Traps for cave-inhabiting insects // J. Elish. Mittschell. Sci. Soc., 1931, 46. Pp. 259-266.
 16. *Sneath P.H.A., Sokal R.R.* Numerical taxonomy: The principles and practices of numerical classification. San Francisco: Freeman, 1973. 573 pp.

УДК 591.61: 591.9

СТРУКТУРА НАСЕЛЕНИЯ ПОЧВЕННОЙ МЕЗОФАУНЫ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ САЛАИРА

А.С. БАБЕНКО

Томский государственный университет, Томск

АННОТАЦИЯ

Изучена структура населения почвенной мезофауны в черневых лесах Салаирского края. Показана доминирующая роль сапрофагов, в частности, многоножек-диплопод в составе мезофауны почв исследуемой территории. Прослежено изменение численности основных групп мезофауны в ряду циклической сукцессии (осинник – пихтач – поляна), типичной для черневой тайги. Показано, что климатические условия региона благоприятствуют высокой активности беспозвоночных почвенного яруса.

В последние годы существенно возрос интерес к изучению почвенной биоты как важному компоненту природных и антропогенно трансформированных экосистем. Это связано не только с незаменимой ролью почвенных организмов в формировании почвенного плодородия, но и с широким использованием почвенных животных в экологических исследованиях в качестве модельных объектов. В то же время степень изученности почвенных животных во всех природных зонах намного ниже по сравнению с обитателями наземно-воздушной среды. Лесные экосистемы юга Сибири не являются исключением. В горных экосистемах юга Сибири некоторые вопросы экологии беспозвоночных лесных почв, в частности, распределение жесткокрылых и других членистоногих в различных лесных биогеоценозах, изучались в сосновых лесах Южного Приангарья [4-6], в бассейне р. Енисей [2-3], в зоне средней тайги Западной Сибири [10], в Кузнецком Алатау и прилегающих регионах [1, 7-9], а также на Салаире [13]. В основном эти работы посвящены роли отдельных групп педобионтов в экосистемах; комплексного изучения структуры населения почвенной фауны Салаира до последнего времени не проводилось.

Изучение структуры населения крупных почвообитающих беспозвоночных (мезофауны) проводилось нами в черневых лесах Салаирского края. Для салаирских черневых лесов характерна парцеллярная структура. Осиновые крупнотравные парцеллы чередуются здесь с пихтовыми парцеллами и крупнотравными полянами [11]. Изучение почвообитающих беспозвоночных проводилось в осевой части Салаирского края, в 16 км к юго-западу от пос. Мирный Новосибирской области. Учеты педобионтов проводились на трех участках, представляющих собой последовательные стадии циклической сукцессии: в пихтовом мелкотравно-кустарниковом лесу, в осиновом крупнотравном лесу и на крупнотравно-борцовой поляне. Почвенные беспозвоночные учитывались ловушками Барбера с фиксатором (4 %-ный формалин), а также при ручной разборке проб почвы и подстилки.

К числу доминирующих групп мезофауны на изученной территории относятся жесткокрылые (Coleoptera), представленные в основном жуками-жужелицами (Carabidae), коротконадкрылыми жуками (Staphylinidae) и шелкунами (Elateridae), двупарноногие многоножки (Diplopoda), губоногие многоножки – кустянки (Chilopoda, Lithobiidae) и геофилы (Chilopoda, Geophylidae), а также дождевые черви (Lumbricidae). На лесных участках доминировали диплоподы (29,7 % от всех собранных педобионтов в пихтаче и 22 % – в осиннике), а на полянах – жуки-стафилиниды (16,2 %) (табл. 1).

Таблица 1. Относительная численность ведущих групп мезофауны лесных и луговых почв Салаира

Стадии сукцессии	Car	St	Dip	L	Gf	El	Lum
Пихтач	8,6	14,2	29,7	6,2	4,4	2,5	2,0
Осинник	10,1	16,4	22,0	4,0	3,5	2,1	4,0
Крупнотравная поляна	13,9	16,2	14,6	7,8	4,7	3,8	5,0

Условные обозначения здесь и в табл. 2: Car – Carabidae, St – Staphylinidae, Dip – Diplopoda, L – Chilopoda, Lithobiidae, Gf – Chilopoda, Geophyllidae, El – Elateridae, Lum – Lumbricidae.

Общая плотность населения педобионтов наиболее высока в осиновом лесу (до 450 экз./м²); здесь же очень высокой численности достигают представители отдельных систематических групп. Так, плотность населения жуков-стафилинид в почве и подстилке достигает наивысших значений для всех лесных биогеоценозов юга Сибири (99 экз./м²); их биомасса здесь (107 мг/м²) также намного выше, чем в осиновых лесах Кузнецкого Алатау или Приобья [1]. Численность стафилинид в пихтаче и на полянах ниже (91 и 82 экз./м² соответственно), но также значительно превосходит численность жуков в других типах леса. Представители другой группы хищных почвенных жесткокрылых – жужелицы – почти вдвое уступают по численности стафилинидам, а их плотность относительно выше на открытых участках крупнотравных полей (табл. 2).

На всех обследованных участках наиболее высока численность крупных сапрофагов-диплопод (до 219 экз./м² в осиннике и лишь немногим ниже в пихтовом лесу и на полянах). Плотность населения других сапрофагов (шелкунов, личинок двукрылых, дождевых червей) значительно ниже, чем двупарноногих многоножек. Хищные многоножки-литобииды по численности сопоставимы с жесткокрылыми, а геофилиды встречаются в 2-4 раза реже.

Таблица 2. Сравнительная плотность населения доминирующих групп мезофауны в черневой тайге Салаира, экз./м²

Стадии сукцессии	Car	St	Dip	Chil	Lum	El
Пихтач	8,6±3,5	91,0±5,8	193,7±8,8	120,1±9,0	15,0±0,9	12,5±2,0
Осинник	0,4±6,7	99,1±7,0	219,0±7,5	72,3±7,8	28,8±3,2	20,1±2,5
Поляна	3,9±4,4	82,2±4,8	204,8±6,8	14,6±6,5	34,4±2,8	6,8±0,4

Трофическая структура населения почвенной мезофауны лесных экосистем Салаира характеризуется значительным доминированием комплекса педобионтов-сапрофагов при преобладании многоножек-диплопод. Численность и пищевая активность многоножек во многом определяет скорость деструкции опада, что особенно важно для хвойных лесов, где численность таких важных деструкторов органических остатков в почве, как дождевые черви, невелика. Диплоподы играют большую роль в почвообразовании, т.к. питаются отмершими растительными остатками, вовлекают в почву листовую опад, способствуют его гумификации. Их экскременты, как и копролиты дождевых червей, становятся мелкими зернистыми структурными элементами почвы. Важной особенностью диплопод является то, что они, благодаря наличию в кишечнике симбиотных микроорганизмов, способны питаться хвойным опадом, недоступным большинству других почвенных беспозвоночных.

Зоофаги (при доминировании крупных жесткокрылых – жужелиц и стафилинид) значительно уступают по численности сапрофагам, но превосходят последних по видовому разнообразию почти на порядок. Почвенные фитофаги представлены в основном личинками насекомых – двукрылых и шелкунов. Общая доля фитофагов в трофической структуре населения почвенных беспозвоночных относительно невелика (табл. 3). Небольшая по численности группа копро- и некрофагов состоит преимущественно из пластинчатоусых жесткокрылых (Scarabaeidae) и жуков-мертвоедов (Silphidae), хотя последние часто обладают смешанным типом питания с преобладанием сапрофагии.

Таблица 3. Соотношение основных трофических групп почвенной мезофауны на Салаире, %

Стадии циклической сукцессии	Сапрофаги	Фитофаги	Зоофаги	Копро- и некрофаги
Пихтач	51,6	9,4	21,8	18,2
Осинник	50,1	17,9	18,0	14,0
Крупнотравная поляна	53,9	15,2	19,6	12,0

Следует отметить, что даже в суровых климатических условиях юга Сибири некоторые обитающие в почве и подстилке почвенные беспозвоночные сохраняют двигательную активность в зимний период. Наблюдения, проведенные нами в черневых лесах Салаирского края (вблизи пос. Мирный), показали, что при низкой положительной температуре субстрата (от 0,8 до 2,8°C) доля активных особей среди зимующих многоножек-диплопод составляет 10 %. Ранее феномен зимней активности беспозвоночных в сходных климатических условиях был отмечен в Южной Канаде [12].

На Салаире важным фактором, обеспечивающим благоприятные условия для выживания почвенных беспозвоночных, является высота снежного покрова. Толща рыхлого снега за счет его слабой

теплопроводности препятствует значительному промерзанию почвы. Здесь при средней мощности снежного покрова около 50 см почва промерзает на глубину до 80 см, а при глубине снега 95 см почва не промерзает глубже 5 см, причем температура промерзшего слоя остается близкой к 0°C. При мощности снежного покрова свыше 100 см мерзлым оказывается только верхний слой подстилки [8]. Благодаря теплоизолирующим свойствам снежного покрова период активности многоножек на Салаире оказывается заметно продолжительнее, чем на прилегающих территориях Западной Сибири.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бабенко А.С.* Экология стафилинид Кузнецкого Алатау. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1991. 189 с.
2. *Воробьева И.Г.* Структура животного населения почв средней тайги Приенисейского региона: Автореф. дис.... канд. биол. наук: 03.00.16. Москва: Ин-т проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН. М., 2002. 21 с.
3. *Воробьева И.Г., Рыбалов Л.Б., Россолимо Т.Е., Залеская Н.Т.* Зонально-ландшафтное распределение фауны и населения многоножек (Mugilopoda) в бассейне р. Енисей // Изучение биологического разнообразия Енисейского трансекта: Животный мир. М., 2002. С. 60-71.
4. *Дмитриенко В.К.* Распределение хищных членистоногих в лесной подстилке // Пространственная ориентация членистоногих и клещей. Томск, 1979. С. 116-119.
5. *Дмитриенко В.К.* Распределение стафилинид (Coleoptera, Staphylinidae) в лесах Южного Приангарья // Наземные членистоногие Сибири и Дальнего Востока. Иркутск, 1985. С. 16-23.
6. *Дмитриенко В.К.* Изменение структуры сообществ мезофауны в грунтах промышленных отвалов, используемых для лесовосстановления // Пробл. почв. зоологии. Докл. IX Всесоюз. совещ., 17-19 нояб. 1987 г., Тбилиси. 1987. С. 86-87.
7. *Ефимов Д.А.* К фауне жужелиц (Coleoptera, Carabidae) черневой тайги предгорий Горной Шории // Проблемы сохранения биологического разнообразия Южной Сибири. I Межрегион. науч.-практ. конф. 19-22 мая 1997 г. Кемерово: Кузбассвузиздат, 1997. С. 76.
8. *Ефимов Д.А.* Жужелицы темнохвойных лесов Кузнецкого Алатау и их роль в регуляции численности лесных фитофагов // Биологическая и интегрированная защита леса. Тез. докл. Межд. симп. 7-11 сент. 1998 г., Пушкино, Моск. обл., 1998. С. 31.
9. *Мордкович В.Г., Кулагин О.В.* Состав жужелиц и диагностика направления сукцессии техногенных экосистем Кузбасса // Изв. СО АН СССР. Сер. биол. наук, 1986, 13/2. С. 86-92.
10. *Порядина Н.М.* Почвенные беспозвоночные мезофауны средней тайги Западной Сибири // Зоол. журн., 1989, т. 68(5). С. 138-142.
11. *Экология сообществ черневых лесов Салаира* / Н.Н. Лашинский, В.Г. Лузанов, М.П. Ревякина и др. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1991. 73 с.
12. *Aitchison C.* Winter-active sub-nivean invertebrates in Southern Canada // Pedobiologia, 1979, v. 19(2). Pp. 121-128.
13. *Mikhailova E.V., Nefediev P.S., Nefedieva J.S.* New data on millipedes of the family Julidae (Diplopoda, Julida) from Altai, Siberia // Zootaxa, 2007, v. 1541. Pp. 57-63.

УДК 595.7*574.4

ВКЛАД РАЗНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП ДЕНДРОФИЛЬНЫХ НАСЕКОМЫХ В ПРОЦЕССЫ РАЗЛОЖЕНИЯ ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ

Н.С. БАБИЧЕВ¹, А.А. ЛЕСКОВА², Ю.Н. БАРАНЧИКОВ¹

¹Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН, Красноярск

²Хакасский государственный университет им. Н.Ф.Катанова, Абакан

АННОТАЦИЯ

Представители разных экологических групп насекомых-фитофагов по-разному влияют на разложение лесной подстилки – одно из косвенных последствий их трофической деятельности. В целом, зоогенный опад увеличивает скорость разложения подстилок. Азот из зоогенного опада зачастую депонируется в почвах под дефолированными растительными сообществами, что предотвращает его вынос из биогеоценоза.

Насекомые-фитофаги – неперенный компонент лесного биогеоценоза. Их воздействие на компоненты экосистемы наиболее очевидно при редких, но разрушительных вспышках массового размножения [3]. Между вспышками практически во всех типах лесных биоценозов планеты филофаги изымают в среднем лишь 7% массы листвы в год [1], что существенно ниже «порога чувствительности» древесных растений, после которого наступает реакция индуцированного иммунитета. Между тем косвенные последствия этого «рутинного» изъятия фитомассы, весьма существенные для жизни лесного сообщества, часто не учитываются в большинстве современных моделей экосистемных процессов.

Дендрофильные насекомые существенно различаются друг от друга по типам ротового аппарата, составу слюны и/или других «трофических» выделений, по типам органов растения, которые они заселяют, объему тканей, которые они потребляют или повреждают, фенологии питания и по многим

другим признакам, позволяющим их объединять в соответствующие экологические группировки или гильдии [7]. Последствия их повреждений обычно имеют разные последствия для растений. Например, питание фитофага вызывает множественные отклики в тканях растений, которые ведут к изменению биохимических характеристик растительных тканей [9, 11]. Более того, взаимоотношения растений и фитофагов отнюдь не являются бинарными взаимодействиями: в них включены мириады организмов других трофических уровней [4]. Фитофаги могут нести с собой болезни растений и сами, в свою очередь, страдать от комплекса паразитов, хищников, патогенов и конкурентов. Все эти взаимосвязи, так или иначе, завязаны на особенности растения-хозяина и последствия взаимодействий в системе растение–насекомые–фитофаги играют решающую роль не столько на уровне собственно растительного организма, сколько на уровне растительного сообщества в целом.

Согласно классической работе У.Мэтсона и Н.Эдди [10], питание насекомых в кронах деревьев увеличивает скорость оборота минеральных веществ и углерода путем быстрого возвращения зафиксированных в листе нутриентов в лесную подстилку вместо относительно длительного процесса их возвращения в норме: в ходе сезонного увядания, листопада и разложения. Исследования последних лет продемонстрировали, что в реальности дело обстоит несколько сложнее.

Насекомые как правило меняют сезонность и качество поступления опада в подстилку. Например, при питании гусениц сибирского шелкопряда *Dendrolimus sibiricus* Tschetv. (Lepidoptera, Lasiocampidae) на пихте растительный опад в виде огрызков хвои в массе поступает в сапрофитный комплекс подстилки в мае-июне (составляя от 50% до 100% массы годового опада при 30-40% и полном объедании крон, соответственно), в то время как в норме на эти месяцы приходится не более 8-10% годового опада. При этом в здоровом древостое опад состоит в основном из старых (4 и более лет) хвоинок, в то время как в опаде формирующихся очагов доминирует 1-2-летняя хвоя, относительно более богатая азотом и подвижными углеводами.

Таблица 1. Изменение массы лесных подстилок в пихтарнике при добавлении экскрементов сибирского шелкопряда, % к исходной массе

Вариант опыта	Положение и время экспозиции, месяцы							
	Под пологом				В окне			
	1	3	12	14	1	3	12	14
Опад	+1,9	-9	-25	-29	+5,4	-10	-21	-31
Опад+экскременты	+0,2	-22	-36	-39	-3	-28	-38	-44
Экскременты	-22	-50	-57	-67	-34	-52	-56	-61

В очагах растительные остатки составляют 8-22% от суммарного опада, в котором основная часть (до 90%) приходится на экскременты насекомых [3]. Экскременты, обладая огромной «рабочей» поверхностью, уже в сезон дефолиации на 50-60% утилизируются почвенными микроорганизмами [6]. В процесс разложения активно вовлекается лесная подстилка, насыщенная экскрементами. Экспериментальное добавление экскрементов гусениц под полог пихтарника вызвало немедленное ускорение процесса разложения подстилки (табл. 1); в сезон 2009 года мы наблюдали сходную картину в действующем очаге шелкопряда в предгорных лиственничниках Кузнецкого Алатау. В лизиметрических водах под подстилкой дефолированного лиственничника в разы увеличивается концентрация основных зольных элементов, особенно калия, магния и натрия, что совпадает с результатами сходных исследований в южнотаёжных пихтарниках [5].

Насекомые из других экологических групп фитофагов также могут влиять на скорость разложения подстилки. Например, хвоя лиственниц, зараженных почковой галлицей *Dasineura rozhkovi* Mam.et Nik. (Diptera, Cecidomyiidae), отличается от хвои здоровых деревьев даже в конце сезона большей обводненностью (соответственно, 68 и 50%) и повышенным содержанием азотистых соединений, о чем косвенно свидетельствует и её повышенная пищевая ценность для гусениц чешуекрылых [2]. Не удивительно, в связи с этим, что скорость её разложения в подстилке почти в 2 раза выше (через 12 месяцев потери массы составили $41,6 \pm 2,5$ и $24,6 \pm 2,6\%$ от начального веса для хвои зараженного и здорового дерева, соответственно). Нам не удалось получить сходной тенденции при сравнении скорости разложения листьев тополя чёрного, зараженных галлами тли - тополевого пемфига *Pemphigus phenax* Born.et Blunk. (Pemphigidae, Homoptera) (рис. 1). Ткани зараженных листьев с удаленными галлами разлагались сходно с тканями листьев здоровых, однако целые листья с галлами существенно замедлили скорость разложения. Это произошло из-за крайне низкой скорости разложения собственно галлов (рис.1, Б).

Интересно, что скорость минерализации целлюлозы под деревьями, зараженными как лиственничной почковой галлицей, так и пемфигами увеличена по сравнению с устойчивыми деревьями. Это объясняется, по-видимому, повышенным микробиологическим эдафом, связанным с биохимическими особенностями опада под зараженными лиственницами и с обильными выделениями пади из галлов тлей на тополях. Известно, что масса выделяемой тлей за час пади, состоящей

практически из растворимых углеводов, равна массе тела тли, а суммарная интенсивность её выделения порой поражает воображение. Так, колония тлей на 60-80-летней ели выделяет до 700 кг пади на гектар в год [12].

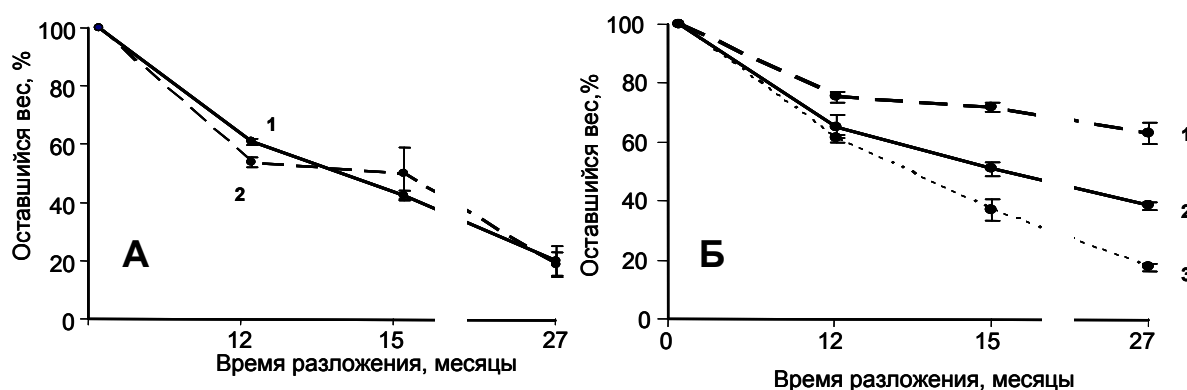


Рис. Потеря веса листьями и частями листьев тополя черного, здорового (А) и зараженного галлами тли *Pemphigus phenax* Born. et Blunck (Б). А: 1- листья целиком, 2 – листья без жилки; Б: 1 – листья целиком, 2 – только галлы, 3 – листья с вырезанными галлами и жилкой.

Однако увеличение скорости разложения подстилки в очагах фитофагов отнюдь не приводит к ожидаемой утилизации растениями высвобождаемого в теории азота. В ходе лабораторного инкубирования почвы, экскрементов сибирского шелкопряда и их смеси с почвой, нам не удалось наблюдать повышенного образования нитратов и аммония. Оказалось, что подвижный азот практически полностью иммобилизуется микроорганизмами.

В природе американские исследователи проследили судьбу ^{15}N в экскрементах непарного шелкопряда и в листовом опаде, внесенными в подстилку дубового леса [8]. Она оказалась весьма различной, но в любом случае практически ничего из внесенного азота не попало в растущие рядом сеянцы дуба. Через год около 40% ^{15}N из экскрементов оказалось зафиксированными в почве и только 1% азота из экскрементов был обнаружен в сеянцах; одновременно в неразложившихся листьях даже по прошествии 2-ух лет оставалось около 80% меченого азота. Эти уникальные данные со всей очевидностью свидетельствуют, что хотя азот мобилизуется более интенсивно из экскрементов насекомых-фитофагов, чем из растительного опада, он по-прежнему остаётся недоступным для растений. Таким образом, представляется, что хотя вспышка массового размножения фитофагов и вносит огромные изменения в потоки азота в лесном фитоценозе, она приводит лишь к перераспределению азота среди элементов экосистемы и исключает его вынос за пределы биогеоценоза.

Нет оснований полагать, что азотистые соединения, попавшие в подстилку с опадом, модифицированным фитофагами других экологических групп, будут утилизироваться по-другому.

Изложенное выше свидетельствует о неполноте наших знаний о действительной роли филлотрофных насекомых в лесных биогеоценозах. Наиболее интересные открытия ожидают исследователей биогеохимической составляющей экологических взаимоотношений древесных растений и дендрофильных насекомых.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранчиков Ю.Н. Сходство функциональной роли насекомых-филлофагов в лесных биогеоценозах планеты // II совещание по проблемам биогеоценологии. М.: ИЭМЭЖ АН СССР. 1986. С. 34-36.
2. Баранчиков Ю.Н. Влияние листовенничной почковой галлицы (*Dasineura rozhkovi*) на качество корма хвоегрызущих чешуекрылых // Лесной вестник. Вестник Московского государственного университета леса. 2008. Вып. № 1 (58). С.96-99.
3. Баранчиков Ю.Н., Перевозникова В.Д. Очаги массового размножения сибирского шелкопряда как источники дополнительного выброса углерода // Чтения памяти академика В.Н.Сукачева. XX. Насекомые в лесных биоценозах. М.: Т-во научных изданий КМК. 2004. С. 32-53.
4. Богородская А.В., Баранчиков Ю.Н., Иванова Г.А. Состояние микробных комплексов почв лесных экосистем после пожаров и дефолиации древостоев непарным шелкопрядом // Почвоведение. 2009. Вып. 3. С. 337-345.
5. Краснощеков Ю.Н., Вишнякова З.В., Перевозникова В.Д., Баранчиков Ю.Н. Эколого-биологические свойства почв шелкопрядников в южной тайге Средней Сибири // Известия РАН. Сер. биол. наук. 2003. № 5. С.623-61.
6. Перевозникова В.Д., Баранчиков Ю.Н., Вишнякова З.В., Краснощеков Ю.Н., Алтунина С.С. Влияние экскрементов гусениц сибирского шелкопряда на почвенную микробиоту таёжных экосистем // Энтомологические исследования в Сибири. Вып. 2. Красноярск: КФ СО РЭО. 2002. С. 148-165.
7. Baranchikov Y.N., Mattson W.J., Hain F.P., Payne. T.L. (Eds.). Forest insect guilds: patterns of interaction with host trees. United States Department of Agriculture. Forest Service. Gen. Tech. Rep. NE-153. 400 p.

8. Cristenson L.M., Lovett G.M., Mitchell M.J., Groffman P.M. The fate of nitrogen in gypsy moth frass deposited to an oak forest floor // *Oecologia*. 2002. V. 131. P. 444-452.
9. Karban R., Baldwin I.T. Induced responses to herbivory. Chicago: University of Chicago Press, 1997. 320 p.
10. Mattson W.J., Addy N.D. Phytophagous insects as regulators of forest primary production // *Science*. 1975. V. 190. P.515-522.
11. Walling L.L. The myriad plant responses to herbivores // *J. Plant Growth Regulation*. 2000. V. 19. P.195–216.
12. Zobelein G. Versuche zur Feststellung des Honigtauertrages von Fichtenbeständen mit Hilfe von Waldameisen // *Z. Angew. Entomol*. 1954. B. 36. S.358-362.

УДК 630*561.2

ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЕ В ШЕЛКОПРЯДНИКАХ ЮЖНОЙ ТАЙГИ ПРИЕНИСЕЙСКОЙ СИБИРИ

Ю.Н. БАРАНЧИКОВ, В.Д. ПЕРЕВОЗНИКОВА

Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Сибирский шелкопряд является основным экологическим и эволюционно необходимым фактором, инициирующим сукцессии в темнохвойных лесах подзоны южной тайги Сибири. Последующие пожары лишь модифицируют лесовосстановительный процесс в шелкопрядниках.

Сукцессии – неотъемлемый элемент функционирования лесных биогеоценозов. Главной причиной естественного завершения стадии климакса лесного сообщества является истощение минеральных ресурсов экотопа, которое приводит к смене вида эдификатора и, зачастую, всего сообщества в целом. По меткому выражению А.С. Керженцева, «поскольку растения не могут, как животные, кочевать по территории в поисках пищи, они вынуждены кочевать во времени» [5]. Пожары являются основным фактором, инициирующим сукцессии в светлосредовой тайге. Темнохвойные формации, особенно с преобладанием пихты, в связи со своей мезофильностью горят существенно реже [9]. Климатическая стадия пихтарников заканчивается обычно зоогенной сукцессией, вызванной вспышкой массового размножения насекомых-фитофагов. Выгорают в дальнейшем отмершие древостои, пораженные сибирским шелкопрядом *Dendrolimus sibiricus* Tschvrk. (шелкопрядники) или хвойным усадом *Monochamus urussovi* Fish. [1].

Поскольку в лесах, сложенных другими породами, зоогенные сукцессии не являются столь обычным (если не обязательным) явлением, в целом понятна категоричность утверждений ряда авторов, предсказывающих печальный конец пихтовых формаций южной тайги Сибири [4]. Эти выводы обусловлены, на наш взгляд, различиями характерных времен жизненных циклов экосистемы и исследователя. Они представляются излишне пессимистичными [2].

В сравнении с сукцессиями на гарях и вырубках протекание зоогенных сукцессий имеет ряд специфических черт. При отсутствии механических повреждений почвы и на фоне резкого изменения светового режима в подстилку шелкопрядников поступает до 10 т/га сухой массы органических веществ в виде зоогенного опада. Это определяет дальнейший физиономический облик растительного покрова нарушенных сообществ и их восстановительную динамику.

Различная степень повреждения древесного полога предопределяет неоднозначность протекания лесовосстановительной сукцессии в шелкопрядниках, что позволило М.И. Куликову [7] выделить в структуре восстановительной динамики растительности шелкопрядников демутационный, депрессивный и регенеративный ярусы:

Демутационный ярус растительности – это ярус, образованный лиственными древесными растениями, без участия темнохвойных. Наличие его в шелкопрядниках однозначно приводит к смене темнохвойного древостоя на длительно производный лиственный. **Депрессивный** – ярус кустарников, получивших хорошее развитие из-за увеличившейся освещенности и отсутствия корневой конкуренции. **Регенеративный**, или восстановительный, ярус, образован подростом, сохранившимся после дефолиации материнского древостоя. Степень выраженности ярусов обусловлена зональной принадлежностью и варьирует в различных шелкопрядниках.

Проведенные нами исследования в подзоне южной тайги Красноярского края выявили наибольшую представленность в лесовосстановительной сукцессии шелкопрядников с наличием хорошо развитого демутационного яруса. Обычно это полностью дефолированные высокополнотные темнохвойные насаждения с доминированием в составе древостоя пихты сибирской, которые до дефолиации представляли собой пихтарники разнотравной и зеленомошной групп типов леса,

приуроченные в основном к плакорным местообитаниям. По нашим данным, в неповрежденном пихтарнике мелкотравно-зеленомошном численность самосева в отдельные годы может достигать 17,5 тыс. шт./га, тогда как в дефолиированном (при тех же условиях обсеменения) самосев хвойных отсутствует.

Главными факторами, затрудняющими последующее лесовозобновление, могут быть неблагоприятные условия, складывающиеся в свежих шелкопрядниках. К их числу можно отнести: обильное разрастание травяной растительности, как оказывающее механическое воздействие (зависание семян, заваливание всходов травяным опадом и т.п.), так и лимитирующее световой режим на поверхности почвы; недостаточное количество семян, основным источником которых на шелкопрядниках служат единичные деревья и островки леса по мезопонижениям. Помимо этого выявлено ингибирующее действие на всхожесть семян пихты как собственно экскрементов сибирского шелкопряда, так и аллелохемиков злаков – растительных доминантов в дефолиированных древостоях [3].

Не менее важным показателем, характеризующим лесовосстановление в шелкопрядниках, является развитие кустарниковой растительности. Анализ морфометрических показателей и количественный учет основных видов подлеска показали, что в первый год после дефолиации улучшается их плодоношение, изменяется площадь листьев, увеличивается текущий прирост побегов. Однако количество побегов на единицу площади изменилось незначительно по сравнению с недефолиированным пихтарником даже на 3-й год после дефолиации, что может свидетельствовать об их слабой ценотической роли в этом биотопе. Наиболее существенно изменилось соотношение высотных групп. В шелкопряднике преобладают более крупные экземпляры с высотой побегов от 51 до 100 см (52 %), а в контроле 43 % всех кустарников имеют высоту до 50 см.

Растительные сообщества, формирующиеся на месте полностью усохших лесов, в первые годы после дефолиации по своему физиономическому облику представляют собой нелесную стадию в сукцессионном процессе, продолжительность которой определяется началом образования полога демутационного древесного яруса. Проведенные нами исследования показали, что в обесхвоенных пихтарниках на 3-й год после дефолиации просматривается лишь тенденция к формированию демутационного яруса, поскольку численность листовенного подроста (основного образателя древесного полога) низка и составляет 0,67 тыс. шт./га при высоте от 1,5 до 2 м.

Травяной покров, являющийся эдификатором нелесной стадии сукцессии в шелкопряднике, также претерпевает значительные изменения в структуре слагающих его компонентов. На фоне быстрого и достаточно резкого 3-5-кратного увеличения запасов в структуре надземной фитомассы произошло замещение одних эколого-ценотических групп травянистых растений на другие. Так, в надземной фитомассе травяного покрова неповрежденного пихтарника доминирует таежное мелкотравье (58 %), а после дефолиации – крупные травы (57 %). В результате замещения в травяном покрове одних эколого-ценотических групп на другие и деградации мхов произошла трансформация напочвенного покрова из мелкотравно-зеленомошного (неповрежденный фитоценоз) в крупнотравно-злаковый (100 %-ная дефолиация). Однако доминирование крупных трав в структуре запасов фитомассы непродолжительно, и уже на четвертый год после дефолиации крупные травы замещаются злаками, доля которых составляет более половины от ее запасов.

Несколько иначе протекает сукцессионный процесс в частично дефолиированных древостоях. Здесь восстановление растительности происходит в основном за счет регенеративного яруса. Процесс лесовозобновления в таких древостоях протекает удовлетворительно, но количество всходов в них может быть несколько ниже, чем в неповрежденных. Так, например, на второй год после дефолиации в мелкотравно-зеленомошном пихтарнике (дефолиирован на 60 %) насчитывалось 14 тыс. шт./га самосева хвойных, что на 25 % ниже, чем в контроле. Встречаемость его также снизилась с 70 % (контроль) до 55 % (шелкопрядник).

Таблица 1. Жизненное состояние хвойного подроста на 2-ой год после 60 %-ной дефолиации древостоя в пихтарнике мелкотравно-зеленомошном, тыс. шт./га (%)		
Категория состояния	Контроль	Шелкопрядник
Здоровые	3,2 (52 %)	2,1 (33 %)
Ослабленные	1,6 (26 %)	1,5 (23 %)
Сильно ослабленные	1,1 (17 %)	2,3 (36 %)
Сухостой	0,28 (5 %)	0,5 (8 %)
Всего	6,2 (100 %)	6,4 (100 %)

Успешность восстановления материнского древостоя в частично обесхвоенных фитоценозах в значительной степени зависит от состояния сохранившегося после дефолиации хвойного подроста. Несмотря на практически одинаковую численность – 6,2 тыс. шт./га (контроль) и 6,4 тыс. шт./га (шелкопрядник), изменения в его жизненном состоянии оказались существенны (табл. 1). Таким образом, частичная дефолиация затронула не

только древостой, но и подрост и в целом привела к снижению его жизненного состояния. Снижение жизнеспособности хвойного подроста будет стимулировать внедрение под полог древостоя листовенных

пород и, в конечном итоге, может привести к формированию смешанного хвойно-лиственного насаждения.

Что касается кустарников, то их ценотическая роль в частично дефолированных фитоценозах не изменилась. В травяном покрове по сравнению с неповрежденным пихтарником произошло незначительное увеличение общего проективного покрытия и обилия доминирующих видов, которое, однако, не изменило фитоценотическую структуру напочвенного покрова. Более существенно изменилась надземная фитомасса травяно-кустарничкового яруса. Запасы ее на второй год после дефолиации достигали 106,5 г/м², что в 1,6 раза выше, чем на контроле, но в 2,5 раза ниже, чем в обесхвоенном пихтарнике. Доля таежного мелкотравья в структуре запасов травостоя снизилась с 58 % до 33 %, масса крупных трав, наоборот, увеличилась с 8 % до 11 %, а злаков – с 4 % до 34 %.

Проанализировав имеющиеся в литературе точки зрения [6, 7, 8, 9] и обобщая полученные нами данные, мы предлагаем следующие хронологии протекания лесовосстановительных процессов в шелкопрядниках (табл. 2). Полная дефолиация древостоя приводит к смене напочвенного покрова и формированию нелесного фитоценоза с различной долей участия в его составе кустарников, злаков и трав. При частичной дефолиации все трансформации, происходящие в структуре фитоценоза, касаются изменений фитомассы и не могут быть долговременными, так как древесный ярус не потерял своих средообразующих функций и по-прежнему остается эдификатором лесного сообщества. Однако этот сценарий вполне может быть изменен в случае пожаров, которые направляют лесообразовательный процесс по пожарному типу. В зависимости от силы и количества пожаров лесовосстановление на таких участках проходит через длительнопроизводную стадию и может иметь разные варианты формирования: со сменой пород, смешанные древостои с различным соотношением в составе древостоя лиственных и хвойных пород, чистые березняки и осинники. Смешанный тип формирования характерен после слабых или беглых пожаров, при которых наблюдается мозаичность прогорания, так же мозаично происходит и их восстановление. Здесь возможно чередование невозобновившихся участков с рединами, низкополнотными березняками или разновозрастными хвойно-лиственными молодняками.

Таблица 2. Продолжительность основных типов лесовосстановительного процесса в шелкопрядниках южной тайги Приенисейской Сибири, лет

Стадия лесовосстановления	Фитоценотическая характеристика	Тип лесовосстановления		
		демулационный	регенеративный	пирогенный
I	Травяная	1-3	-	1-5
II	Травяно-кустарниковые ассоциации с участием лиственных	4-10	-	6-20
III	Лиственные молодняки с возобновлением темнохвойных	11-40	-	21-80
IV	Несомкнутый темнохвойно-лиственные насаждения	-	1-15	-
V	Темнохвойный молодняки с участием лиственных	-	16-40	-
VI	Лиственные насаждения с формированием второго яруса темнохвойных	41-90	-	81-120
VII	Смешанные темнохвойно-лиственные насаждения	90-100	41-90	161-180
VIII	Коренные и условно-коренные темнохвойные насаждения	101-180	90-180	181-200

Итак, сибирский шелкопряд является экологическим фактором, инициирующим сукцессии в темнохвойных лесах подзоны южной тайги Сибири. После дефолиации древостоя лесовосстановительный процесс на в разной степени поврежденных шелкопрядом площадях протекает по беспожарному, пожарному и смешанному типу формирования. При отсутствии пожаров после вспышки массового размножения насекомых центральные части крупных очагов восстанавливаются со сменой пород через длительнопроизводную стадию. На мелких очагах и периферийных частях крупных очагов – без смены пород через короткопроизводную стадию. Таким образом, лесовосстановительный процесс в сукцессиях в южнотаежных темнохвойных лесах Сибири двухступенчатый: инициируют насекомые, модифицируют и корректируют пожары.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранчиков Ю.Н. Биоценотические исследования в очагах массового размножения сибирского шелкопряда // Природная и антропогенная динамика наземных экосистем. Иркутск: Изд-во ИГТУ, 2005. С. 40-42.
2. Баранчиков Ю.Н., Кондаков Ю.П. Вспышки массового размножения сибирского шелкопряда как фактор сельскохозяйственного освоения таежных территорий Сибири // Санитарное состояние и комплекс мероприятий по защите лесов, пострадавших от лесных пожаров 1972 года. Пушкино: ВНИИЛМ, 2002. С. 10-12.
3. Вишнякова З.В., Баранчиков Ю.Н., Перевозникова В.Д. Исследование причин ингибирования лесовосстановительного процесса в шелкопрядниках темнохвойной лиственной тайги Приенисейской Сибири // Сохранение биологического разнообразия Приенисейской Сибири. Ч. 1. Красноярск: Красн. гос. ун-т, 2000. С. 73-75.
4. Гродницкий Д.Л. Сибирский шелкопряд и судьба пихтовой тайги // Природа, 2004, 11. С. 54-58.
5. Керженцев А.С. Функциональная экология. М.: Наука, 2006. 259 с.

6. Кузьмичев В.В., Черкашин В.П., Корец М.А., Михайлова И.А. Формирование лесов на шелкопрядниках и вырубках в верховьях реки Большая Кеть // Лесоведение, 2001, вып. 4. С. 20-28.
7. Куликов М.И. Типы шелкопрядников таежной зоны Западной Сибири и особенности их лесовозобновления // Продуктивность и восстановительная динамика лесов Западной Сибири / Тр. по лесному хоз-ву Западной Сибири, вып. 9. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1971. С. 159-178.
8. Павлов И.Н., Россинин В.В., Агеев А.А., Марфин Н.В. Возобновление и формирование леса на шелкопрядниках Чулымо-Кетского южнотайского района темнохвойных лесов // Вестник КГУ. Естественные науки. Красноярск: Изд-во КГУ, 2005, 5. С. 101-108.
9. Фуряев В.В. Роль пожаров в процессе лесообразования. Новосибирск: Наука, 1996. 253 с.

УДК 631.46

БИОМАССА ПОЧВЕННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ КАК ФАКТОР ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

И.Н. БЕЗКОРОВАЙНАЯ

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Проведен анализ запасов и эколого-трофической структуры биомассы крупных почвенных беспозвоночных в лесных экосистемах Средней Сибири. Показано, что от лесотундры к южной тайге постепенно увеличивается эколого-функциональное разнообразие беспозвоночных и наблюдается увеличение вклада пищевой и средообразующей активности беспозвоночных в формирование трофических условий, регулирующих продукционные процессы в лесных экосистемах.

Интенсивность продукционного процесса в лесных экосистемах обуславливает успешное выполнение лесами биосферных, средообразующих, ресурсных и других функций [7]. Почвенная биота наряду с другими факторами участвует в формировании трофических условий в лесных сообществах, детерминируя рост и продуктивность высших растений [4, 9]. Положительное влияние почвенных беспозвоночных на первичную продукцию и содержание питательных веществ в почве определяется, прежде всего, их пищевой и локомоторной активностью. Кроме того, сама зоомасса представляет собой активную часть органического вещества почвы и, благодаря быстрому обороту аккумулированных в ней углерода и азота, обуславливает накопление в почве элементов питания, вносит существенный вклад в процессы формирования плодородия почв и продуктивности растений.

Цель исследований – дать оценку биомассы крупных почвенных беспозвоночных (мезоэдафона) как фактора продуктивности лесных экосистем Средней Сибири.

Исследования проводили в лесотундре в елово-лиственничных редколесьях зеленомошного типа на криоземах среднесуглинистых (68°с.ш., 86°в.д.); в северной тайге в лиственничниках зеленомошного и лишайникового типов леса на подбурях среднесуглинистых (65°с.ш., 89°в.д.); в средней тайге в сосняках лишайникового типа леса на подзолах песчаных (60°с.ш., 89°в.д.); в южной тайге в сосняках зеленомошного типа на подзолах песчаных (58°с.ш., 98°в.д.) и сосняке разнотравно-осочковом, ельнике мелкотравно-зеленомошном, березняке орляково-разнотравно-осочковом и осиннике орляково-разнотравном на серых среднесуглинистых почвах (56°с.ш., 92°в.д.).

Для учета биомассы крупных беспозвоночных использовались прямые методы, общепринятые в почвенно-зоологических исследованиях [2, 5]. На каждой пробной площади отбирались пробы (размер 25х25 см) в 5-кратной повторности по слоям: подстилка, 0-5 см, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40 см. Концентрация углерода и азота в биомассе крупных беспозвоночных определена методами, принятыми в почвоведении [3, 6]. Оценка участия почвенных сапрофагов в деструкционных процессах изучалась в полевых экспериментах (метод изоляции растительного материала в капроновых мешочках) в лиственничнике и ельнике на криоземах в лесотундре и в сосняке, ельнике, березняке и осиннике на серых почвах в южной тайге.

Анализ запасов биомассы представителей мезоэдафона показал, что максимальными значениями характеризуются серые почвы хвойных и лиственных лесов южной тайги: 2746-5822 мг/м², минимальными – подзолы под сосняками средней и южной тайги: 57-86 мг/м² (рис. 1). Мезоэдафоны лиственничных и еловых лесов лесотундры и северной тайги близки между собой по данному показателю: 42-628 и 11-2011 мг/м² соответственно. Биомасса основных групп беспозвоночных сильно варьирует в разных местообитаниях. В средних и тяжелых по гранулометрическому составу почвах лесотундры, северной и южной тайги 19-70 % общей биомассы составляют кольчатые черви. В мерзлотных почвах почти половину общих запасов биомассы составляют пауки и жесткокрылые. Эти почвы также отличаются доминированием личинок двукрылых. В серых почвах южной тайги доля

биомассы пауков и личинок двукрылых минимальна – 3 %, на биомассу жуков приходится не более 20 %. В ксерофильных условиях среднетаежных и южнотаежных сосняков на подзолах основные запасы зоомассы приходятся на членистоногих (до 98 %), среди которых по биомассе доминируют многоножки и пауки. Распределение почвенной зоомассы по таксономическим и трофическим группам показывает минимальный вклад в экосистемные процессы крупных беспозвоночных-деструкторов в среднетаежных сосняках, увеличение их функциональной значимости в лесных экосистемах южной тайги в сравнении с лесотундрой и северной тайгой.

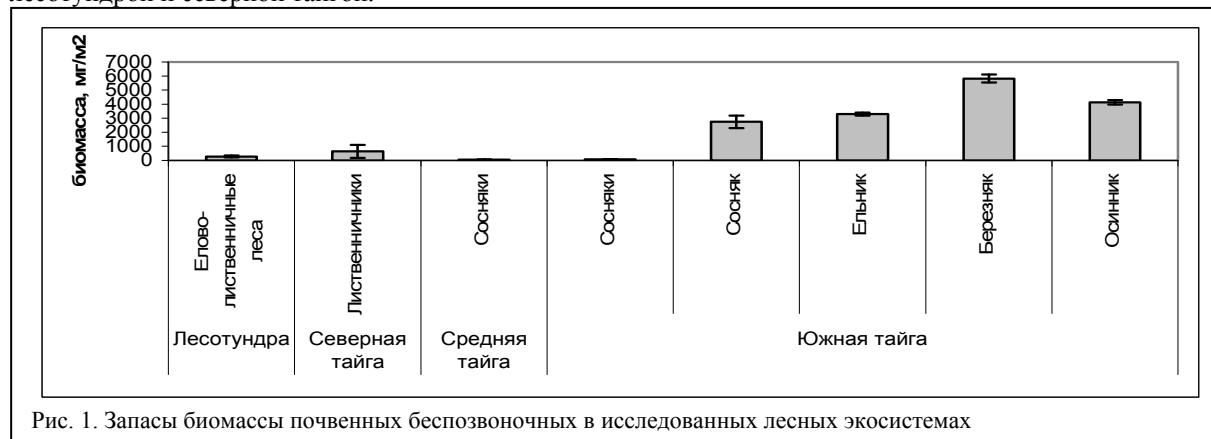


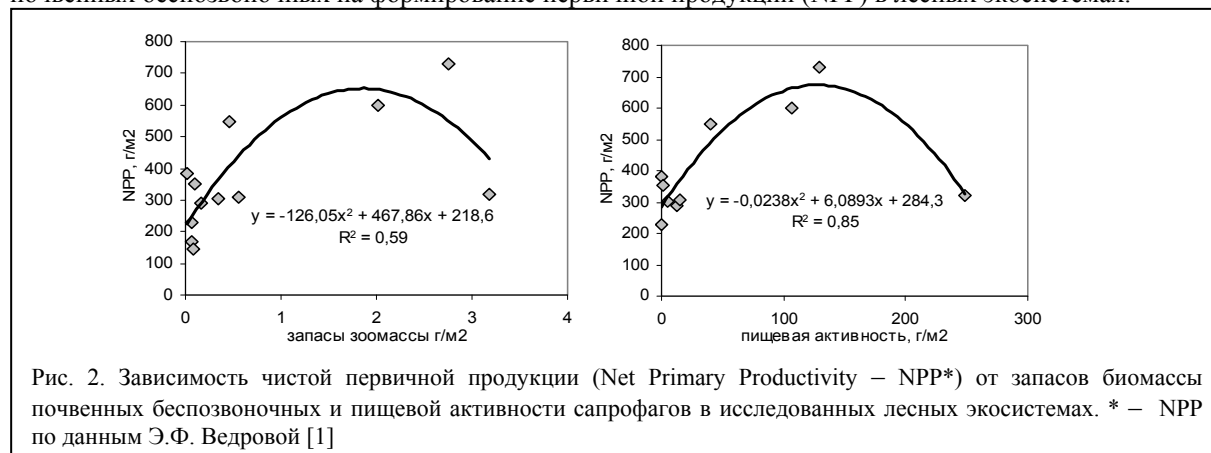
Рис. 1. Запасы биомассы почвенных беспозвоночных в исследованных лесных экосистемах

Фоновой характеристикой участия того или иного компонента экосистем в биологическом круговороте служит распределение химических элементов в биомассе отдельных компонентов экосистем суши. Биомасса крупных беспозвоночных и количество аккумулированных в ней элементов на несколько порядков ниже, чем те же показатели для растений и микроорганизмов. Анализ запасов биогенных элементов в фитомассе, фитодетрите и зоомассе показал, что их аккумуляция в фитодетрите относительно таковой в фитомассе снижается в направлении с севера на юг. Параллельно наблюдается увеличение роли биомассы крупных сапрофагов в депонировании биогенов: в сосняках и березняках южной тайги, сформированных на серых почвах, углерод и азот биомассы сапрофагов составляет соответственно 0,85-1,87 и 0,18-0,37 г/м², в лиственничниках и елово-лиственничных редколесьях на мерзлотных почвах – 0,05-0,11 и 0,01-0,02 г/м².

Важным показателем прямого вклада животных в создание трофических условий в лесных экосистемах, кроме их биомассы и запаса в ней биогенных элементов, является величина и интенсивность потока биогенных элементов через популяции беспозвоночных посредством их пищевой активности. Для расчета долевого участия крупных сапрофагов в лесных экосистемах в вовлечении в деструкционные процессы фитодетрита, включая корневой материал, мы использовали имеющиеся у нас и опубликованные материалы по пищевому рациону дождевых червей, энхитреид, диплопод и личинок двукрылых. Все используемые величины пищевых потребностей беспозвоночных были получены разными авторами в лабораторных условиях при температуре 15-20°C, которая является оптимальной для развития и питания этих животных. Как показывают расчеты, благодаря пищевой активности сапрофаги вовлекают в трансформацию от 0,31 до 24,22 г/м² углерода в год и от 0,01 до 0,6 г/м² азота в год, что составляет не более 1 % от их запасов в фитодетрите. В среднетаежных сосняках на подзолах величина деструкционного потока не превышает 0,01 %. В южнотаежных местообитаниях ежегодный вклад пищевой активности сапрофагов в круговорот углерода и азота максимален (43,96-89,41 гC/м² и 0,65-1,64 гN/м²) и составляет 4-12 % от запасов углерода и 5-18 % от запасов азота в фитодетрите. В лиственничниках зеленомошных северной тайги и в лесах южной тайги наиболее активными потребителями фитодетрита являются дождевые черви, на них приходится 79-96 % от всего потока биогенов через беспозвоночных-сапрофагов. В редколесьях лесотундры и лиственничниках лишайниковых северной тайги 56-95 % потребляемого сапрофагами растительного вещества приходится на личинок двукрылых, хотя их доля в общем запасе зоомассы не превышает 5 %. В среднетаежных сосняках единственными потребителями фитодетрита являются немногочисленные энхитреиды. При движении с севера на юг увеличивается количество углерод- и азотсодержащих соединений, возвращаемых в почву с экскрементами: в экосистемах лесотундры, северной и средней тайги оно составляет в среднем соответственно углерода 1,78 г/м² и азота 0,03 г/м², 7,36 и 0,17, 0,05 и 0,001 г/м², в южной тайге – углерода 40,02 г/м² и азота 0,62 г/м². Для продукционно-деструкционных процессов поток экскрементов, создаваемый беспозвоночными в экосистемах, имеет гораздо большее значение, чем их биомасса [8, 9].

Участие почвенной зоомассы в продукционных процессах описывается полиномами 2-й степени (рис. 2). Полученная нелинейная зависимость отражает сложность и опосредованность влияния

почвенных беспозвоночных на формирование первичной продукции (NPP) в лесных экосистемах.



Вклад беспозвоночных в продукционно-деструкционные процессы складывается из прямой трансформации органического вещества (через пищевую активность) и косвенной (через средообразующую деятельность, в том числе регуляцию микробиологической активности). Полевые эксперименты, заложенные в разных почвенно-климатических условиях, показали, что ежегодно в лесных экосистемах лесотундры и южной тайги почвенными сапрофагами вовлекается в деструкцию соответственно 41-133 г/м² и 61-232 г/м² фитодетрита, что составляет, вне зависимости от условий, от 12 до 54 % потери его при разложении. Близкие значения массы органического вещества, вовлеченной в деструкцию беспозвоночными локальных лесных экосистем севера и юга, свидетельствуют о том, что, несмотря на суровые климатические условия криогенных местообитаний, в короткий период вегетации в них складываются достаточно благоприятные условия для активной реализации эколого-трофических функций беспозвоночных.

Различия в трофическом потенциале северных и южных местообитаний обуславливают разные механизмы функциональной активности беспозвоночных. Если для лесотундры и северной тайги вклад пищевой активности сапрофагов в потерю массы фитодетрита при разложении не превышает 13 % и функциональная активность беспозвоночных реализуется, прежде всего, через метабиотические связи микроартропод и микрофлоры, то в лесных экосистемах южной тайги он составляет 30-61 %. Увеличение пищевой и средообразующей активности крупных почвенных беспозвоночных с севера на юг бореальной зоны Средней Сибири способствует активизации продукционно-деструкционных процессов в этом направлении.

Таким образом, анализ запасов и эколого-трофической структуры биомассы крупных почвенных беспозвоночных в лесных экосистемах Средней Сибири показал, что сравнительно благоприятные почвенно-климатические условия в лесных экосистемах на серых почвах южной тайги способствуют максимальному накоплению биомассы почвенных беспозвоночных. В средне- и южнотаежных сосняках на подзолах песчаных с низкой емкостью биологического круговорота она минимальна. Лесные экосистемы лесотундры и северной тайги на мерзлотных почвах, гранулометрический состав которых обеспечивает закрепление в минеральном профиле продуктов разложения фитодетрита, занимают по запасам биомассы почвенных беспозвоночных промежуточное положение. В почвах суглинистого гранулометрического состава с севера на юг постепенно увеличивается эколого-функциональное разнообразие беспозвоночных. От лесотундры к южной тайге становится более узким соотношение углерода и азота, закрепленных в фитодетрите и зоомассе сапрофагов, что свидетельствует о возрастании с севера на юг роли сапрофагов в аккумуляции биогенных элементов. В этом же направлении наблюдается увеличение вклада пищевой и средообразующей активности беспозвоночных в формирование трофических условий, регулирующих продукционные процессы в лесных экосистемах.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (№07-04-00515а).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ведрова Э.Ф. Деструкционные процессы в углеродном цикле лесных экосистем Енисейского меридиана: Дис.... докт. биол. наук: 03.00.16: в виде науч. докл. Красноярск, 2005. 60 с.
2. Гиляров М.С. Учет крупных беспозвоночных (мезофауна) // Количественные методы в почвенной зоологии. М.: Наука, 1997. С. 9-26.
3. Гинзбург К.Е., Щеглова К.М., Вульфус Е.В. Определение азота, фосфора и калия из одной навески // Почвоведение, 1960, 5. С. 100-105.
4. Зражевский А.И., Серый А.И., Андриенко В.А. Биомасса живого вещества почвы – источник питания растений // Проблемы и методы биологической диагностики и индикации почв. М.: Наука, 1976. С. 212-223.

5. Мазанцева Г.П. Методы определения биомассы почвенных беспозвоночных // Количественные методы в почвенной зоологии. М.: Наука, 1997. С. 88-98.
6. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Методические указания по определению содержания и состава гумуса в почвах (минеральных и торфяных). Л.: Наука, 1975. 105 с.
7. Швиденко А.З., Страхов В.В., Нильссон С. К оценке продуктивности лесов России // Лесное хозяйство, 2000, 1. С. 5-9.
8. Coleman D.C., Crossley D.A. Fundamentals of Soil Ecology // Academic Press, Elsevier Science (USA), 2003. 206 pp.
9. Lavelle P., Spain A. Soil Ecology. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 2001. 654 pp.

УДК 630*4:630*182.21

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДЕНДРОФИЛЬНЫХ НАСЕКОМЫХ НА СОСНОВЫЙ ПОДРОСТ НА РАННЕЙ СТАДИИ ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ

О.С. БУЛАНОВА¹, О.В. ТАРАСОВА^{1,2}

¹Сибирский государственный технологический университет, Красноярск

²Сибирский федеральный университет, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Приводятся данные по обилию и типам динамики численности дендрофильных насекомых, выявленным в естественных молодняках на залежных землях. Указываются виды, способные к массовому размножению. Оценивается возможное влияние насекомых на ход лесовозобновления.

Насекомые являются одним из факторов, способных оказывать влияние на выживание и рост подростка в ходе естественного возобновления леса на нарушенных территориях. Известно, что повреждения насекомыми хвои, почек, побегов, ветвей, стволиков и корней молодых древесных растений приводят к изменению формы кроны, задержке роста, усыханию отдельных побегов и ветвей, снижению продуктивности и устойчивости дерева, снижению качества древесины в будущем, а при многократной степени повреждений – к полному прекращению роста и гибели растений [3, 7, 17]. Для лесной экосистемы в целом последствия таких повреждений проявляются в изменении возрастной структуры насаждения, увеличении освещённости подпологовой среды и зелёной массы подлеска и травянистого покрова, увеличении времени существования не покрытых древесной растительностью лесных площадей и удлинению периода достижения насаждением максимальной экологической продуктивности.

За последние два десятилетия существенно вырос интерес учёных к изучению процессов естественного лесовозобновления на оставленных сельскохозяйственных угодьях. Экосистемы на ранних этапах послепашотных сукцессий в современном лесном покрове широко распространены на территории Европы, на востоке Северной Америки, в зоне хвойно-широколиственных и широколиственных лесов Европейской России, в Верхнем Поволжье, центре Русской равнины, в Восточной и Средней Сибири [5, 6, 9-11, 14]. Для оценки влияния энтомофауны на успешность лесовозобновления данных территорий и для своевременной защиты молодняков от повреждения насекомыми необходимы знания их видового состава и биологии, а также выявление и мониторинг популяций хозяйственно важных видов дендрофильной энтомофауны.

На сегодняшний день в России имеется немного работ, касающихся начальных стадий восстановления лесных экосистем на старопашотных землях, в том числе и процессов формирования комплексов дендрофильных насекомых [4, 13]. Имеющийся же в мировой практике опыт изучения процессов восстановления энтомофауны на залежных землях [5, 15, 16], как правило, касается только ранних стадий сукцессии, когда растительное сообщество представлено лишь травянистыми растениями, и не касается вопросов формирования энтомофауны на стадии появления древесных растений. При этом внимание исследователей сконцентрировано, главным образом, на изучении отдельных групп насекомых, например, чешуекрылых или жуков-герпетобионтов. В Средней Сибири исследования формирования энтомофауны в молодняках на залежных землях ранее вообще не проводились. Поэтому для нас представляет интерес изучение процессов формирования энтомокомплексов в молодняках первого этапа жизни (до смыкания деревьев кронами и образования древостоя) в ходе сукцессии на землях, вышедших из сельскохозяйственного оборота.

Исследования проводились в течение полевых сезонов 2006 – 2008 гг. на залежных землях, расположенных в 1,5-14 км от населенных пунктов Емельяновского и Ирбейского районов Красноярского края. Районы расположены в подзонах типичной лесостепи и подтайги [8]. Объектами исследования служили естественные сосновые и сосново-березовые (*Pinus sylvestris* L., *Betula pendula*

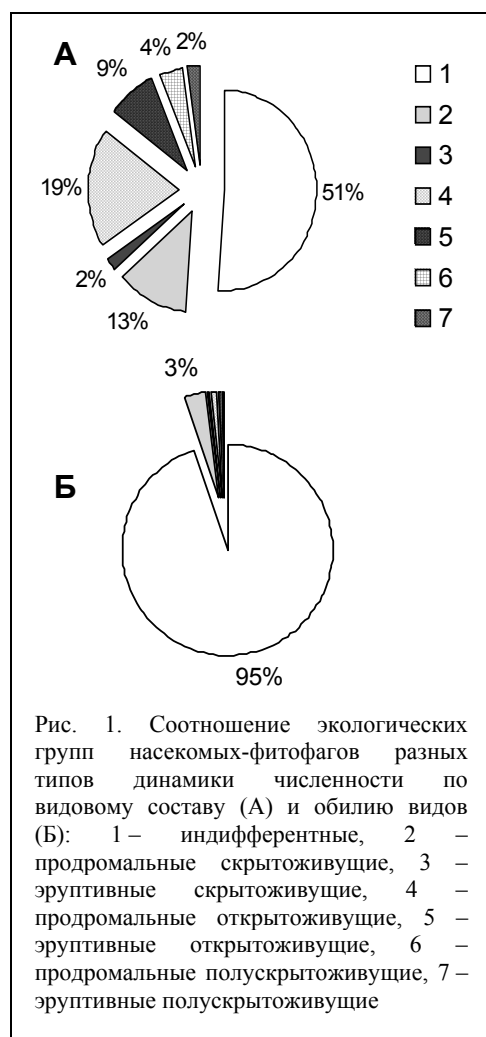
Roth.) молодые насаждения первого класса возраста, формирующиеся на землях, вышедших из сельскохозяйственного оборота в течение последних 7-16 лет. Доля сосны в составе молодняков составляла от 4 до 10 единиц. Сомкнутость молодых насаждений на залежах равнялась 0,2-0,5. Кустарниковый ярус покрывал менее 5 % площади участков и был образован пятью видами кустарников из родов *Salix*, *Padus*, *Spiraea* и *Ribes*. Всего было заложено 12 пробных площадей (далее – ПП). На период проведения исследований естественное возобновление сосны на большей части из них (67 %) оценено как удовлетворительное. Энтомологические сборы проводились методами околотов и отряхивания деревьев и ручного сбора по общепринятой методике [12]. Всего осмотрено 2260 деревьев на площади 1,5 га.

Комплекс дендробионтных насекомых-фитофагов исследуемых молодняков на залежных землях насчитывает 47 видов (из 17 семейств, 6 отрядов), повреждающих листья, почки, побеги, луб и кору ветвей главной и сопутствующих древесных пород. Видовой состав дендрофильных насекомых исследованных молодняков представлен в работе [1]. По числу выявленных видов на первом месте находится отряд *Lepidoptera* (18), за ним в порядке убывания располагаются отряды: *Hymenoptera* (8), *Coleoptera* (7), *Homoptera* (6) и *Orthoptera* (1). Ядро энтомокомплекса (53 % от общего числа зарегистрированных видов) составляют виды, трофически связанные с сосной. В энтомокомплексе насаждений на залежных землях районов исследования представлено более 50 % видов региональной дендрофауны сосновых молодняков.

Среди дендробионтных насекомых большинство (80,9 %) видов представлены единичными экземплярами (до 10 особей на ПП); 10,6 % видового состава фитофагов имеют численность в несколько десятков особей на ПП. И, наконец, 8,5 % от видового состава составляют колониальные виды, встречающиеся сотнями особей на ПП. К последним относятся четыре вида тлей из семейства *Lachnidae* (*Homoptera*): *Cinara pinea* Mordv., *C. nuda* Mordv., *C. hyperophila* Koch. и *Schizolachnus pineti* F. В ходе учетов численности насекомых-фитофагов молодняков наибольшее число особей было зафиксировано у вида *Cinara nuda* Mordv. Абсолютная заселенность соснового подроста этим видом составила до 8,7 шт./дер., относительная заселенность – 0,06.

Однако отмеченные колониальные виды не могут привести к массовому повреждению хвои и побегов и относятся, как и половина выявленного нами энтомокомплекса, к фоновым, индифферентным по типу динамики численности видам (рис. 1А). Указанная экологическая группа характеризуется стабильной численностью, которая практически постоянна при изменении погодных и кормовых условий. Она повышает устойчивость экосистемы и не имеет отрицательного хозяйственного значения. В наших объектах это самая многочисленная группа, включающая около 95 % всех особей насекомых-фитофагов, отмеченных в кроне соснового подростка (рис. 1Б).

Среди насекомых второй половины энтомокомплекса больше видов с продромальным типом динамики численности (36,2 % видового состава дендрофильных фитофагов, рис. 1А). В исследованных молодняках в эту категорию входят 17 видов насекомых, способных с увеличением кормовой базы и с появлением благоприятных погодных условий привести к снижению устойчивости подростка. Массовые размножения этих видов продолжаются два-четыре года и прекращаются под воздействием энтомофагов и патогенов. Среди них *Pissodes notatus* F., *Hylobius abietis* L., сосновые пилильщики из родов *Gilpinia* и *Macrodiprion*, *Hyloicus morio* Rotsch. et Jord., *Acronicta rumicis* L., *Macaria liturata* Cl., *Hylaea fasciaria* L., *Pandemis heparana* Den. et Schiff., *Acantholyda hieroglyphica* Christ. и побеговьюны (*Tortricidae*). Но в исследуемых нами молодняках продромальные виды немногочисленны (в сумме было обнаружено 277 экземпляров, или 4,4 % от всех особей дендрофильных насекомых). Наибольшее количество экземпляров отмечено у почкового побеговьюна *Cossus turionella* L. (всего 119 особей, подсчитанных по количеству повреждений дерева). Однако плотность данного вида



составляла от 0,2 до 1,1 шт./дер., а относительная заселенность – 0,15-0,43.

К эруптивным насекомым, способным давать вспышки массового размножения, относятся шесть видов насекомых, или 12,8 % видового состава дендрофильных фитофагов (рис. 1А). Обладая высокой миграционной активностью, такие виды быстро заселяют обширные пространства и причиняют значительный ущерб насаждениям. Период их массового размножения может длиться семь-девять лет. Надзор за такими видами может стать необходимым в сосновых молодняках в ходе возобновления леса на залежных землях районов исследования. В эту категорию входят открыто- (*Diprion pini* L., *Dendrolimus pini* L., *Panolis flammea* Schiff., *Bupalus piniaria* L.), скрыто- (*Rhizotrogus solstitialis* L.) и полускрытоживущие (*Acantholyda posticalis* Mats.) насекомые. Из них обыкновенный сосновый пилильщик, июньский хрущ и звездчатый пилильщик-ткач являются распространенными вредителями молодняков и способны привести к сильному угнетению и даже гибели деревьев. За период проведения полевых работ нами были отмечены в кронах сосен всего четыре экземпляра имаго июньского хруща. Поскольку, по литературным данным, в естественных молодняках районов исследования очаги июньского хруща не зафиксированы, мы считаем, что данный вид не представляет серьезной опасности для молодняков на залежных землях. Очаги двух других указанных выше видов уже регистрировались ранее в естественных и искусственных молодняках на территории Красноярского края [2, 3]. Однако в исследованных нами насаждениях эти виды крайне малочисленны. Так, с 12 ПП было собрано всего три личинки звездчатого пилильщика-ткача и 20 – обыкновенного соснового пилильщика.

Остальные виды насекомых данной группы (сосновый коконопряд, сосновая пяденица, сосновая совка) обычно дают вспышки массовых размножений в средневозрастных, припевающих и спелых насаждениях и поэтому не представляют угрозу для исследуемых 4-11-летних молодняков. Абсолютная заселенность соснового подростка для этих видов изменялась в пределах 0,003-0,1 особей на дерево, относительная – 0,003-0,07.

Таким образом, в настоящее время продромальные виды в обследованных молодняках на залежных землях не имеют лесохозяйственного значения в силу своей низкой численности. Определяющее значение в увеличении численности этих насекомых будут иметь модифицирующие факторы (состояние кормовых объектов и погодные условия). Из этой группы насекомых для исследованных сосновых молодняков опасны побеговьюны: почковый, зимующий и побеговьюн-смолевщик, активность которых может привести к снижению устойчивости древесных растений.

В исследованных сосновых молодняках на старопашотных землях численность наиболее опасных продромальных и эруптивных видов насекомых, повреждающих крону, не достигает критического уровня, при котором создается угроза полной дефолиации насаждения. Таким образом, на исследованном этапе лесовозобновительного процесса насекомые не оказывают существенного влияния на рост древесных растений и не выступают в качестве биотического фактора, способного на данном этапе сукцессии привести к критическим нарушениям (полное уничтожение древостоя в результате массового размножения) и отбросить экосистему к начальным стадиям вторичной сукцессии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буланова О.С., Борисова Е.В., Тарасова О.В. Фауна насекомых-фитофагов сосновых молодняков на залежных землях Емельяновского и Ирбейского районов Красноярского края // Хвойные бореальной зоны, 2008, 25(1/2). С. 116-121.
2. Галкин Г.И., Гребенщикова В.П. Первичные вредители сосновых культур в Красноярском крае // Тр. ВСНИПИЛесдрев., 1964, 11. С. 57-67.
3. Галкин Г.И., Гребенщикова В.П. Обыкновенный сосновый пилильщик (*Diprion pini* L.) в лесных культурах Сибири и меры борьбы с ним // Тр. СибНИИЛП. М.: Лесн. пром-ть, 1965, 13. С. 85-105.
4. Гуров А.В. Особенности формирования энтомокомплексов молодняков сосны обыкновенной в лесостепных районах Средней Сибири // Вопр. экологии беспозвоночных. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1988. С. 20-23.
5. Егунова М.Н. Жуки-герпетобионты залежей разных возрастов ЗАО «Алтайское» (Республика Хакасия) // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий. Абакан: Хакас. гос. ун-т им. Н.Ф. Катанова, 2008, 12(1). С. 78-79.
6. Ковалева Ю.П. Структура и динамика запасов растительного вещества в залежных экосистемах степной зоны, находящихся на различных стадиях восстановления // Природная и антропогенная динамика наземных экосистем: Мат. Всерос. конф., 11-15 окт. 2005 г., Иркутск. Иркутск: Иркут. гос. техн. ун-т, 2005. С. 326-329.
7. Коломиец Н.Г. Повреждения, наносимые сибирским шелкопрядом, и естественное возобновление шелкопрядников // Естественное возобновление хвойных в Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1962, гл. 14. С. 156-158. (Тр. по лесн. хоз. Сибири, Биол. ин-т, вып. 7).
8. Сергеев Г.М. Островные лесостепи и подтайга Приенисейской Сибири. Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1971. 264 с.
9. Смирнова О.В., Лукина Н.В., Бобровский М.В. Основные варианты сукцессии в лесном покрове Европейской России // Мониторинг биологического разнообразия лесов России: методология и методы. М.: Наука, 2008. С. 225-257.
10. Сорокина О.А. Сукцессии старопашотных серых лесных почв в возрастном ряду сосновых биоценозов Приангарья // Природная и антропогенная динамика наземных экосистем: Мат. Всерос. конф., 11-15 окт. 2005 г.,

- Иркутск. Иркутск: Иркут. гос. техн. ун-т, 2005. С. 453-456.
11. Уткин А.И., Гульбе Я.И., Гульбе Т.А. и др. Березняки и сероольшаники центра Русской равнины – экотон между экосистемами хвойных пород и сельскохозяйственными угодьями // Лесоведение, 2005, 4. С. 49-66.
 12. Фасулати К.К. Полевое изучение наземных беспозвоночных. М.: Высш. шк., 1971. 424 с.
 13. Юркина Е.В. Закономерности формирования фауны членистоногих животных в сосновых лесах средней и южной тайги на европейском Северо-Востоке // Вестн. Моск. гос. ун-та леса (Лесн. вестн.), 2003, 2(27). С. 175-184.
 14. Flinn K.M., Vellend M. Recovery of forest plant communities in post-agricultural landscapes // Front. Ecol. Environ., 2005, 3(5): 243-250.
 15. Siemann E., Haarstad J., Tilman D. Dynamics of plant and arthropod diversity during old field succession // Ecography, 1999, 22: 406-414.
 16. Steffan-Dewenter I., Tscharnke T. Early succession of butterfly and plant communities on set-aside fields // Oecologia, 1997, 109: 294-302.
 17. Toivonen R., Viiri H. Adult large pine weevils *Hylobius abietis* feed on silver birch *Betula pendula* even in the presence of conifer seedlings // Agric. and For. Entomol., 2006, 8: 121-128.

УДК 595.773

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ГЕТЕРОГЕННОСТЬ КОМПОНЕНТОВ ШИШКИ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ – МЕСТООБИТАНИЯ НАСЕКОМЫХ-КОНОБИОНТОВ

О.С. ВДОВИНА¹, Ю.Н. БАРАНЧИКОВ²

¹Хакасский государственный университет им. Н.Ф.Катанова, Абакан

²Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Шишка лиственницы сибирской служит весьма гетерогенным местообитанием для личинок насекомых-конофагов. Показано, что, последовательно заселяя разные ткани шишек (стробилу, семенные и кроющие чешуи), конофаги весеннего либо летнего фенологических комплексов всё время оказываются приуроченными к субстрату, обладающему максимальной пищевой ценностью в период активного роста их личинок.

Репродуктивные структуры хвойных – мужские пыльники и женские шишки служат исключительно богатым источником корма для многих видов животных [7]. Интенсивное освоение шишек насекомыми-конофагами – существенный фактор потери семян, замедляющий процесс лесовосстановления [5]. Изучение биохимических особенностей кормовых субстратов конофагов позволяет глубже понять механизмы действия конституционального иммунитета растений и закономерности сложения и функционирования отдельных компонентов консорциев.

Длительная совместная эволюция хвойных пород и насекомых, повреждающих их генеративные органы, привела к возникновению у последних целого ряда адаптаций. Одной из них является синхронизация отдельных фенофаз насекомых-конофагов и кормовой породы. А.Рок [8] выделяет пять фаз развития шишки лиственницы: (1) раскрытие генеративной почки, (2) активный рост, в ходе которого в тканях повышена концентрация азота, сахаров, жира и основных зольных элементов (Р, К, Са, Mg), (3) медленный рост, в ходе которого понижается содержание углеводов, и повышается содержание неперевариваемых соединений – целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина, (4) формирование и созревание семян и (5) лигнификация шишки. Эта классификация, к сожалению, не учитывает гетерогенности самой шишки, структурные компоненты которой также неоднородны [4, 6].

Среди обитателей шишек лиственницы выделяют две фенологические группы: весеннюю и летнюю. Типичными представителями весенней феногруппы являются шишковые мухи рода *Strobilomyia* Michelsen. По предварительным оценкам на юге Сибири обитают несколько видов этого рода: *S.sibirica* Michelsen, *S.infrequens* Ackland, *S.laricola* Karl и, возможно, *S.svenssoni* Michelsen [2]. Таблицы для различения этих видов недавно опубликованы [1]. Мухи начинают лёт со второй декады мая до конца первой декады июня. Личинка живет в шишках с конца мая по середину-конец июня. Выйдя из яйца, она сразу же продлевает в направлении стержня короткий ход, питаясь заложившимися семенами и прилегающими к ним тканями семенных чешуй. При этом личинка движется вокруг стержня по спирали в направлении от основания шишки к ее вершине. Личинки покидают шишки в конце июня-начале июля и уходят в подстилку. Представителем летней группировки конофагов лиственницы служит шишковая огневка *Dioryctria abietella* Schiff. Гусеница огневки начинает питаться в шишках с конца июня, заканчивает развитие в конце августа и также уходит в подстилку. Гусеница движется от базиса шишки к ее вершине по широкой спирали, выгрызая ход во внутренней части кроющих чешуй. Семенные чешуи и стробилу огневка, как правило, не затрагивает.

Таблица 1. Динамика биохимических показателей семенных и кроющих чешуй шишек лиственницы сибирской

Показатели	Семенные чешуи				Кроющие чешуи			
	май	июнь	июль	август	май	июнь	июль	август
Влажность	80,0±1,4	72,0±1,8	56,0±0,8	40,0±0,8	80,0±1,4	57,0±2,6	70,0±1,8	50,0±1,8
Общий азот, мг/г	8,2±0,3	9,5±0,2	7,3±0,9	5,2±0,2	8,2±0,3	7,8±0,1	9,0±0,3	6,1±0,1
Растворимые углеводы, мг/г	18,0±0,6	93,0±1,8	28,0±1,1	13,0±0,8	18,0±0,6	27,0±0,8	42,0±1,8	30,0±0,6
Сумма фенольных соединений, мг/г	8,3±0,2	61,0±1,8	16,1±0,4	19,0±1,1	8,3±0,2	40,2±0,9	23,4±0,6	39,5±0,7

В 2008-2009 гг. мы сравнили динамику содержания азота, растворимых сахаров и фенольных соединений в разных частях шишек лиственницы сибирской в парковом лиственничнике близ пос. Черное Озеро Ширинского района Республики Хакасия. Пробы шишек брали с 5 одних и тех же деревьев в конце мая и в середине июня, июля и августа. Шишки рассекали вдоль центральной оси, вычлняя стержневую часть с семенными чешуями и внешнюю часть с чешуями кроющими. В мае шишки лиственницы на семенные и кроющие чешуи не разделяли из-за их небольшого размера.

Проведенный нами анализ сезонной динамики влажности, содержания общего азота, растворимых углеводов и суммы фенолов в семенных и кроющих чешуях шишек показал, что в любой период своего онтогенеза шишка является весьма гетерогенным местообитанием (таблица 1). Разобщенность в питании личинок двух видов конофагов во времени и в пространстве тесно связана с сезонной динамикой качества кормового субстрата.

Личинки шишковых мух проходят питание в основном в июне, во второй период развития шишки по Року [8], когда ткани семенных чешуй лучше обводнены, содержат много общего азота и растворимых углеводов, характеризуются повышенным углевод/азотным соотношением (9,8). В дальнейшем эти показатели снижаются, в частности углевод/азотное соотношение падает до 2,5. Кормовая характеристика кроющих чешуй, местообитания гусениц огневки, улучшается в июле, в третьем-начале четвертого периода развития шишки. Увеличивается как влажность, так и содержание общего азота и растворимых углеводов; углевод/азотное соотношение поднимается до 4,7 и остается высоким в августе. При этом сумма фенольных соединений уменьшается (с 40,2 до 23,4 мг/г).

Мы видим, что насекомые-конофаги лиственницы явно демонстрируют расхождение по комплементарным осям экологических ниш [3], т.е. компенсируют сходство по отношению к одному фактору различиями по отношению к другому. Риск возникновения конкуренции наиболее велик у видов лиственничных шишковых мух, оккупирующих центральную часть шишки. Виды рода *Strobilomyia* минимизируют риск возникновения конкуренции путем небольшого (1-2 недели) фенологического сдвига по времени лёта, разному месту откладки яиц, и последующему «последующему» использованию центральной части шишки [2, 9]. Например, во французских Альпах личинка заселяющей шишки первой *S. laricicola* в ходе своего развития съедает не более 25-30 семян лиственницы европейской и уходит в стробилу, «оставляя» примерно такое же количество семян для последующих видов мух с более поздним периодом лёта; стробилу «поздние» виды не используют [9]. Результаты нашей работы позволяют понять, почему в первой половине лета никто из конофагов не осваивает ткани кроющих чешуй, на долю которых приходится до 2/3 объёма шишки. Эта часть шишки начинает заселяться отдельным видом – огневкой – лишь в июле, когда её ткани становятся наиболее благоприятными для роста гусениц.

Таким образом, последовательно заселяя разные ткани генеративных органов лиственниц, конофаги как весеннего, так и летнего фенологических комплексов всё время оказываются приуроченными к субстрату, обладающему максимальной пищевой ценностью в период активного роста их личинок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранчиков Ю.Н., Белова Н.В. Рабочие таблицы для определения лиственничных шишковых мух рода *Strobilomyia* (Diptera: Anthomyiidae) Евразии // Энтомологические исследования в Сибири. Вып. 1. Красноярск: КФ СО РЭО, 1998. С.90-101
2. Белова Н.В., Баранчиков Ю.Н. Мухи рода *Strobilomyia* Michelsen (Diptera: Anthomyiidae) в шишках хвойных пород России // Природная и антропогенная динамика наземных экосистем. Иркутск: Изд-во ИГТУ, 2005. С.168-170.
3. Гиляров А.М. Современное состояние концепции экологической ниши // Успехи соврем. биологии. 1978. Т. 85, № 3. С. 431-446.
4. Минина Е.Г., Ларионова Н.А. Морфогенез и проявление пола у хвойных. М.: Наука, 1979. 216 с.
5. Стадницкий Г.В., Юрченко Г.И., Сметанин А.Н., Гребенщикова В.П., Прибылова М.В. Вредители шишек и семян хвойных. М.: Лесная пром-сть, 1978. 168 с.
6. Третьякова И.Н., Баранчиков Ю.Н., Буглова Л.В., Белоруссова А.С., Романова Л.И. Особенности формирования генеративных органов лиственницы сибирской и их морфогенетический потенциал // Успехи совр. биологии, 2006. т. 126, 5. С. 472-480.

7. Turgeon J.J., Roques A., de Groot P. Insect fauna of coniferous seed cones: diversity, host plant interactions, and management // Annu.Rev.Entomol., 1994, 39. P. 179-212.
8. Roques A. Les insectes ravageurs des cones et graines de coniferes en France. Paris: INRA, 1983. 134 pp.
9. Roques A., Raimbault J.-P., Delplanque A. Les Dipteres Anthomyiidae de genre *Lasiomma* Stein. revageurs des cones et graines de Meleze d'Europe (*Larix decidua* Mill.) en France. II. Cycles biologiques et degats // Zeitschrift fur Angewandte Entomologie., 1984, 98. P. 350-367.

УДК 630*

ИНВАЗИВНЫЕ ОРГАНИЗМЫ И ЛЕСООБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС

Ю.И. ГНИНЕНКО

Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, Москва

АННОТАЦИЯ

Проникновение инвазивных организмов в леса России в последние годы стало заметно более интенсивным. Рассмотрены некоторые аспекты вселения в леса инвазивных растений, возбудителей болезней деревьев и кустарников, а также фитофагов. Приведены списки как уже проникших в леса инвазивных видов, так и тех, которые могут проникнуть в ближайшие годы.

Инвазивные организмы, проникающие в леса России с других континентов, постепенно становятся все более важным фактором в развитии лесообразовательных процессов. Длительное время считалось, что проблема проникновения чуждых видов в леса для нас неактуальна, проводилась политика весьма активного введения в лесные биоценозы различных растений. Делалось это, чаще всего, по двум причинам: во-первых, потому, что новые виды могли быть более продуктивными, чем местные, и, во-вторых, вводились декоративные растения, что якобы обогащало местную флору. Мало кто при этом задумывался над тем, что вслед за растением на новые места обитания вселятся его многочисленные болезни и фитофаги, которые могут стать бичом и для видов местной флоры. В настоящее время в наших лесах насчитывается большое число инвазивных растений, которые успешно адаптировались, и их число постоянно увеличивается. Ниже мы приводим список только части таких видов, которые, пожалуй, наиболее известны (табл. 1).

Таблица 1. Список некоторых инвазивных высших растений, вселившихся в леса России

Инвазивный вид	Время выявления в России	Происхождение
Клен американский <i>Acer negundo</i>	Начало XIX века	Северная Америка
Ясень пенсильванский <i>Fraxinus pennsylvanica</i>	1783 г.	Северная Америка
Вяз приземистый <i>Ulmus pumila</i>	1869 г.	Азия
Акация белая <i>Robinia pseudoacacia</i>	Середина XVIII века	Северная Америка
Ирга колосистая <i>Amelanchier spicata</i>	Начало XVIII века	Северная Америка
Ирга обильноцветковая <i>A. florida</i>	Начало XX века	Северная Америка
Люпин <i>Lupinus polyphyllus</i>	1826 г.	Северная Америка
Борщевик Сосновского <i>Heracleum sosnowskyi</i>	1947	Кавказ
Горец Вейриха <i>Polygonum weyrichii</i>	Вторая половина XX века	Дальний Восток
Золотарник канадский <i>Solidago canadensis</i>	XVIII век	Северная Америка
Ослинник двухлетний <i>Oenothera biennis</i>	XVIII век	Северная Америка
Пузыреплодник калинолистный <i>Physocarpus opulifolius</i>	1854 г.	Северная Америка
Пузыреплодник амурский <i>Ph. Amurensis</i>	1854 г.	Дальний Восток
Снежноягодник <i>Symphoricarpos albus</i>	1879 г.	Северная Америка

Опасность инвазивных видов для аборигенных лесных сообществ заключается, прежде всего, в том, что их агрессивное вселение сокращает возможности аборигенных организмов, вытесняет некоторые виды и, в конечном случае, разрушает местные биоценозы. Нельзя оправдать позицию некоторых лесоводов, которые с целью увеличения продуктивности древостоев вводят в состав аборигенных лесов экзотические виды древесных растений, что может привести (а кое-где уже и приводит в настоящее время) к деградации местных лесных сообществ, последствия которой в настоящее время практически непредсказуемы.

В качестве примера такой непредсказуемости можно привести внедрение в наши леса клена ясенелистного *Acer negundo*. Этот представитель американской флоры был введен в наши озеленительные посадки и в леса как неприхотливое быстрорастущее растение. Однако в настоящее время клен так успешно освоил леса в некоторых регионах страны, что стал вытеснять аборигенные

виды древесных. Так, в пойменных лесах Волги и Урала в некоторых местах подрост клена столь обилен, что приводит к вытеснению подроста дуба и других аборигенных пород. Последствия замены коренных лесов в поймах этих рек на заросли клена американского невозможно охарактеризовать иначе как надвигающуюся экологическую катастрофу.

Еще в XVII веке на территорию Европы была завезена из Северной Америки белая акация *Robinia pseudoacacia*. На юге России она не только очень популярна как компонент озеленения населенных пунктов, но и весьма широко распространена в лесных искусственных посадках. Белую акацию вводили в посадки сосны с целью обогащения бедных песчаных почв азотом. Она также является ценным медоносом и обладает устойчивостью к засухам и лесным пожарам. Эти свойства акации привели к тому, что на больших площадях бывших культур сосны, погибших или в сильной степени пострадавших от огня, в настоящее время произрастает фактически только белая акация. В среднем по югу страны древостой белой акации занимают порядка 1 % лесопокрытой площади, а в отдельных лесничествах этот показатель превышает 5-10 %. Это позволяет говорить о том, что в настоящее время на юге России фактически сформировался искусственный ареал белой акации.

Особенно опасно вселение в леса инвазивных возбудителей болезней (табл. 2), разрушительное действие которых на природные лесные сообщества будет нарастать в ближайшие годы [5, 9].

Таблица 2. Инвазивные патогенные микроорганизмы в лесах России

Инвазивный организм	Время выявления в России	Происхождение
Возбудители голландской болезни ильмовых: <i>Ophiostoma ulmi</i> <i>Ophiostoma novo-ulmi</i>	30-е годы XX века 50-е годы XX века	Западная Европа Северная Америка
Возбудитель мучнистой росы дуба <i>Mycosphaera alphitoides</i>	Начало XX века	Северная Америка
Возбудитель мучнистой росы конского каштана <i>Erysiphe flexuosa</i>	2003 г.	Северная Америка
Возбудитель крифонектриевого некроза каштана посевного <i>Cryphonectria parasitica</i>	1908 г.	Восточная Азия

Наглядным примером опасности таких вселенцев служит проникновение возбудителя голландской болезни, которое привело к исчезновению вязовников как специфичной лесной формации не только в России, но и во всех европейских странах. Следует указать, что вязовые леса Европы, и России в том числе, погибли в результате фактически двух эпифитотий. Первая была вызвана инвазией в леса возбудителя *Ophiostoma ulmi*, которая произошла в Европе в 20-е годы и в России в 30-е годы XX века. Позднее из Северной Америки в Европу проник грибок *Ophiostoma novo-ulmi*, и новая эпифитотия болезни прошла по лесам Европы начиная примерно с 40-х годов XX века.

Менее катастрофические последствия имеет вторжение в дубравы Европы возбудителя мучнистой росы дуба *Mycosphaera alphitoides*. Однако в настоящее время роль этой болезни в жизни европейских дубрав остается неполностью оцененной.

Высокую степень разрушения природных лесных сообществ с участием каштана посевного продемонстрировало вселение на Кавказ возбудителя крифонектриевого некроза *Cryphonectria (Endotia) parasitica* (Murr.) And. et And. в 1908 г. [6]. Болезнь проникла вместе с завезенными из восточной Азии растениями каштана. С тех пор крифонектриевый некроз стал бичом кавказских каштанников.

Пожалуй, впервые в российском лесоводстве назрела необходимость решать проблему появления в лесах сорных инвазивных трав. Остается совершенно неисследованным влияние на естественные процессы лесообразования вселение в наши леса таких чуждых растений, как люпин *Lupinus polyphyllus*, борщевик Сосновского *Heracleum sosnowskyi* и другие виды гигантских борщевиков, горец Вейриха *Polygonum weyrichii* и других, которые агрессивно внедряются в леса европейской части страны.

Введение люпина в культуры сосны привело в настоящее время к тому, что на обширной территории от западных границ России до центральных областей люпин стал преобладать в травяном покрове, существенно сократив возможности аборигенных трав. Будучи ядовитым растением, он обеднил кормовую базу травоядных животных.

Нельзя упускать из виду, что вслед за вселением инвазивных растений через некоторое время начинается вселение на занятые ими территории их фитофагов (табл. 3).

Последствия этого наглядно видны на примере белой акации. Ранее в пределах нового для акации ареала у нее не было сколько-нибудь опасных массовых вредителей. Проникший из Америки еще в XIX веке пилильщик *Nematus tibialis* не стал в Европе заметным вредителем акации. Однако начиная со второй половины XX века в Европу стали проникать другие фитофаги из Северной Америки, положив начало формированию комплекса вредителей этого интродуцента. Одним из таких вредителей является белоакациевая листовая галлица *Obolodiplosis robiniae*, которая уже присутствует на территории Украины [1], а в России впервые выявлена на юге Дальнего Востока [2]. Вслед за акацией к нам проникла белоакациевая паректопа *Paractopa robiniae*, начавшая осваивать посадки акации в самых

западных регионах страны, в частности, в Брянской области, куда она пришла с территории Украины.

Таблица 3. Некоторые инвазивные насекомые в лесах России

Инвазивный организм	Время выявления в России	Происхождение
Американская белая бабочка <i>Hyphantria cunea</i>	60-е годы XX века	Северная Америка
Платановый клоп-кружевница <i>Corythucha ciliata</i>	1998	Северная Америка
Охридский минер <i>Cameraria ohridella</i>	2003	Западная Европа
Белоакациевая листовая галлица <i>Obolodiplosis robiniae</i>	2005	Северная Америка
Белоакациевая паректопа <i>Parectopa robiniae</i>	2007	Северная Америка
Изумрудная ясеневая узкотелая златка <i>Agrilus planipennis</i>	2003	Дальний Восток
Липовая минирующая моль <i>Phylonorycter issikii</i>	80-е годы XX века	Дальний Восток

Приведенные здесь списки инвазивных организмов не исчерпывают всей остроты проблемы, ведь процесс проникновения новых видов в наши леса происходит непрерывно [3, 4]. Анализ данных карантинных организаций ряда сопредельных стран и взятых из литературных источников [7, 8, 10, 11] позволил составить список инвазивных организмов, которые пока отсутствуют в наших лесах, но уже проникли на территории ряда соседних стран и в скором времени могут появиться и у нас (табл. 4).

Таблица 4. Список инвазивных организмов, которые в ближайшие годы могут появиться в лесах России

Организм	В каких соседних странах выявлен	Повреждаемая порода
Сосновая стволовая нематода <i>Bursaphelenchus xylophilus</i>	Китай, Корея	Сосна
Дубовый клоп-кружевница <i>Corythucha arcuata</i>	Турция	Дуб
Каштановая орехотворка <i>Driocosmus kuriphilus</i>	Китай, Италия	каштан посевной
Рыжий сосновый лубоед <i>Dendroctonus valens</i>	Китай	Сосна
Японская сосновая галлица <i>Thecodiplosis japonensis</i>	Корея, Китай	Сосна
Сосновый семенной клоп <i>Leptoglossus occidentalis</i>	Италия, Словения	Сосна
Пихтовая тля <i>Cinara (Todolachnus) curvipes</i>	Чехия	Пихта
Азиатский усач <i>Anaplophora glabripennis</i>	Китай, Корея, Польша	многие лиственные породы
Возбудитель быстрого увядания дуба, или фитофтороз дуба <i>Phytophthora ramorum</i> и <i>Ph. kernoviae</i>	Польша, Литва	дуб
Белоакациевая минирующая моль <i>Phylonorycter robinella</i>	Украина	белая акация
Офиостомоз дуба <i>Ceratocystis fagocetarum</i>	Польша, Румыния	Дуб
Пихтовая американская тля <i>Cinara curvipes</i>	Чехия	пихта
Вязовый пилильщик <i>Aproceros sp.</i>	Румыния	Вяз

Приведенные списки инвазивных организмов, как мы уже указывали, не являются полными и будут постоянно расширяться. Поэтому важно своевременно начать масштабное изучение особенностей биологии всех этих организмов, приступить к оценке возможных последствий их вселения в наши леса и к разработке комплекса мер по сдерживанию их распространения.

Лесные инвазивные виды проникают на новые территории несколькими путями, но чаще всего это проникновение с древесиной и растениями бонсай. К сожалению, еще не сделан анализ путей проникновения таких организмов в леса России. Для ряда других стран подобный анализ выполнен. Например, специальный анализ, проведенный в Канаде в 1997 г. [7], показал, что вредные лесные насекомые способны проникать на новые территории в самой разнообразной крепёжной древесине с различными товарами и грузами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берест З.Л. Обнаружение галлицы *Obolodiplosis robiniae* на Украине // Вестник зоологии, 2006, т. 40, 6. С. 534.
2. Гниненко Ю.И. Новый вредитель белой акации // Защита и карантин растений, 2007, 10, С. 42-43.
3. Гниненко Ю.И., Жуков А.М., Голосова М.А. Состояние конского каштана (*Aesculus hippocastanum* L.) в некоторых странах Европы // Наука за гората, 2004, т. 41, 1. С. 3-8.
4. Голосова М.А., Гниненко Ю.И., Голосова Е.В. Каштановый минер *Cameraria ohridella* – опасный карантинный вредитель на объектах городского озеленения / М.: ВНИИЛМ, 2008. 26 с.
5. Сотировски К. *Phytophthora ramorum* – новоописан патоген по бројни растителни видови ширум Европа // Сборник на трудови I Конгрес за заштита на растенијата «Заштита на животната средина и безбедност на храна» Охрид, 2005. С. 165-168.
6. Щербин-Парфененко А.Л. Эндотиевый рак и чернильная болезнь съедобного каштана. М.: Гослесбумиздат, 1950. 71 с.
7. Allen E.A., Humble L.N., Dawson J.L.M., Bell J.D. Exotic insect interceptions from wooden dunnage and packing material / Canadian Forest Service, 1998. 7 pp.
8. Britton R.O., Sun J.H. Unwelcome guest: exotic forest pests // Acta Entomologica Sinica, 2002, v. 45, 1. Pp. 121-130.

9. Moralejo E. First report of *Phytophthora ramorum* on *Rhododendron* sp. in Spain // Plant Disease, 2002, v. 86(9). P. 1052.
10. Pellizzari G., Dalla Monta L. Alien insect and mite pests introduced to Italy in sixty years (1945 – 2004), 2005. http://dpg.phytomedizin.org/filladmin/alde_websiten/invasive_Symposium/56-36_Pelizzari-0517.pgt.
11. Pimental D., Lach L., Zuniga R., Morrison D. Environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States // Ecol. Econom., 2005, v. 52. Pp. 273-288.

УДК 630*561.1:630*453

ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННОЙ МИКРОФЛОРЫ ШЕЛКОПРЯДНИКОВ НА ПРОЦЕССЫ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ

И.Д. ГРОДНИЦКАЯ

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Присутствие в почве экскрементов гусениц шелкопряда способствует увеличению численности фитопатогенных микроорганизмов, которые вызывают повышенный отпад всходов пихты. В то же время вещества экскрементов стимулируют развитие выживших семян. В итоге зоогенный отпад вдвое уменьшает популяцию семян, но при этом способствует улучшению жизненного состояния пихты на первом году развития выживших растений.

Вспышки сибирского шелкопряда (*Dendrolimus sibiricus* Tschetv.) опустошают огромные лесные территории, возобновление на которых происходит слишком медленно или отсутствует совсем. Возможной причиной этого может являться трансформация почв: после поступления значительного количества экскрементов на поверхность почвы изменяются физико-химические и биологические свойства подстилки и почвы [2]. Этот фактор непосредственно или опосредованно может быть причиной низкой возобновляемости шелкопряда.

В почвах усохших пихтарников численность основных физиологических и таксономических групп микроорганизмов была значительно выше, чем на контрольных (восстановившихся) участках. Однако лесовозобновление (прорастание самосева) происходит слишком медленно несмотря на, казалось бы, благоприятный агрохимический и микробиологический фон.

В этой связи было проведено экспериментальное исследование зависимости прорастания семян, роста пихтовых всходов и качественного состава почвенных микроорганизмов от наличия в почве экскрементов гусениц сибирского шелкопряда [3].

Для этого проведены два опыта: опыт 1 – нестерильная почва с добавлением экскрементов (слой в 3 см), засеянная пихтовыми семенами; опыт 2 – простерилизованная (130°C) почва с добавлением экскрементов (слой в 3 см), засеянная пихтовыми семенами. Количество экскрементов (1 кг/м²) соответствовало интенсивной вспышке массового размножения шелкопряда [4]. Контролем служила та же почва, нестерилизованная и без экскрементов. В каждом варианте опыта и в контроле использовано по 300 пихтовых семян всхожестью 93 %. Опыты проводили при комнатной температуре и естественном освещении в условиях длинного дня.

В течение первой недели численно преобладали всходы в контроле, затем их число постепенно уменьшилось вследствие отпада. В обоих вариантах опыта всхожесть проростков была сравнительно поздней, что свидетельствует о негативном влиянии экскрементов гусениц шелкопряда на прорастание всходов. Очевидно, поздняя всхожесть в опыте вызвана не химическим, а чисто механическим влиянием фекалий, слой которых при увлажнении через непродолжительное время образует довольно плотную корку, наличие которой задерживает появление проростков над поверхностью почвы.

В течение второго месяца эксперимента число проростков в стерилизованной почве было почти вдвое выше, чем в нестерилизованном варианте. Различия в числе семян вызваны влиянием двух факторов: разной грунтовой всхожестью семян и разной смертностью проростков. Всхожесть семян составляла: 77 % в стерилизованной почве; 69 % в контроле и 45 % в нестерилизованной почве. Общий отпад в контроле и нестерилизованной почве достиг 28-29 %, а в стерилизованной – лишь 19 % (рис. 1).

Микробиологический анализ почвы показал, что добавление экскрементов гусениц приводит к увеличению популяции грибов (рис. 2), среди которых преобладали представители родов *Mucor*, *Aspergillus*, *Penicillium*. Кроме того, обнаружены виды родов *Verticillium* и *Rhizoctonia*, которые, как и пенициллы, являются обычными для Средней Сибири возбудителями инфекционного полегания семян хвойных, особенно в период их прорастания [5, 6]. Отсюда можно предположить, что высокая смертность семян и проростков в нестерильной почве и в контроле является результатом деятельности фитопатогенных грибов, рост которых стимулируют экскременты гусениц. Стерилизация уничтожила

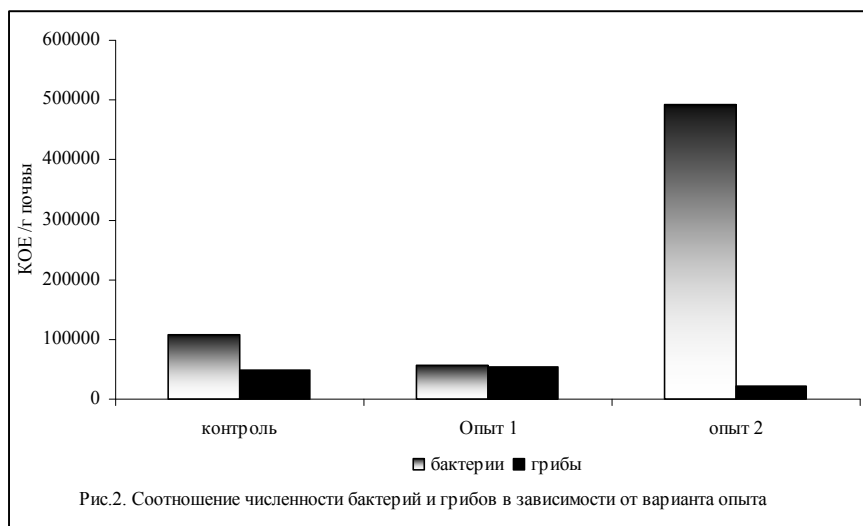
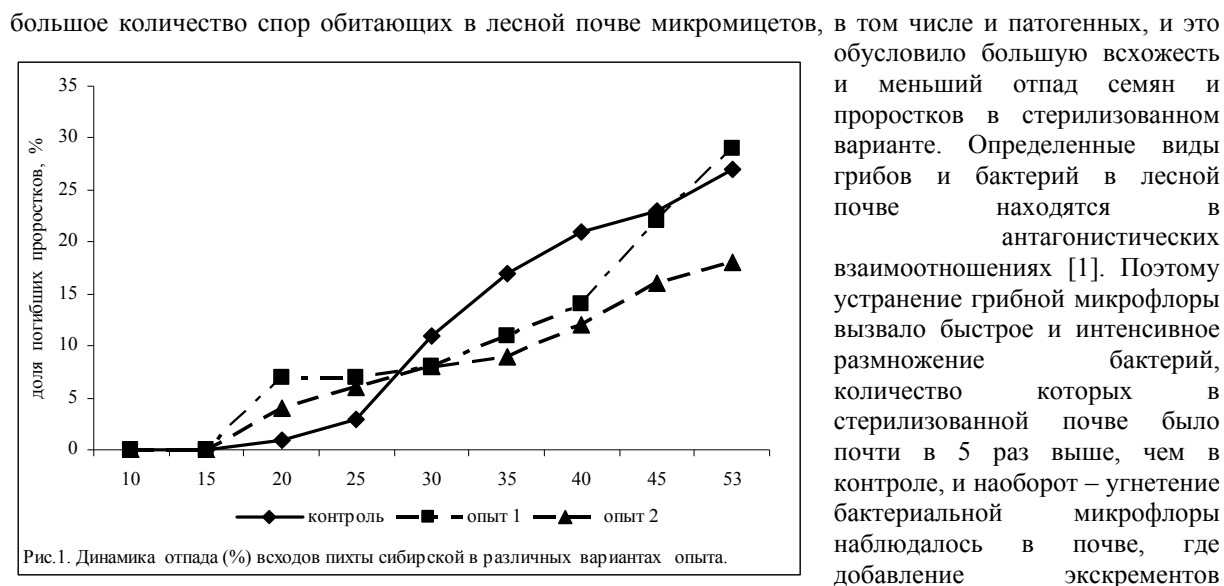


Таблица 1. Влияние водного экстракта из экскрементов гусениц на рост колоний микроорганизмов на голодном агаре		
Штамм	Длина штрихов, см	
	Контроль	Экстракт
<i>Agonomycetales</i> sp.	7,3	8,0
<i>Mucor</i> sp.	6,2	7,4
<i>Penicillium</i> sp.	5,5	6,5
<i>Aspergillus</i> sp.	4,7	6,5
<i>Fusarium</i> sp. (№ 1)	0	6,5
<i>Bacillus</i> sp. (№ 2)	5,3	6,5
<i>Corynebacterium</i> sp. (№ 3)	5,6	5,8
<i>Verticillium</i> sp (№ 4)	0	3,9
<i>Alternaria</i> sp. (№ 5)	6,0	6,7
<i>Rhizoctonia</i> sp. (№ 6)	2,0	6,5

занимает промежуточное положение (рис. 3).

Данные по измерению длины подземной и надземной частей пихтовых всходов согласуются с результатами взвешивания: длина гипокотилей одинакова, тогда как корни проростков существенно лучше развиты в обоих вариантах опыта, чем в контроле. При этом в контроле только 19 % семян сбросили семенной чехлик, что вполне соответствует слабому развитию корня и семядолей проростков. В опыте доля семян, сбросивших чехлик, составила 80 % в стерилизованной почве и 60 % в нестерилизованной. Отсюда следует, что присутствие в почве экскрементов гусениц и продуктов их микробного разложения способствует развитию корневой системы и фотосинтезирующей поверхности

различается между контролем и стерилизованной почвой, но достоверно ниже, чем в нестерилизованной почве под экскрементами (рис. 3). При этом масса стеблей у всех трех групп проростков одинакова; различия достигаются за счет массы подземной части и, главным образом, семядолей: оба показателя наиболее высоки в нестерилизованной почве с экскрементами и имеют наименьшее значение в контроле, тогда как средняя масса частей проростков в стерилизованной почве с экскрементами

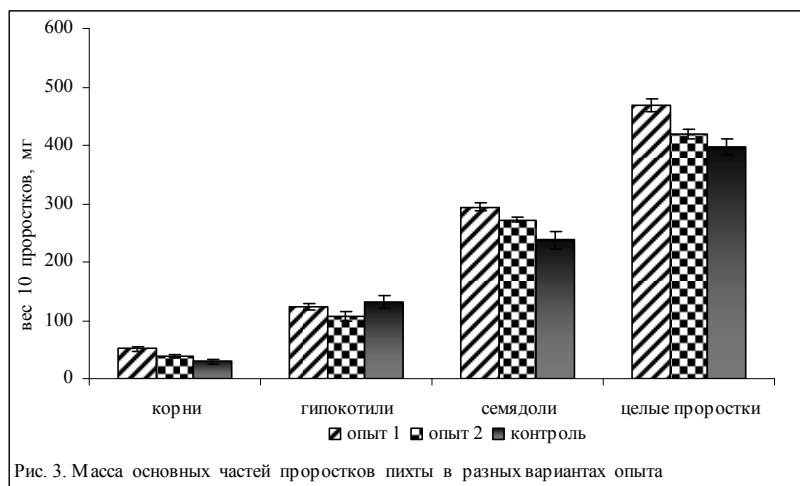


Рис. 3. Масса основных частей проростков пихты в разных вариантах опыта

сеянцев. Отсутствие различий в массе гипокотилей, вероятно, связано с характерной особенностью хвойных проростков: на ранних стадиях онтогенеза донорские функции относительно преобладают у гипокотилей.

Таким образом, можно заключить, что причины плохой прорастаемости самосева (сеянцев) хвойных связаны с негативным влиянием экскрементов гусениц сибирского шелкопряда, так как последние стимулируют

перераспределение доминантных аборигенных группировок микроорганизмов в сторону увеличения фитопатогенных грибов, вызывающих инфекционное полегание сеянцев.

В то же время проростки, преодолевшие инфекционный барьер, отличаются большей жизнеспособностью и быстрым переходом к автотрофному типу питания, что свидетельствует о положительном стимулирующем влиянии экскрементов на формирование сеянцев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гродницкая И.Д., Гукасян А.Б. Бактериальные заболевания сеянцев хвойных в лесных питомниках Средней Сибири // Микробиология, 1999, т. 68, вып. 2. С. 227-231.
2. Гродницкая И.Д., Воробьева Т.Н., Богородская А.В., Косицина А.А. Химический состав и микробное население почвы в таежных шелкопрядниках // Сиб. экол. журн., 2002, т. 9, 1. С. 33-41.
3. Гродницкий Д.Л., Гродницкая И.Д., Шейн И.В., Разнобарский В.Г., Богородская А.В. Влияние экскрементов гусениц сибирского шелкопряда на всходы пихты и микробное население почвы // Сиб. экол. журн., 2002, т. 9, 1. С. 53-57.
4. Коломиец Н.Г. Сибирский шелкопряд – вредитель равнинной тайги // Тр. по лесному хоз-ву. Вып. 3. Новосибирск, 1957. С. 61-76.
5. Якименко Е.Е. Микромицеты почв лесных питомников // Микология и фитопатология, 1992, т. 26, вып. 6. С. 480-485.
6. Якименко Е.Е., Гродницкая И.Д. Инфекционное полегание сеянцев хвойных в лесных питомниках Красноярского края // Микология и фитопатология, 1996, т. 30, вып. 2. С. 56-60.

УДК 630*

ГЕРПЕТОБИОНТНЫЕ ЖЕСТКОКРЫЛЫЕ КАК ИНДИКАТОРЫ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ

А.В. ГУРОВ¹, Н.Н. ГУРОВА², А. БАТТИСТИ (А. BATTISTI)³

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

²Сибирский государственный технологический университет, Красноярск

³Институт аграрной энтомологии при Падуанском университете, Падуя, Италия

АННОТАЦИЯ

Постоянное более или менее массовое присутствие лесных герпетобионтов в приграничных местообитаниях, занятых травянистой растительностью, еще до массового появления в них сеянцев древесных и кустарниковых пород можно рассматривать как один из показателей наличия на этих участках лесорастительных условий. Предполагается, что поступательное расширение зоны такого проникновения лесных подстилочных беспозвоночных отражает начало лесообразовательного процесса, являясь индикатором его самых ранних этапов.

Лесообразовательный процесс состоит из ряда последовательных этапов. Одним из ведущих этапов становления лесной экосистемы является формирование специфической лесной обстановки. Наличие элементов лесной обстановки может отмечаться и при отсутствии деревьев и кустарников. Такое случается, например, на ранних стадиях восстановительных сукцессий, когда на открытых участках начинают постоянно фиксироваться представители лесной фауны и флоры. Чаще всего это

наблюдается при наличии лесных рефугиумов, которые являются источниками распространения соответствующих элементов: пыльцы, семян, листового опада, активных и подвижных представителей фауны. Но даже при наличии подобных источников экспансия леса на примыкающие открытые пространства может не иметь успеха в силу специфических почвенных и климатических условий [3].

В число подвижных компонентов лесных зооценозов, способных демонстрировать поступательное проникновение элементов лесной обстановки на примыкающие открытые участки, входят комплексы герпетобийных членистоногих. Отмечалось, например, что их активное направленное продвижение от опушек на залежи может указывать на начало лесовосстановительного процесса еще до появления древесной и кустарниковой растительности [5]. Эти наблюдения проводились в условиях южной тайги Енисейского края. Последовательность ранних сукцессионных изменений на данном участке, начиная с момента полной приостановки человеческой деятельности, подробно описана [4]. В настоящем сообщении приводятся результаты наблюдений за распределением комплексов жуужелиц (Coleoptera: Carabidae) в совершенно иных условиях, а именно на границе между пустошами средиземноморского типа и лесными насаждениями, состоящими из каштана съедобного (*Castanea sativa*) с примесью дуба (*Quercus cerris*, *Q. pubescens*) и местных кустарниковых пород. Три экспериментальных участка располагались в непосредственной близости друг от друга в однородных почвенно-климатических условиях: умеренно влажный средиземноморский климат с засушливым летом; почвы типа мергеля с кислыми доломитовыми включениями в условиях северных предгорий Апеннин (округ Фиренцуола, Тоскана, Средняя Италия) [6]. Антропогенная раздробленность территории и преобладание частной собственности на землю ответственны в этом районе за различия в приемах землепользования как на обезлесенных, так и на лесопокрытых площадях.

Участок А. Контакт смешанного порослевого насаждения из каштана съедобного, дуба и хмелеграба (*Ostrya carpinifolia*) с травянистой пустошью, использовавшейся в течение десятилетий под зерновые культуры (пшеница), затем несколько лет – под умеренный выпас крупного рогатого скота.

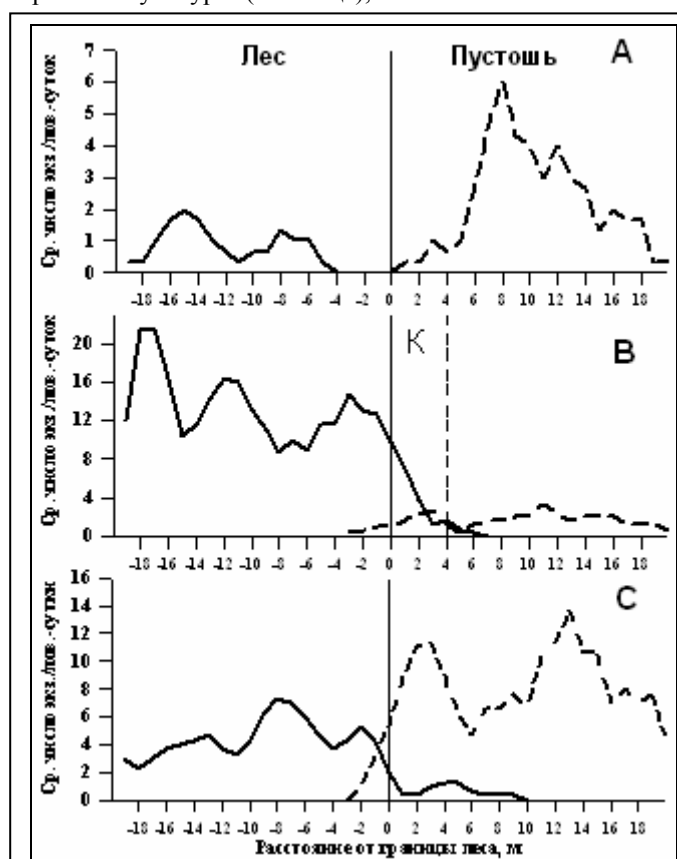


Рис. 1. Распределение доминантных лесных и рудеральных видов жуужелиц по отношению к границе лесопокрытых участков: А – порослевое насаждение / сухой разнотравный луг; В – некультивируемое каштановое насаждение / заброшенный сенокосный луг; С – культивируемое каштановое насаждение / заброшенное пастбище; К – кустарниковая опушка. Сплошная линия – лесная группировка; пунктирная линия – рудеральная группировка

Лесопокрытая площадь характеризуется наличием остатков крупных низких пней каштана и дуба с богатой порослью этих пород по периметру пней в возрасте 5-7 лет (диаметр у основания стволиков 8-12 см). Каждые 8-10 лет основная часть поросли удаляется в целях получения древесины, с оставлением 1-2 стволиков. Подстилка слабо развита и состоит в основном из свернутых в трубку крупных листьев каштана с покрытием поверхности почвы не более чем на 50 %. Прилегающая пустошь в последние 5-8 лет не используется, характеризуясь более или менее разреженной остепненной травянистой растительностью с преобладанием злаков. Граница между пустошью и лесом прямолинейна, полузакрытого типа за счет пневой поросли, с полным отсутствием кустарниковых включений, которые удаляются, по-видимому, при очередной рубке.

Участок В. Расположен на удалении не более чем в 1 км от участка А. Контакт культивируемого в течение многих десятилетий, а к моменту наблюдений заброшенного в течение последних 5 лет дубово-каштанового насаждения, с залежью, образовавшейся в результате прекращения использования примыкающего открытого участка. Участок использовался в качестве сенокоса с периодическим подсевом злаков. Лесопокрытая часть характеризуется полнотой не менее 0,6, наличием богатой, плотной подстилки из листьев и остатков кожуры плодов каштана.

Опушка представлена хорошо развитой полосой кустарников (терн, дикая груша и пр.) и относится к закрытому типу.

Участок С. Отделен от участка В только проселочной дорогой, то есть находится в абсолютно идентичных условиях с точки зрения экспозиции и почвенных разностей. Контакт чистого (все сопутствующие породы удалены), культивируемого не менее 150 лет насаждения каштана съедобного, используемого исключительно для получения плодов, и пустоши, образовавшейся после прекращения интенсивного выпаса крупного рогатого скота за 5-8 лет до начала наблюдений. Каштановый лес паркового типа имеет предположительно естественное происхождение и используется очень интенсивно. Вся подстилка ежегодно убирается для облегчения сбора плодов в осенний период. Удаляется также травянистая растительность и всходы кустарников и деревьев, включая 4-5-метровую приопушечную полосу. Опушка полностью открытого типа и представлена стеной леса. Примыкающий безлесный участок характеризуется разреженным разнотравьем с наличием участков выбитой почвы и каменистыми россыпями в результате пастбищной эрозии. Участок дополнительно окаймлен с одной стороны остатками защитной лесополосы, составленной порослевым дубом, хмелеграбом, грушей, яблоней, терном и другими древесными и кустарниковыми породами.

Анализ материалов крупномасштабной (1:25000) аэрофотосъемки описанных площадей с помощью ГИС (Флорентийский университет, Флоренция, Италия) показал отсутствие естественного лесовозобновления на заброшенных сельхозугодьях. Наши наблюдения подвергают сомнению данный вывод.

На всех трех участках группировки жужелиц оказались, за малыми исключениями, идентичными. Лесной комплекс составлен исключительно стенобионтными видами, из которых крупные представители рр. *Abax*, *Carabus* и *Percus* являются по преимуществу охотниками за моллюсками (улиткоедами). Комплекс пустошей характеризуется преобладанием видов-рудералов. Эта группировка открытых участков почти не проникала под полог леса (рис. 1А, В, С) несмотря на различия в лесной обстановке и в конструкции опушек. На участке А вторичная лесовосстановительная сукцессия действительно отсутствует. Представители лесного комплекса жужелиц даже не подошли к линии опушки (рис. А). На участке В, с ненарушенной лесной обстановкой и наличием закрытой кустарниковой опушки, лесные виды распространились до ее границы, но практически не проникли под полог сомкнутого бывшего сенокосного травостоя, в котором лишь редкими островками отмечено присутствие инвазивного кустарника – дрока (рис. 1В). В то же время при наличии полностью открытой опушки и постоянно контролируемой человеком лесной обстановки на участке С доминантные виды лесных жужелиц проявили яркую тенденцию к проникновению в безлесное местообитание (рис. 1С). Осенью, по окончании наблюдений за активностью герпетобия, геоботаническое (с интервалом в 1 м) описание открытых примыкающих к лесу участков показало, что только на участке С под покровом травянистой растительности имеются в большом числе всходы и сеянцы основных древесных (каштан, дуб, хмелеграб) и кустарниковых (груша, яблоня, терн, дрок и др.) пород, что никак не могло быть зафиксировано с помощью дистанционных методов (А. Гуров, Дж. Торра – неопубликованные материалы).

Наиболее вероятной причиной отсутствия восстановительной сукцессии на заброшенном травянистом угодье участка А следует считать крайнюю нарушенность лесной обстановки в соседнем порослевом насаждении в результате периодических сплошных рубок поросли. Рубки препятствовали плодоношению главных древесных пород и привели к полному исчезновению лесных позвоночных, которые могли способствовать разносу крупных и тяжелых семян (каштаны, желуди) и плодов в сторону пустоши. На участке В даже при обильном плодоношении разносу тяжелых семян и плодов препятствовала, возможно, закрытость (плотность) опушки, а их прорастанию при наличии разнотравья – развитие густой дернины в пределах заброшенного сенокосного выдела. На участке С с примыкающими к нему сбоку остатками защитной лесополосы все условия благоприятствовали богатому плодоношению и разносу семян и плодов. Последнее ответственно за появление всходов древесных и кустарниковых пород на примыкающем деградированном пастбище с наличием выбитых участков. Присутствие элементов лесной обстановки, возможно, способствовало отмеченному в течение всего сезона наблюдений (май – октябрь) проникновению лесных видов жужелиц в безлесное местообитание.

Основным выводом следует считать то, что сообщества жужелиц оказались очень чувствительными к изменениям, вызванным человеческой деятельностью, и в случае восстановительной сукцессии проявили себя индикаторами начала лесообразовательного процесса на самых ранних его этапах. Остается открытым вопрос: какие факторы ответственны за выход лесных видов на открытые участки? Считается, например, что стенобионтные виды жужелиц практически не удаляются от опушки заселяемого ими леса, а эврибионты могут преодолевать значительные пространства и колонизировать новые местообитания [1]. Однако именно рудеральные, нередко являющиеся эврибионтными, виды продемонстрировали, как в обсуждаемых материалах (см. рис. 1А, В, С), так и в ряде других работ [2, 3, 4 и мн. др.], полный отказ от глубокого проникновения под полог лесных участков, граничащих с

безлесными стациями. Во всех указанных случаях открытые площади имели искусственное происхождение, то есть до вмешательства человека являлись лесопокрытыми. Лес представляет собой более сложно организованную экосистему по сравнению с травянистыми сообществами и поэтому в принципе имеет большие возможности для экспансии [2] или для восстановления утраченных в результате человеческой деятельности позиций. Для полифагов, которыми являются жужелицы, ограничивающими факторами могут служить, например, микроклиматические условия, структура подстилки и напочвенного покрова. В любом случае явление «выхода – захода», то есть взаимопроникновения группировок на границе смежных местообитаний, должно рассматриваться с точки зрения структурно-функциональных связей в системе биогеоценотических отношений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козлов М.В. Влияние антропогенных факторов на популяции наземных насекомых // Итоги науки и техники. Сер. Энтомология. Т. 13. М.: ВИНТИ, 1990. 189 с.
2. Маргалев Р. Облик биосферы. М.: Наука, 1992. 254 с.
3. Battisti A., Gourov A., Khomentovski P. et al. INTAS-94-0930 Final report: Phytophagous insects in ecotones and their impact upon forest ecosystems stability and regeneration. Brussels, 1998. 119 pp.
4. Gourov A.V. Territorial mosaic and the problem of boundaries (In case of secondary succession): Landscape ecology – Ecologia del paesaggio // Atti del XXXI Corso di Cultura in Ecologia. Dipartimento Territorio e Sistemi Agroforestali, Università degli Studi di Padova, Padova (Italy), 1994. Pp. 97-117.
5. Gourov A., Godron M., Loshchev S. Overlap in distribution of forest and meadow insects species in mesoecotones. I. Epigeic beetle assemblages (Coleoptera: Carabidae, Silphidae) // Écologie (France), 2000, v. 30 (3). Pp. 165-175.
6. Gourov A., Torta G., Julien J. Role of boundaries in the regeneration of fragmented landscape: forest fragmentation in ecologically and economically different regions // Tendances Nouvelles en Modélisation pour l'Environnement. Proc. Les Journées du Programme Environnement, Vie et Sociétés. Paris, CNRS, 1995. Pp. 167-170.

УДК 630*561.24:582.475:630*845.4 (571.1)

СВЯЗЬ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА КЕДРА СИБИРСКОГО СО ВСПЫШКАМИ МАССОВОГО РАЗМНОЖЕНИЯ РЫЖЕГО СОСНОВОГО ПИЛИЛЬЩИКА В ЮЖНОЙ ТАЙГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Д.А. ДЕМИДКО, С.А. КРИВЕЦ, Э.М. БИСИРОВА

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск

АННОТАЦИЯ

Рассмотрено формирование кедром сибирским в условиях южной тайги Западной Сибири экстремально узких колец в периоды вспышек массового размножения рыжего соснового пилильщика *Neodiprion sertifer* Geoffr. Показано, что снижение прироста может наблюдаться как в год массового размножения, так и на следующий год после него, или же проявляться как кумулятивная реакция на объедание хвои кедра в течение двух-трех лет подряд. Своевременное проведение защитных мероприятий предотвращает значительное снижение прироста.

Рыжий сосновый пилильщик *Neodiprion sertifer* Geoffr. (Hymenoptera, Diprionidae) – основной хвоегрызущий вредитель кедра сибирского *Pinus sibirica* Du Tour в южной тайге Западной Сибири и один из главных объектов лесопатологического мониторинга в припоселковых кедровниках Томской области. Крупные вспышки массового размножения *N. sertifer*, сопровождающиеся средним и сильным объеданием хвои, здесь стали отмечаться с 1963 г. [1, 2]. В дальнейшем они повторялись неоднократно вплоть до последнего времени.

После первой вспышки массового размножения *N. sertifer* в 1963 – 1965 гг. наиболее крупные региональные вспышки, охватившие многие припоселковые кедровники, реализовались в 1987 – 1991, 1993 – 95, 2003 – 2005 гг. [3]. В отдельных кедровых урочищах юга Томской области очаги пилильщика отмечались также в 1971 – 1972, 1976, 1978, 1980 – 1981, 1983, 1990 – 1991, 1997 – 1998, 2001 – 2002 гг. [5].

Характеристики вспышки размножения *N. sertifer* в зависимости от погодных и лесорастительных условий в разных кедровниках могут иметь свои особенности (время возникновения, причины затухания, разный период и интенсивность дефолиации насаждений), что находит объективное отражение в динамике радиального прироста деревьев в конкретном древостое. В условиях Западной Сибири влияние массового размножения рыжего соснового пилильщика на радиальный прирост кедра ранее не исследовалось.

Связь радиального прироста кедра со вспышками массового размножения рыжего пилильщика изучена нами с применением широко используемого в дендрохронологии метода реперных лет [7], под

которыми понимаются годы с приростом, резко отличающимся от средней величины.

Материал собран на постоянной пробной площади, заложенной в 2006 г. в Белоусовском припоселковом кедровнике, в 16 км юго-восточнее Томска. Насажение на пробной площади относится к разнотравной группе типов леса и произрастает на серых лесных почвах в плакорной части кедровника. Состав 10К, высота $23,9 \pm 3,5$ м, средний диаметр стволов 44 ± 14 см, возраст 140 ± 26 лет, 286 стволов на гектаре, полнота 0,95, II бонитет.

Керны отбирались в первой декаде июня 2007 г. с деревьев кедров I-II классов Крафта. С каждого дерева было взято два керны с противоположных сторон ствола настолько низко, насколько было возможно. После шлифовки кернов на них измерялась ширина годовичных колец с помощью полуавтоматической системы LINTAB с пакетом программ TSAP с точностью до 0,01 мм. Деревья возраста 200 лет и более из обработки исключались, поскольку реакция радиального прироста на внешние воздействия может изменяться с возрастом [10]. Всего были обработаны керны с 46 деревьев. С целью минимизации возрастного тренда и влияния соседних годовичных колец друг на друга проводилась стандартизация серий прироста с помощью дендрохронологической библиотеки программ DPL, разработанных лабораторией изучения годовичных колец Аризонского университета (Тусон, США). Согласованность хода радиального прироста отдельных деревьев оценивалась с помощью коэффициента синхронности (Gleichläufigkeit) [6, 9].

Реперные годы выделялись по Neuwirth с соавторами [8] для периода, в пределах которого годовичные кольца были замерены по меньшей мере у десяти деревьев. Поскольку предметом исследования являлись последствия объедания хвои, нами фиксировались только реперные годы с пониженным относительно среднего приростом, одной из причин которого является повреждение фотосинтетического аппарата филлофагами [4, 9]. Дополнительно анализировалась синхронность спада прироста: годы, в которые спад зафиксирован по меньшей мере у 70 % исследованных деревьев ([6], с нашими изменениями), рассматривались отдельно. Такие реперные годы мы будем называть «знаковыми» по аналогии с термином «event years» [6].

Обработка дендрохронологических данных показала, что ход радиального прироста деревьев на пробной площади согласован в достаточной степени, чтобы рассматривать их как единую совокупность. Величина коэффициента синхронности составила в среднем 65, протяжённость анализируемого периода – 106 лет (1900 – 2006 гг.). Значительное снижение прироста было отмечено для 17 лет, из которых 9 лет выделены нами как знаковые (рис. 1, табл. 1).

Таблица 1. Годы, для которых зафиксированы экстремально низкие значения радиального прироста деревьев кедров сибирского. Жирным шрифтом выделены знаковые годы

Реперные годы	Вероятная причина снижения прироста
1963, 1965, 1983, 1989, 1993, 1999, 2006	хвоетгрызущие насекомые
1901, 1926, 1929, 1931, 1934, 1948, 1955, 1956, 1958, 1969	не установлена

Анализ связи появления знаковых лет в Белоусовском урочище с фактически установленными периодами массового размножения рыжего соснового пилильщика в припоселковых кедровниках Томской области показал их соответствие вспышкам 1963 – 1965, 1993 – 1995, 1997 – 1999, 2003 – 2005 гг. Так, очевидно, что подъём численности пилильщика в припоселковых кедровниках Томской области в 1963 – 1965 гг. был характерен не только для упоминаемых в литературе Лучановского и Богашевского кедровников [1], но и для Белоусовского кедровника, и отмечен в радиальном приросте кедров формированием узкого кольца древесины в 1965 г. у большинства деревьев в насаждении (рис. 1).

В 1983 г., в котором в Белоусовском кедровнике действовали очаги рыжего соснового пилильщика [5], выявлено значительное снижение радиального прироста кедров, но синхронность спада прироста была несколько ниже принятого нами порога. Последнее связано, видимо, с меньшей продолжительностью вспышки, которая затухла на следующий год по естественным причинам.

В период вспышки 1987 – 1991 гг. Белоусовский кедровник относился к числу наиболее заселённых рыжим сосновым пилильщиком. Максимальная численность вредителя наблюдалась в 1988 г. Несмотря на проведение обработки очага цимбушем в этот же год, достаточно поздний срок авиахимборьбы (4 июля) обусловил формирование узкого кольца древесины в 1989 г. более чем у половины деревьев (реперный год).

Следующий по времени подъём численности рыжего соснового пилильщика в припоселковых кедровниках на юге Томской области (1993 – 1995 гг.) в Белоусовском кедровнике характеризовался возникновением в 1993 г. комплексного очага *N. sertifer* и сибирского шелкопряда *Dendrolimus sibiricus* Tschetv. В результате уже в этот же год было отмечено резкое снижение радиального прироста у большинства деревьев (рис. 1). Обработки децисом в 1995 г. позволили подавить очаг и значительно снизить влияние дефолиации на прирост.

В период вспышки рыжего соснового пилильщика в 1997 – 1999 гг. реакция радиального прироста на дефолиацию проявилась в 1999 г., после двух лет объедания хвои, причем наиболее резко по

сравнению с другими вспышками (рис. 1). В 1997 г. очаг был обработан препаратом вирин-диприон. В 1999 г. численность снизилась из-за сильных зимних морозов.

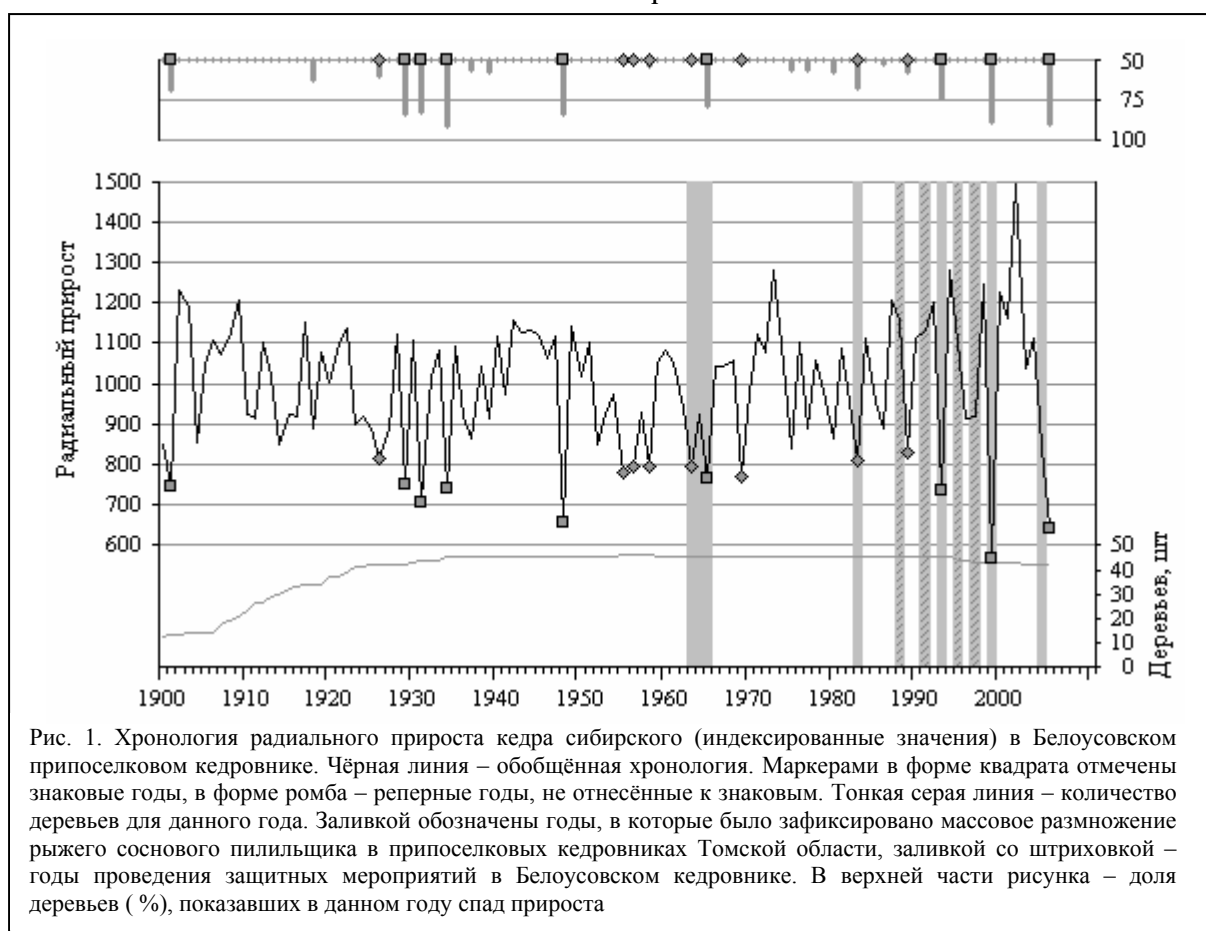


Рис. 1. Хронология радиального прироста кедра сибирского (индексированные значения) в Белоусовском припоселковом кедровнике. Чёрная линия – обобщённая хронология. Маркерами в форме квадрата отмечены знаковые годы, в форме ромба – реперные годы, не отнесённые к знаковым. Тонкая серая линия – количество деревьев для данного года. Заливкой обозначены годы, в которые было зафиксировано массовое размножение рыжего соснового пилильщика в припоселковых кедровниках Томской области, заливкой со штриховкой – годы проведения защитных мероприятий в Белоусовском кедровнике. В верхней части рисунка – доля деревьев (%), показавших в данном году спад прироста

Существенное снижение прироста кедр в 2006 г., выявленное в Белоусовском кедровнике также у абсолютного большинства исследованных деревьев (рис. 1), однозначно вызвано массовым размножением пилильщика в 2005 г., в котором численность фитофага была максимальна. Дальнейший рост численности вредителя, как и в предыдущую вспышку, был остановлен сильными морозами в зимний период 2005 – 2006 гг.

Таким образом, появление реперных (в том числе знаковых) лет в хронологии кедр сибирского во второй половине XX и начале XXI века на юге Западной Сибири удовлетворительно объясняется вспышками размножения рыжего соснового пилильщика. Экстремально низкий радиальный прирост кедр сибирского в условиях припоселковых кедровников может быть сформирован как непосредственно в год пика массового размножения рыжего соснового пилильщика, так и на следующий год после него, или же проявляться как кумулятивная реакция на объедание хвои кедр в течение двух-трех лет подряд.

Несмотря на то, что до 1963 г. не были известны случаи размножения рыжего соснового пилильщика на юге Томской области, можно с достаточным основанием предположить, что снижение радиального прироста кедр в знаковые 1931 и 1948 годы (рис. 1) также было связано с периодами повышенной численности этого насекомого, которая не была зарегистрирована из-за недостаточной организации службы защиты леса, особенно в Сибири. Известно, что крупные вспышки *N. sertifer* формируются из локальных вспышек в разных частях ареала и охватывают в одни и те же годы большие территории [2]. В частности, 1928 – 1935 и 1947 – 1950 гг. относятся к главным периодам вспышек рыжего соснового пилильщика в Европе, которые отмечались и во многих регионах европейской части бывшего СССР и, видимо, происходили также в сибирских лесах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коломиец Н.Г. Комплексные очаги массового размножения пилильщиков (Нум., Diprionidae) в кедровниках // Изв. Сиб. Отд. АН СССР, серия биол.- мед. наук, 1966, вып. 1. С. 150-151.
2. Коломиец Н.Г., Стадницкий Г.В., Воронцов А.И. Рыжий сосновый пилильщик (распространение, биология, вред, естественные враги, меры борьбы). Новосибирск: Наука, 1972. 145 с.
3. Кривец С.А., Чемоданов А.В., Хоничев Н.В. Оценка состояния припоселковых кедровников Томской области //

- Экономическое развитие Сибири. Природопользование, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью: Сб. мат. III Межд. науч. конгр. ГЕО-Сибирь-2007. Новосибирск, 25-27 апреля 2007 г. Т. 2, ч. 2. Новосибирск: СГГА, 2007. С. 224-228.
4. Пиндюра Е.С., Плешанов А.С. Морфометрические реакции хвойных на дефолиацию // Влияние антропогенных и природных факторов на хвойные деревья (патология и резистентность). Сб. науч. тр. Иркутск, 1975. С. 159-178.
 5. Хоничев Н.В., Кривец С.А., Бисирова Э.М. Массовые размножения рыжего соснового пилильщика в припоселковых кедровниках Томской области // Популяционная экология животных. Мат. Межд. конф., 19-22 сент. 2006 г., Томск. Томск: Изд-во ТГУ, 2006. С. 70-72.
 6. Шиямов С.Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале. Москва: Наука, 1986. 136 с.
 7. Dittmar C., Elling W. Dendroecological investigation of the vitality of Common Beech (*Fagus sylvatica* L.) in mixed mountain forests of the Northern Alps (South Bavaria) // Dendrochronologia, 2007, v. 25(1). Pp. 37-56.
 8. Neuwirth B., Schweingruber F.-H., Winiger M. Spatial patterns of central European pointer years from 1901 to 1971. Dendrochronologia, 2007, v. 24(2-3). Pp. 79-89.
 9. Schweingruber F.-H. Tree rings: basics and applications of dendrochronology. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, Holland, 1988. 276 pp.
 10. Wilking M., Myers-Smith I. Changing climate sensitivity of black spruce (*Picea mariana* Mill.) in a peatland-forest landscape in Interior Alaska. Dendrochronologia, 2008, v. 25(3). Pp. 167-175.

УДК 631.427.22(470.21)

ПРОЦЕССЫ МИКРОБНОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ МЕТАНА В КРИОГЕННЫХ ПОЧВАХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЭВЕНКИИ

С.Ю. ЕВГРАФОВА^{1,2}, Ю.О. КРИНИЦЫН², О.В. МАСЯГИНА¹, А.А. АНИСКИНА¹

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

²Сибирский федеральный университет, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Изучены процессы продукции и потребления метана микробными сообществами лесных криогенных почв Центральной Эвенкии. Показано, что процессы метаногенеза исследуемых почв присущи её верхним слоям. Потенциальная метанотрофная способность обнаружена по всей толщине сезонно-талого горизонта почвы.

Важнейшим фактором лесорастительной способности почв являются биогеохимические функции микробных сообществ – мобилизация и трансформация азотсодержащих и лигноцеллюлозных комплексов, эмиссия диоксида углерода (CO₂) и метана (CH₄). Значительное количество метана выведено из современного биогеохимического круговорота и законсервировано в вечной мерзлоте [3, 9, 14], где наряду с метаном сохраняются и жизнеспособные анаэробные микроорганизмы, в том числе метанобразующие археи [2]. Одновременно с метанобразующими микроорганизмами в почве, как правило, всегда присутствует метанотрофная микрофлора, которая является аэробной и подразделяется на два типа согласно некоторым биохимическим особенностям строения клетки и эколого-физиологическим характеристикам (например, метанотрофы I типа доминируют в экосистемах, богатых источниками азота [5, 8, 10], метанотрофы II типа характеризуются способностью к азотфиксации [6]; из холодных местообитаний преимущественно выделяются метанотрофы I типа [11, 12, 13], в то время как низкие температуры подавляют активность метанотрофов II типа [7]).

Представляет особый интерес вопрос, насколько разнообразны, многочисленны и широко распространены метаногенные и метанотрофные бактерии в природных экосистемах, что важно для оценки роли этих микроорганизмов в глобальных процессах продукции и окисления метана. На территории Сибири из естественных экотопов, как правило, происходит эмиссия современного (а не захороненного) биогенного метана [1].

В данной работе представлены результаты исследования процессов микробной трансформации метана в лиственничниках гомогенных, сформированных на вечной мерзлоте, на пробных площадях, заложенных в районе Эвенкийского опорного экспедиционного пункта Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН (п. Тура). Тип почвы исследуемого региона классифицируется как криоземы гомогенные.

Способность микрофлоры лесных криогенных почв лиственничников Центральной Эвенкии к образованию и потреблению метана изучалась на двух контрастных склонах – южной и северной экспозиций, имеющих сходный напочвенный покров, но характеризующихся различной глубиной оттаивания верхнего почвенного горизонта вследствие различной инсоляции в течение вегетационного периода.

Исследования проводили во всем профиле сезонного оттаивания почвы с шагом в 5 и 10 см. Продукцию метана микробными сообществами почвы определяли следующим образом: навеску почвы

(около 2 г) помещали в стеклянные флаконы, добавляли 10 мл воды, герметично закрывали флакон и замещали воздух во флаконе аргоном. Определение выделившегося метана проводили на 10 сутки на газовом хроматографе. Потенциальное потребление метана микробными сообществами определяли путем помещения навески почвы (около 35 г) в стеклянный флакон объемом 250 мл, который герметично закрывали и в который при помощи шприца вводили около 8000 ppm CH_4 . На газовом хроматографе замеряли начальную концентрацию CH_4 и затем кинетику его потребления микробными сообществами через 2, 4, 6, 24 и 26 часов.

Биологическую активность исследуемых образцов почвы определяли по активности ферментов углеродно-азотного метаболизма [4].

Продукция метана микробными сообществами изучаемых почв была обнаружена только в верхних горизонтах. На склоне северной экспозиции микробценозы почвы выделяли метан в слоях почвы 0-5 и 5-10 см; на склоне южной экспозиции – в слоях 0-5, 5-10 и 10-20 см. Метаногенез является строго анаэробным процессом, поэтому приуроченность метанообразующих микроорганизмов к верхним слоям почвы (в которых вследствие низкой порозности изучаемых почв всегда присутствуют анаэробные условия) связана, скорее всего, либо с температурными условиями (температура почвы в слоях, где был обнаружен метаногенез, регистрировалась не ниже, чем $6,8^\circ\text{C}$), либо с наличием в верхних горизонтах легкодоступной органики.

Проведенные исследования потенциальной метанотрофии микробными сообществами почв контрастных склонов показали, что потенциальное потребление метана микробценозом почвы склона южной экспозиции составляло $18,7 \text{ мг } \text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$, склона северной экспозиции – $20,3 \text{ мг } \text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$. Из рис. 1 видно, что микробные сообщества почвы обоих склонов проявляли способность к интенсивному потреблению метана вплоть до глубины 40 см. Более низкие температуры почвы склона северной экспозиции, вероятно, способствовали более высокой метанотрофной способности почвы.

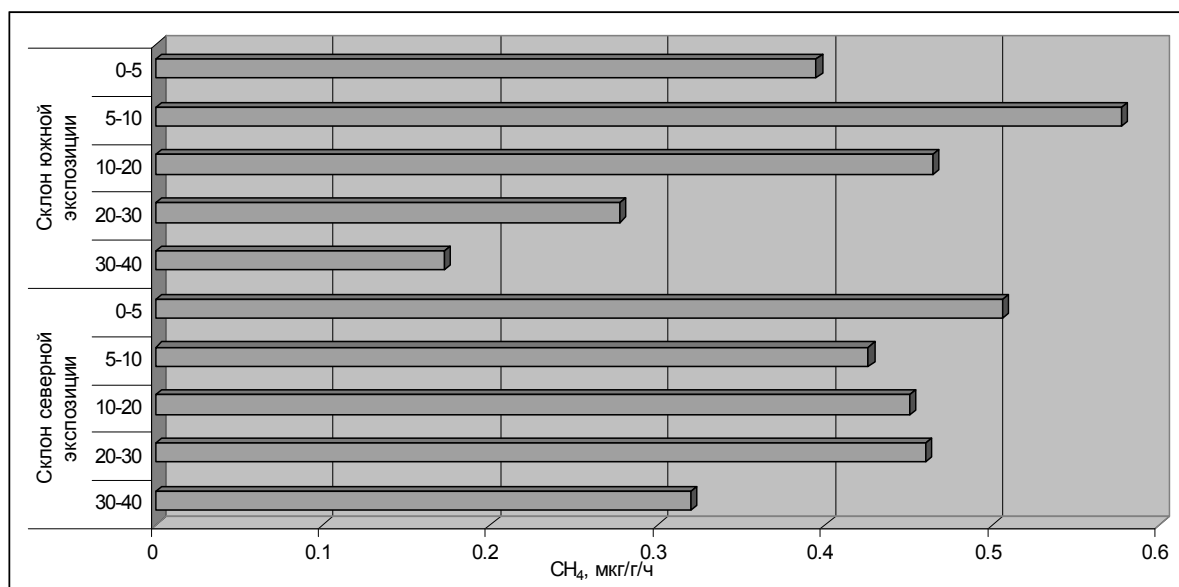


Рис. 1. Потенциальное потребление метана микробными сообществами склонов контрастных экспозиций

Процессы микробной трансформации метана являются частью жизнедеятельности микробного комплекса почвы, отражением которой служит ее ферментативная активность. Для анализа взаимосвязей биологической активности почвы и ее метаногенной и метанотрофной способности был применен метод главных компонент. В анализ были заложены показатели микробной биомассы почвы, гетеротрофное дыхание почвы, способность к продукции метана микробными сообществами, их потенциальная метанотрофная способность и ферментативная активность почв склонов контрастных экспозиций. Показано, что биологическая активность криогенных почв зависит не только от глубины залегания почвенного горизонта, но и от экспозиции склона. Наиболее интенсивно биологические процессы почвы протекают в верхних слоях почвенного горизонта (рис. 2), причем на склоне северной экспозиции – 0-10 см. С глубиной биологическая активность снижается. В почвенных слоях 10-40 см склона северной экспозиции и 20-40 см склона южной экспозиции (рис. 2, пунктирный овал) наблюдается снижение всех показателей биомассы и активности микрофлоры, кроме протеазной активности и потенциальной метанотрофии. В низлежащих слоях почвенного горизонта обоих склонов (рис. 2, сплошной овал) микробиологические процессы обнаружены не были, за исключением работы некоторых ферментов (протеаза, уреаза).

Таким образом, более интенсивная инсоляция склона южной экспозиции способствует увеличению слоя активной жизнедеятельности микроорганизмов в почве, в котором интенсифицируются все биологические процессы (микробная ферментативная активность, гетеротрофное дыхание и продукция метана метаногенной микрофлорой). В то же время потенциальная способность почвенной микрофлоры к поглощению метана не стимулируется повышенными температурами почвы склона южной экспозиции, что, возможно, означает, что при глобальном потеплении климата произойдет снижение способности криогенных почв исследуемого региона компенсировать выделение метана.

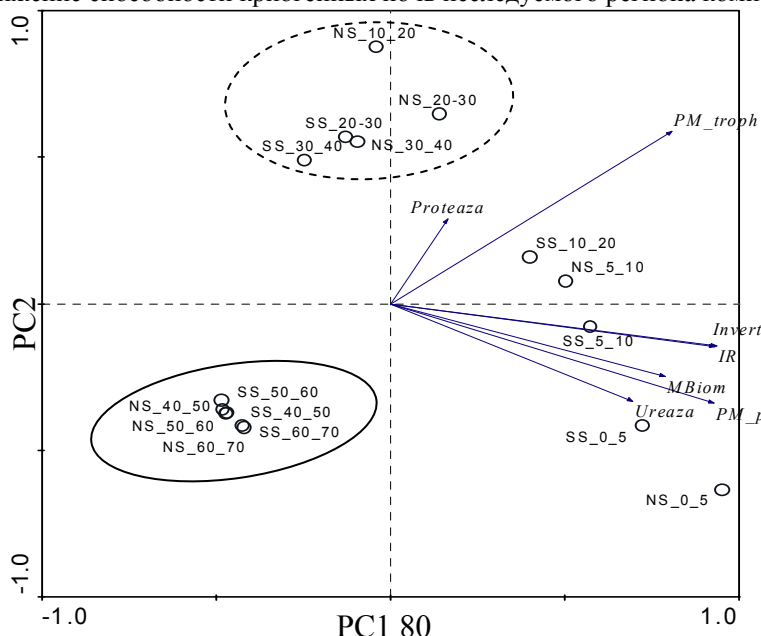


Рис. 2. Пространство первой и второй главных компонент анализа микробиологической и биологической активности почв контрастирующих склонов. SS – склон южной экспозиции, NS – склон северной экспозиции. Цифрами обозначен слой почвы. PM_{troph} – потенциальная метанотрофия, PM_{prod} – потенциальная продукция метана, MBiom – биомасса микроорганизмов, IR – интенсивность дыхания микрофлоры, Ureaza – уреаза, Invertaz – инвертаза

Авторы благодарят Министерство образования и науки Российской Федерации: работа выполнена при поддержке программы «Развитие научного потенциала высшей школы», проект № 2.1.1/6611.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гальченко, В.Ф., Дулов, Л.Е., Крамер Б. и др. Биогеохимические процессы цикла метана в почвах, болотах и озерах Западной Сибири // Микробиология, 2001, 70. С. 215-225.
2. Ривкина Е.М., Краев Г.Н., Кривушин К.В. и др. Метан в вечномёрзлых отложениях северо-восточного сектора Арктики // Криосфера Земли, 2006, 10, 3. С. 23-41.
3. Ривкина Е.М., Лауринавичюс К.С., Гиличинский Д.А., Щербакова В.А. Метанообразование в вечномёрзлых отложениях // Докл. РАН, 2002, 383. С. 830-833.
4. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 252 с.
5. Amaral J.A., Archambault C., Richards S.R. and Knowles R. Denitrification associated with groups I and II methanotrophs in a gradient enrichment system. // FEMS Microb. Ecol., 1995, 18. Pp. 289-298.
6. Auman A.J., Speake C.C. and Lidstrom M.E. nifH sequences and nitrogen fixation in type I and type II methanotrophs // Appl. Environ. Microbiol., 2001, 67. Pp. 4009-4016.
7. Borjesson G., Sundh I., Svensson B. Microbial oxidation of CH₄ at different temperatures in landfill cover soils // FEMS Microbiology Ecology, 2004, 48. Pp. 305-312.
8. Borjesson G., Sundh I., Tunlid A., Frostegard A. and Svensson B.H. Microbial oxidation of CH₄ at high partial pressures in an organic landfill cover soil under different moisture regimes // FEMS Microbiol. Ecol., 1998, 26. Pp. 207-217.
9. Gilichinsky D., Rivkina E., Samarkin V. The ancient viable microorganisms and radiative gases in West Beringia Perma. frost: Research opportunities for Paleoecological implications and Forecast // Terrestrial paleoenvironmental studies in Beringia / M. Edwards, A. Sher, D. Gutry (eds.). Fairbanks, Alaska, 1997. Pp. 134-145.
10. Graham D.W., Chaudhary J.A., Hanson R.S. and Arnold R.G. Factors affecting competition between type I and type II methanotrophs in two-organism, continuous-flow reactors // Microb. Ecol., 1993, 25. Pp. 1-17.
11. Jahnke L. The effects of growth temperature on the methyl sterol and phospholipid fatty acid composition of *Methylococcus capsulatus* (Bath) // FEMS Microbiol. Lett., 1992, 93. Pp. 209-212.
12. Kalyuzhnaya M.G., Khmelenina V.N., Kotelnikova S. et al. *Methylomonas scandinavica* sp nov., a new methanotrophic psychrotrophic bacterium isolated from deep igneous rock ground water of Sweden. // Syst. Appl. Microbiol., 1999, 22. Pp. 565-572.
13. Omelchenko M.V., Saveleva N.D., Vasilev L.V. and Zavarzin G.A. A psychrophilic methanotrophic community from tundra soil. // Mikrobiologiya (English Transl.), 1992, 61. Pp. 755-759.
14. Wright J.F., Chuvilin E.M., Dallimore S.R. et al. Methane hydrate formation and dissociation in fine sands at temperatures near 0 °C // Permafrost: Proc. of the 7th Intern. Conf., Yellowknife, Canada, 1998. Pp. 1147-1153.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЛИПОВОЙ МОЛИ-ПЕСТРЯНКИ НА ГЕНЕРАТИВНУЮ СФЕРУ ДЕРЕВА-ХОЗЯИНА

И.В. ЕРМОЛАЕВ, Д.А. ЗОРИН

Национальный парк «Нечкинский», п. Новый, Удмуртская Республика

АННОТАЦИЯ

Проведена оценка влияния липовой моли-пестрянки на генеративную сферу липы мелколистной. Повышение плотности заселения дерева минером приводит к достоверному снижению количества как соцветий, так и цветков липы. Результаты исследования позволяют отнести липовую моль-пестрянку к группе экономически значимых филлофагов липы мелколистной и свидетельствуют о необходимости ведения лесопатологического мониторинга за состоянием ее популяций.

По данным государственного учета лесного фонда на 01.01.2008 г. [3], липняки Удмуртии занимают 79,8 тыс. га, что составляет 4 % лесопокрытой площади и 6 % по общему запасу древесины. Несмотря на столь невысокие показатели, липа является важнейшим медоносным растением региона. Согласно экспертным оценкам [4], средняя нектаропродуктивность липняков Удмуртской Республики составляет 40,8 тыс. т.

Липовая моль-пестрянка *Phyllonorycter issikii* Kumata (Lepidoptera, Gracillariidae) – восточно-палеарктический вид, инвазивно распространенный в Европе [1, 2]. Экологические и экономические последствия внедрения нового вида мало исследованы. Цель данной работы – провести оценку влияния липовой моли-пестрянки на генеративную сферу дерева-хозяина.

Таблица 1. Плотности липовой моли-пестрянки на 15 пробных площадях Нагорного лесничества Ижевского ОЛХ, количество мин на 100 листьев

№	Координаты	Структура*	Полнота	Сомкнутость	Плотность моли
1	С 56°56'528"; В 53°07'663"	8Ос2Е / 7Л2Кл1Е	0,4	0,6	6,5±1,2
2	С 56°56'300"; В 53°07'721"	9Л1Е / 9Л1П	0,4	0,8	3,8±0,8
3	С 56°55'998"; В 53°07'709"	8Л1Е1Ос / 8Л2Кл	0,7	0,8	83,1±9,0
4	С 56°55'341"; В 53°07'519"	8Л1Е1Ос / 8Л1Е1Кл	0,7	0,7	35,9±4,2
5	С 56°55'306"; В 53°07'881"	5Л3Ос1Е1Б / 9Л1Ос	0,7	0,9	62,7±7,8
6	С 56°54'916"; В 53°08'506"	5Л3Е2Б / 9Л1Е	0,4	0,5	16,0±4,8
7	С 56°54'955"; В 53°09'033"	9Е1Б / 9Л1Е	0,9	0,8	66,8±9,3
8	С 56°54'943"; В 53°09'345"	10Б / 9Л1Е	0,3	0,6	2,5±1,2
9	С 56°54'741"; В 53°10'733"	4Е4С2Б / 9Л1Е	0,5	0,7	8,5±1,8
10	С 56°54'590"; В 53°10'883"	10С / 10Л	0,7	0,9	4,8±1,8
11	С 56°54'438"; В 53°10'825"	6Е3Л1Ос / 9Л1Пх	0,6	0,8	72,7±8,6
12	С 56°54'158"; В 53°11'28"	10С / 10Л	0,7	0,9	58,3±4,2
13	С 56°53'906"; В 53°10'916"	8Лп1Пх1Е / 8Л1Е1Пх	0,8	0,8	105,5±10,6
14	С 56°53'613"; В 53°10'846"	7Л2Е1Ос / 6Л2Е2Пх	0,6	0,9	128,5±12,9
15	С 56°53'245"; В 53°10'723"	7Е2П1Л / 4Пх6Л	0,7	0,9	79,4±11,4

Примечание. * – в числителе дан состав насаждения, в знаменателе – состав подлеска; во всех случаях учет плотности мин проводили на 10 модельных деревьях.

Липовая моль-пестрянка в Удмуртии может давать два поколения. Перезимовавшие бабочки появляются на стволах липы в середине мая при среднесуточной температуре воздуха около 10°С и через некоторое время спариваются. Самки откладывают яйца по одному на нижнюю поверхность листа. Эмбриональное развитие длится около двух недель. Гусеницы проходят четыре возраста. Личинки первого возраста вгрызаются в лист и начинают образовывать змеевидную часть мины. В дальнейшем происходит формирование пятновидной части мины, которая постепенно разрастается и поглощает змеевидную. В результате образуются овальные нижнесторонние складчатые мины. Экскременты в них собраны в комок. При высоких плотностях заселения растений минером часть особей второго поколения формирует верхнесторонние мины. Окукливание происходит в мине. Бабочки первого поколения появляются в июле. В 2001, 2004, 2005 и 2007 гг. лет бабочек первого поколения стартовал в начале июля, а в 2002, 2003 и 2006 гг. – после первой декады этого месяца. Второе поколение моли развивается в августе – сентябре и, как правило, не успевает завершить свое развитие. Бабочки зимуют в трещинах коры липы.

Результаты рекогносцировочного обследования, проведенного в г. Ижевске, показали, что липовая моль-пестрянка встречается повсеместно в липовых насаждениях вне зависимости от их возраста,

физиологического состояния (например, разная степень загрязненности воздуха, обрезанные деревья) и происхождения. В условиях города минер обнаружен в парках, скверах и аллеях.

Исследование, проведенное в 2007 г. в Нагорном лесничестве Ижевского ОЛХ, показало наличие минера в липовом подлеске древостоев разного состава (табл. 1). При этом максимальные плотности моли отмечены в сомкнутых липняках (площади № 3, 13, 14) и ельниках (площади № 7, 11, 15). Последнее обстоятельство указывает на явное предпочтение видом затененных участков насаждений. Распределение средних плотностей липовой моли-пестрянки в насаждении положительно и достоверно связано с их полнотой ($r = 0,56$; $P < 0,05$; $n = 15$) и сомкнутостью ($r = 0,54$; $P < 0,05$; $n = 15$).

Оценку влияния минера на генеративную сферу провели летом 2008 г. на пробной площади «Питомник» (С $56^{\circ}49'938''$; В $53^{\circ}05'963''$). Пробная площадь заложена на территории Заречного лесничества (квартал 68, выдел 19), близ лесного базисного питомника Ижевского ОЛХ. Исследуемый участок занимает верхнюю часть склона северо-восточной экспозиции крутизной менее 5° . Древостой липняка злаково-разнотравного IV класса бонитета с относительной полнотой 0,3 представлен липой сердцевидной *Tilia cordata* и елью европейской *Picea obovata* с единичным участием лиственницы сибирской *Larix sibirica*, пихты сибирской *Abies sibirica* и березы бородавчатой *Betula pendula* (9Лп1Е, ед.Лс, ед.П, ед.Б). Средняя высота деревьев липы $19,1 \pm 0,2$ м, диаметр ствола $40,4 \pm 1,3$ см ($n = 100$). Кора многих экземпляров покрыта эпифитами – мхами и лишайниками. Возраст древостоя 150 лет. Подлесок очень редкий (проективное покрытие не более 5 %), высотой 0,8-3 м, включает черемуху обыкновенную *Padus avium*, бересклет бородавчатый *Euonymus verrucosa*, жимолость лесную *Lonicera xylosteum*., рябину обыкновенную *Sorbus aucuparia*, крушину ломкую *Frangula alnus*., лещину обыкновенную *Corylus avellana*, малину обыкновенную *Rubus idaeus*.

Для исследования использовали маркированные ветви нижнего яруса модельных деревьев липы. Количество соцветий и цветов пересчитывали на один метр модельной ветви.

Плотности заселения (количество мин на 100 листьях) модельных деревьев и значения поврежденности листьев (доля листьев с минами от их общего числа на ветви) первым поколением моли определяли как среднее соответствующих показателей трех модельных ветвей нижнего яруса кроны (до 2 м).

Таблица 2. Количество соцветий и цветов на одном метре ветви липы мелколистной при разных плотностях заселения липовой молю-пестрянкой

Классы плотности моли, мин/100 листьев	N	Плотность моли фактическая, мин/100 листьев	Поврежденность, %	Количество соцветий, шт.	Количество цветов, шт.
0-100	42	$75,7 \pm 3,3$	$50,2 \pm 1,7$	$50,2 \pm 3,6$	$170,0 \pm 13,9$
100-200	59	$142,5 \pm 3,7$	$72,7 \pm 1,0$	$34,6 \pm 3,2$ А	$111,5 \pm 12,1$ С
200-300	27	$240,7 \pm 5,5$	$88,5 \pm 0,7$	$27,3 \pm 3,0$ АВ	$94,1 \pm 12,6$ CD
300-400	13	$343,9 \pm 7,7$	$95,1 \pm 0,5$	$20,6 \pm 3,9$ В	$72,9 \pm 14,8$ D

Примечание. N – количество модельных деревьев; недостоверные различия внутри столбцов ($P > 0,05$) отмечены одинаковыми буквами.

Таблица 3. Масса орешка липы при разных плотностях заселения дерева-хозяина липовой молю-пестрянкой

Плотность	N	Плотность фактическая	Масса орешка, г
0-100	808	$65,0 \pm 0,7$	$0,0263 \pm 0,0004$ А
100-200	878	$139,5 \pm 1,0$	$0,0214 \pm 0,0003$ В
200-300	374	$245,8 \pm 1,3$	$0,0254 \pm 0,0006$ AC
300-400	218	$348,3 \pm 1,9$	$0,0246 \pm 0,0009$ CD
400-500	68	$444,7 \pm 3,7$	$0,0213 \pm 0,0013$ BD

Примечание. N – количество орешков; недостоверные различия ($P > 0,05$) отмечены одинаковыми буквами.

Результаты исследования показали негативное влияние липовой моли-пестрянки на генеративную сферу дерева-хозяина. Повышение плотности заселения липы минером приводит к достоверному снижению количества образующихся соцветий и цветов (табл. 2).

Влияние плотности заселения минера на массу орешков липы оценили осенью 2008 г. Для этого на пробной площади «Питомник» плоды дерева собрали с каждой модельной ветви. Каждый плод взвешивали, вскрывали и проращивали семена. Около 70 % орешков имело по одному семени, остальные – по два. Результаты исследования показали, что повышение плотности заселения дерева липовой молю-пестрянкой приводит к достоверному ($P < 0,05$) снижению массы образующихся плодов. Достоверных связей между плотностью заселения молю липы и количеством плодов со всхожими семенами, а также всхожестью полученных семян не выявлено. По-видимому, в исследуемом диапазоне плотностей заселения липы минер не оказывает влияния на естественное возобновление в липняках.

Повреждение молю древостоев липы создает прямую угрозу продуктивности регионального пчеловодства. Результаты исследования впервые позволяют отнести липовую моль-пестрянку к группе

экономически значимых филофагов липы и свидетельствуют о необходимости ведения мониторинга за состоянием ее популяций.

Авторы благодарны С.В. Барышниковой (ЗИН РАН) за проверку правильности определения видовой принадлежности минера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ермолаев И.В., Мотошкова Н.В. Липовая моль-пестрянка // Защита и карантин растений, 2007, 5. С. 40-41.
2. Ермолаев И.В., Мотошкова Н.В. Биологическая инвазия липовой моли-пестрянки *Lithocolletis issikii* Kumata (Lepidoptera, Gracillariidae): особенности взаимоотношения минера с кормовым растением // Энтомологическое обозрение, 2008, т. 87, 1. С. 15-25.
3. Лесной план Удмуртской республики. Ижевск, 2008. 256 с.
4. Соколов П.А., Абсалямова С.Л., Поздеев Д.А. Медоносные и лекарственные растения Удмуртской Республики (методические основы учета и использования). Ижевск: ИжГСХА, 2004. 174 с.

УДК 630×271 * 581:524.2

ОЦЕНКА ИНВАЗИЙНОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭНТОМОФАУНЫ ДЕНДРОФИЛЬНЫХ НАСЕКОМЫХ

Н.И. КИРИЧЕНКО, Ю.Н. БАРАНЧИКОВ

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Проблема прогноза инвазионных процессов растительных организмов весьма актуальна. Приведены первоначальные результаты работы по изучению инвазийного потенциала сибирских насекомых-филофагов.

Инвазии чужеродных видов представляют серьезную угрозу биоразнообразию аборигенных экосистем [1, 4, 11, 13]. Интенсивность заноса новых организмов, включая насекомых, и успешность их обоснования ежегодно возрастает. Эта тенденция характерна и для России [1, 4].

Пути проникновения чужеродных насекомых разнообразны. Открытость границ для передвижения людей и перемещения товаров между государствами значительно сказываются на интенсивности проникновения инородных насекомых в новые местообитания [11]. Растущие объемы импорта и экспорта продукции растительного происхождения, в том числе семян и посадочного материала, создают реальные предпосылки для внесения новых, нередко опасных для местной флоры насекомых. Насекомые также проникают с территорий соседних стран самостоятельно в процессе миграций или путем пассивного переноса [1]. Антропогенные факторы могут существенно ускорить этот процесс.

Многие чужеземные насекомые, проникшие на новые территории, не оказывают заметного воздействия на местные экосистемы [1]. Встраиваясь в новую среду обитания, они не нарушают естественный баланс и не причиняют существенного вреда кормовым растениям. Однако среди чужеродных насекомых существует немало и таких, которые быстро адаптируются к условиям новой экосистемы, к новым кормовым растениям и стремительно наращивают свою численность. Это может приводить к значительным экологическим и экономическим последствиям. В ряде случаев такие последствия являются необратимыми [14].

Одним из методов изучения инвазионных процессов является проведение оценки риска проникновения чужеродных организмов в новые регионы [8]. При этом оцениваются пути инвазии, вероятность проникновения, акклиматизации и дальнейшего распространения инородного вида на новой территории. Определяются также возможный экологический, экономический и социальный ущерб. Совокупность таких оценок позволяет разработать стратегии по снижению вероятности проникновения инородного вида и по управлению его численностью в случае инвазии. Такие исследования, как правило, фокусируются на изучении известных видов-вредителей, которые могут также являться потенциальными инвайдерами. Нередко новые поселенцы вовсе и не вредители у себя на родине. Проникновение азиатского насекомого – узкотелой златки *Agilus planipennis* в Северную Америку – прекрасный пример того, какой непоправимый вред новой экосистеме может нанести насекомое, не являющееся серьезным вредителем в своем ареале [6].

В России фундаментальные и прикладные исследования инвазионного процесса начаты сравнительно недавно и ведутся пока в небольшом объеме. В Европе и Северной Америке этой проблеме уделяется огромное внимание. В последнее время проблема инвазий ставится во главу угла многих международных исследовательских программ, направленных не только на выявление чужеродных

организмов, путей их проникновения, но и на изучение механизмов адаптации к новым условиям, разработку методов контроля и предотвращения проникновения в новые регионы. В Европе среди недавних проектов, посвященных решению этой проблемы, большую известность имеют такие проекты, как DAISIE, ALARM и PRATIQUE, реализуемые в рамках 6-й и 7-й программ Евросоюза [5, 7, 12]. Это крупные международные проекты, объединяющие от 17 до 80 организаций-партнеров из 12-36 стран из разных точек мира. Каждая организация-партнер представлена, в свою очередь, командой, объединяющей от одного до нескольких десятков специалистов: экологов, ботаников, зоологов, фитопатологов, климатологов, экономистов и других экспертов, которые сообща решают задачи по изучению инвазийных процессов живых организмов в разных странах.

С российской стороны мы представляем Институт леса им. В.Н. Сукачева в двух проектах Евросоюза: ALARM (2006 – 2008) и PRATIQUE (2008 – 2010) [5, 12]. В рамках текущего проекта PRATIQUE совместно с коллегами из Международного сельскохозяйственного бюро стран Содружества (CABI Europe-Switzerland), Швейцария, мы обследуем древесные растения-интродуценты для выявления насекомых, которые могут представлять потенциальную угрозу этим растениям в их естественном местобитании. Исследования проводятся в дендрариях и ботанических садах. В них, как правило, собран широкий спектр видов интродуцированных растений из разных ботанико-флористических регионов, так что они по праву могут считаться удобными полигонами для оценки инвазийного потенциала региональной дендрофауны и, одновременно, для выявления чужеземных насекомых, привнесенных в локальную фауну вместе с интродуцированными растениями (или пришедших вслед за ними после интродукции). Мы также используем коллекции древесных растений дендрариев, чтобы проверить экологические гипотезы, связанные с инвазиями насекомых. В частности, мы тестируем предположения о том, что растения-интродуценты повреждаются в меньшей степени, чем близкородственные виды местных растений, что может объясняться уходом интродуцентов из-под пресса естественных врагов [10] или, в большей степени, отсутствием у интродуцентов устойчивости к местным вредителям [9].

Исследования начались в 2008 году в двух дендрариях и ботаническом саду в Центральной и Западной Сибири (Красноярск и Новосибирск) на интродуцированных видах лиственных и хвойных древесных растений из 30 родов (*Acer*, *Alnus*, *Aesculus*, *Berberis*, *Betula*, *Caragana*, *Corylus*, *Crataegus*, *Fraxinus*, *Juglans*, *Lonicera*, *Malus*, *Prunus*, *Populus*, *Quercus*, *Rosa*, *Salix*, *Sambucus*, *Sorbus*, *Spirea*, *Swida*, *Syringa*, *Tilia*, *Ulmus*, *Viburnum*; *Abies*, *Larix*, *Pinus*, *Picea*, *Pseudotsuga*). Мы определяли степень освоения листьев растений-интродуцентов насекомыми разных экологических групп (минерами, грызунами, сосущими, скелетирующими, галлообразователями). При выявлении систематических повреждений на интродуцентах мы также проводили обследование близкородственных местных растений, произрастающих, как правило, рядом с интродуцентами. Экземпляры филлофагов были собраны в коллекцию и отправлены специалистам для подтверждения их таксономической принадлежности.

В Сибири в 2008 г. повреждения листьев разными экологическими группами были отмечены на всех древесных растениях-интродуцентах, в том числе и на растениях европейского происхождения. Листогрызущие членистоногие (или следы их жизнедеятельности) были обнаружены на всех обследованных видах растений. В некоторых случаях местные листогрызы были обнаружены в массе и причиняли серьезный урон интродуцированным растениям. Они встречались на иноземных видах боярышника, калины и на ряде видов кленов [2]. Повреждения минирующими, сосущими и скелетирующими насекомыми были многочисленны на отдельных видах древесных интродуцентов. Большинство собранных членистоногих – представители отряда полужескрылые Hemiptera (чаще тли) и чешуекрылые Lepidoptera.

На растениях-интродуцентах и близкородственных видах местных растений было найдено около 40 видов минеров, принадлежащих к 10 семействам и 4 отрядам [3]. Представители молей-минеров из родов *Phyllonorycter* и *Stigmella*, а также мух-минеров из рода *Aulagromyza* встречались в изобилии и были собраны на различных видах интродуцентов. Богатейшее таксономическое разнообразие минеров отмечено на видах рода тополь *Populus*. Доминирующими по степени освоения тополей являлись представители рода *Phyllonorycter*. Некоторые минеры впервые были обнаружены на европейских видах в сибирских дендрариях. К примеру, на европейском виде липы *Tilia cordata* в Центральном ботаническом саду в Новосибирске были обнаружены мины, предположительно оставленные липовой молью-пестрянкой *Phyllonorycter issikii*. Это японский вид, который недавно обосновался в европейской части России и во многих странах Европы. Мины европейского минера *Ph. lantanella*, ранее не отмеченные для Западной Сибири, были обнаружены на интродуцированном европейском виде калины *Viburnum lantana*.

В сибирских дендрариях и параллельно в ботанических садах Центральной Европы мы начали исследования по оценке степени повреждения древесных растений-интродуцентов и близкородственных видов местных растений филлофагами региональной фауны. В 2008 г. мы работали лишь с одной группой насекомых – минерами. Обследовались пары близкородственных растений интродуцент –

абориген, произрастающих в одном и том же дендрарии. Сравнивались плотность заселения листьев минерами и видовое разнообразие обнаруженных минирующих насекомых.

Предварительные результаты показали, что в Сибири интродуценты были подвержены атакам местных насекомых-минеров в схожей степени с близкородственными представителями местной флоры. Охваченные в данной работе виды растений, интродуцированные в Сибири, возможно, неустойчивы к местным минерам. Мы допускаем также, что число изученных пар растений (22 пары, представленные 26 видами древесных растений) в Сибири являлось недостаточным. В 2009 г. мы планируем увеличить выборку близкородственных пар растений для достоверных заключений. Предварительные результаты сходной работы, проведенной нами в Центральной Европе на большей выборке (40 пар, представленных 65 видами древесных растений), демонстрируют иную картину, чем в Сибири. В Центральной Европе интродуценты заселялись минерами гораздо менее интенсивно, чем близкородственные виды европейских растений, и таксономический состав минеров на первых был достоверно беднее.

В 2009 году мы также планируем расширить географию своей работы в пределах России и значительно дополнить список древесных растений-интродуцентов (в первую очередь европейского происхождения) для оценки освоения их местными филофагами и выявления возможных чужеродных видов насекомых, обосновавшихся в нашей стране. Для проверки гипотез, связанных с инвазиями насекомых, предполагается расширить спектр изучаемых экологических групп насекомых-филофагов и провести подробную работу на конофагах, галлообразователях, семеедах и открытоживущих членистоногих.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ижевский С.С.* Инвазии чужеземных насекомых – угроза экологической и экономической безопасности России // *Агро XXI*, 2008, 4-6. С. 34-36.
2. *Кириченко Н.И., Баранчиков Ю.Н., Томошевич М.В., Кенис М.* Повреждение листьев древесных растений-интродуцентов членистоногими и грибными патогенами в Центральном сибирском ботаническом саду СО РАН // Проблемы современной дендрологии: Мат. межд. науч. конф., 30 июня – 2 июля 2009 г. Москва: ГБС (в печати).
3. *Кириченко Н.И., Кенис М., Лоскутов Р.И., Седаева М.Л., Томошевич М.В.* Освоение листьев древесных растений-интродуцентов насекомыми-минерами в сибирских дендрариях // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*, 2009, вып. 182. С. 140-148.
4. *Кузнецов В.Н.* Инвазии насекомых в наземные экосистемы Дальнего Востока России // *Чтения памяти А.И. Куренцова*, 2005, вып. 16. С. 91-97.
5. *ALARM project.* Электронный ресурс: <http://www.alarmproject.net/alarm/>.
6. *Baranchikov Y., Mozolevskaya E., Yurchenko G., and Kenis M.* Occurrence of the emerald ash borer, *Agrilus planipennis* in Russia and its potential impact on European forestry. *Bulletin OEPP/ EPPO Bulletin*, 2008, v 38. Pp. 233-238.
7. *DAISIE project.* Электронный ресурс: <http://www.europe-aliens.org/aboutDAISIE.do>.
8. *EPPO European and Mediterranean Plant Protection Organization.* Decision-support scheme for quarantine pests. 2007. Электронный ресурс: http://archives.eppo.org/EPPOStandards/PM5_PRA/PRA_scheme_2007.doc.
9. *Hokkanen H., Pimentel D.* New associations in biological control: theory and practices // *Canadian Entomologist*, 1989, v. 121. Pp. 829-840.
10. *Joshi J., Vrieling K.* The enemy release and EICA hypothesis revisited: incorporating the fundamental difference between specialist and generalist herbivores // *Ecology Letters*, 2005, v. 8. Pp. 704-714.
11. *Kenis M., Rabitsch W., Auger-Rozenberg M.-A., Roques A.* How can alien species inventories and interception data help us prevent insect invasions? // *Bulletin of Entomological Research*, 2007, 97: 489-502.
12. *PRATIQUÉ project.* Электронный ресурс: <https://secure.csl.gov.uk/pratique/index.cfm>.
13. *Roques A., Rabitsch W., Rasplus J.-Y., Lopez-Vaamonde C., Nentwig W., Kenis M.* Alien terrestrial invertebrates of Europe. *DAISIE, The Handbook of Alien Species in Europe*. Hulme P.E., Nentwig W., Pyšek P., Vilà M. (eds.). Springer Verlag, 2009. Pp. 63-79.
14. *Wittenberg R., Cock M.J.W.* (eds) *Invasive alien species: a toolkit of best prevention and management practices*. CABI Publishing, Wallingford, UK, 2001. 228 pp.

УДК 630.52

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ ЛЕСНЫХ НАСЕКОМЫХ

А.В. КОВАЛЕВ, Т.М. ОВЧИННИКОВА, В.Г. СУХОВОЛЬСКИЙ

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Создано компьютерное приложение, позволяющее конструировать имитационные модели динамики численности

отдельных открытоживущих видов насекомых. На примере опасного вредителя лесов Центральной Сибири – сибирского шелкопряда – рассмотрена методология построения моделей, проанализированы результаты моделирования и проведена верификация моделей.

Лесные биогеоценозы относятся к числу наиболее сложных экологических систем. Большое количество компонентов системы, факторов и механизмов регуляции требуют системного подхода в решении проблем сохранения биоразнообразия и повышения продуктивности лесов.

Одним из факторов, оказывающих влияние на процессы, происходящие в лесных насаждениях, являются насекомые. Вспышки массового размножения существенно изменяют направленность сукцессионных процессов и должны учитываться при прогнозировании долгосрочной динамики лесов.

Для оценки риска вспышек массового размножения лесных насекомых и определения потенциального ущерба насаждениям авторами разработано компьютерное приложение, позволяющее конструировать имитационные модели динамики численности отдельных видов лесных насекомых-вредителей.

Модели реализованы в модульной форме; сборка модели для конкретного вида производится из небольшого набора стандартных блоков и элементов, характеризующих воздействие отдельных факторов на популяцию, и позволяет использовать однотипные «конвейерные» методы для исследования динамики численности различных видов насекомых. При данном подходе модель не создается, а скорее собирается из набора компонентов – блоков переходов, внешних воздействий, хранилищ свойств популяции. При этом на каждом этапе сборки модели динамики конкретного вида насекомых сохраняется работоспособность модели, возможность изучения полученных результатов. Тем самым появляется возможность включения и исключения из модели изучаемых факторов и статистического анализа различий временных рядов изменения численности.

В качестве примера данного подхода предложена имитационная модель сибирского шелкопряда *Dendrolimus superans sibiricus* Tschetv. – наиболее опасного вредителя хвойных лесов северной Азии. Общая продолжительность градационного цикла сибирского шелкопряда в темнохвойных южнотаежных лесах Красноярского края в среднем составляет 14 лет. В период между вспышками массового размножения сибирский шелкопряд обитает в резервациях – насаждениях, способных поддерживать развитие популяции на низком уровне численности в течение долгого времени. Изучение вспышечных видов насекомых показало, что при вспышке массового размножения наряду с плотностью популяции также изменяются и физиологические характеристики особей в популяции [5]. Для учета этих эффектов в моделях особи в популяции разделены по физиологическим показателям на две группы, с защитной D (defence) и интенсивно растущей G (growth) стратегиями поведения. Первые отличаются высокой устойчивостью к погодным условиям и низкой плодовитостью, вторые – наоборот.

Специфичной чертой экологии сибирского шелкопряда в пихтовых лесах Красноярского края является гетероцикличность развития. Разделение популяции на два поколения с однолетним и двухлетним циклами развития вносит коренные изменения в динамику численности вредителя.

В регуляции численности шелкопряда большое значение имеют факторы, зависящие от плотности популяций, прежде всего энтомофаги. При этом суровые, бесснежные зимы приводят к гибели яйцеда теленомуса – основного природного регулятора численности шелкопряда в Восточной Сибири.

Выход популяции из глубокой депрессии и стабилизации численности осуществляется, прежде всего, в результате прогрессивного наращивания коэффициента размножения [1]. При этом большое значение в изменении численности шелкопряда приобретают погодные условия в критические периоды сезонного цикла развития вредителя (весной и осенью). Так, переход популяции сибирского шелкопряда из стабильной численности к вспышке массового размножения происходит под воздействием достаточного мощного модифицирующего фактора – засухи в течение двух или трех лет [3].

В модели сибирского шелкопряда предполагается, что в ходе вспышки сибирский шелкопряд способен уменьшать продолжительность развития особей в зависимости от внешних условий. В нашем подходе это соответствует смене стратегии развития особей со стратегии защиты D на стратегию роста G. Однако D- и G-субпопуляции не синхронны во времени, и в каждый год может одновременно сосуществовать как G-популяция, так и D-популяция первого года и D-популяция второго года.

В модели введен также кормовой ресурс – запас хвои. При его полном уничтожении происходит его как бы восстановление за счет перелета особей популяции на новое местообитание. Тем самым кормовой ресурс также является регулирующим фактором. Поскольку G- и D-субпопуляции различаются по количеству съедаемого особями корма и качеству его усвоения, для каждой из них введены нормы потребления корма и энергетическая цена потребления [2].

В целом схема модели динамики численности сибирского шелкопряда представлена на рис. 1.

В модели использовано 17 переменных (рис. 1), 15 модифицирующих и 12 регулирующих факторов.

Анализ результатов модельных экспериментов показал хорошее приближение характеристик расчетных временных рядов к наблюдаемой в природе динамике численности популяций сибирского

шелкопряда: средняя периодичность вспышек 11-13 лет, плотность популяции на фазе разреживания – 0,01-0,05 гусениц/дерево, при максимуме плотности 600-2000 гусениц/дерево.

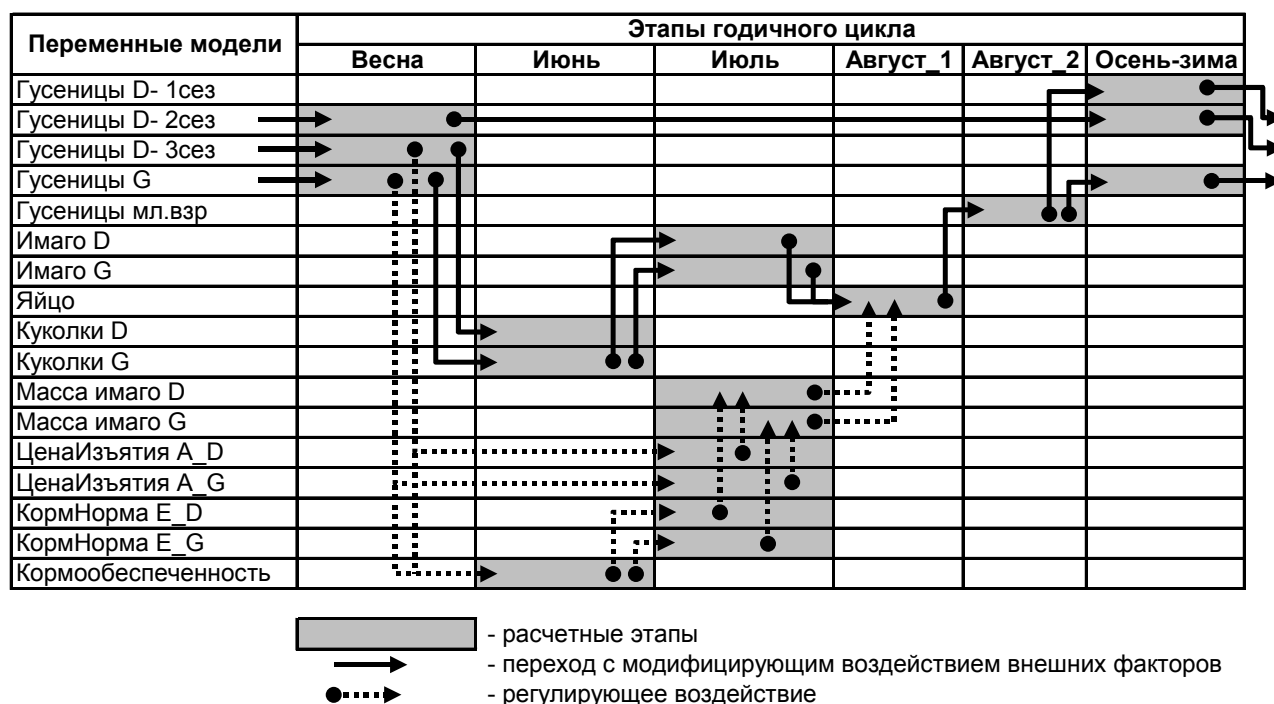


Рис. 1. Структура модели динамики численности сибирского шелкопряда

При анализе модельных данных нами используется набор качественных показателей, интегрально характеризующих тип динамики численности изучаемых видов насекомых. Эти показатели включают в себя:

- характеристики фазовых портретов модельных популяций;
- значения корреляционного интеграла модельных временных рядов динамики популяций;
- показатели структурной восприимчивости модельной динамики;
- функции восприимчивости типа популяционной динамики к воздействию внешних факторов.

1. Анализ фазовых портретов позволяет выявить структуру фазового портрета, сделать выводы о характере колебаний плотности популяции [1]. Анализ фазовых портретов модельных популяций сибирского шелкопряда указывает на то, что модельные фазовые портреты – широкие, точно так же как и таковые для реальных популяций.

2. Для оценки числа значимых факторов в модели вычислялся корреляционный интеграл Грассбергера [4]. Для вычисления интегральной корреляционной функции требуется, чтобы длина временного ряда динамики составляла несколько тысяч значений, что позволяют сделать компьютерные модели. Число значимых параметров в модели сибирского шелкопряда составляет 6 при общем числе параметров более 25. Необходимо отметить, что данный метод не позволяет исключить избыточные параметры из модели, но определяет число наиболее значимых.

3. При анализе структурной восприимчивости модельной динамики рассматривались модели, в которых не производилось разделения особей в популяции на классы по их физиологическому состоянию, и модели, в которых вводились D- и G-особи. Анализ показал, что в моделях с равнокачественными особями вспышки массового размножения не реализуются. Таким образом, разнокачественность особей в популяции является необходимым условием развития вспышек массового размножения.

4. Для оценки изменения типа популяционной динамики при количественных изменениях значений факторов динамики – в частности, при климатических изменениях – необходимо оценить восприимчивость характера популяционной динамики к воздействию внешних климатических факторов. Интегральный показатель типа популяционной динамики определялся через параметр q спектра временного ряда, вычисленный как отношение мощности низкочастотной составляющей спектра модельной популяционной динамики к мощности высокочастотной составляющей.

Если в ряде модельной динамики регулярно возникают мощные вспышки массового размножения, то значение $q \gg 1$. Если в модельном ряде динамики не наблюдаются вспышки массового размножения, то либо $q \ll 1$, либо $q \approx 1$.

Для оценки восприимчивости необходимо провести K модельных экспериментов (каждый длиной в 1000 тактов). В каждом из экспериментов следует задать определенное значение M внешнего фактора и вычислить значение параметра q спектра, а затем для всей серии экспериментов связать значения параметра q в зависимости от значений M .

В качестве примера на рис. 2 представлена функция, отражающая связь параметра q популяционной динамики сибирского шелкопряда и среднего многолетнего значения ГТК июня, построенная по результатам $K = 11$ прогонов модели. Каждый прогон содержал временной ряд динамики численности из 1000 членов при значениях ГТК, изменяющихся от 0,1 до 5.

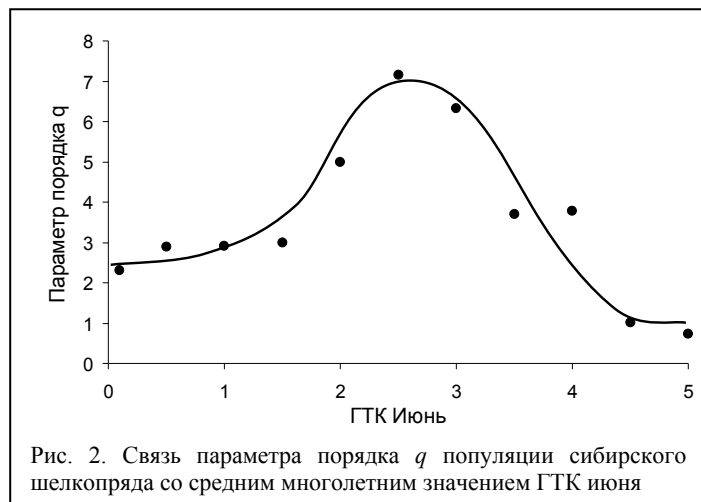


Рис. 2. Связь параметра порядка q популяции сибирского шелкопряда со средним многолетним значением ГТК июня

Как видно из рис. 2, при среднем многолетнем значении ГТК июня наблюдается максимум значения параметра q . Анализ метеоданных по Богучанскому району Красноярского края показал, что средний многолетний ГТК июня для этой территории, где неоднократно наблюдались вспышки массового размножения сибирского шелкопряда, составляет 2,85, что весьма близко к значению ГТК, равному 2,6, при котором в модели реализуется максимум интенсивности вспышек массового размножения этого вида.

Таким образом, предложенный подход и его компьютерная реализация позволяет эффективно конструировать

модели динамики численности из фиксированного числа элементов (поток данных, стадия, фактор). Полученные модели динамики численности представляются адекватными, поскольку качественная динамика модельной популяции согласуется с данными натурных наблюдений.

Однако для применения имитационных компьютерных моделей при оценке характера и интенсивности воздействия внешних факторов на популяционную динамику изучаемых видов необходима разработка специальных методов анализа результатов модельных экспериментов, отличающихся от стандартных методов статистического анализа. Использование таких специальных методов позволяет получить из результатов модельных экспериментов выводы о поведении как модельных, так и реальных популяций лесных насекомых.

Работа поддержана РФФИ (грант № 08-04-00217).

ЛИТЕРАТУРА

1. Исаев А.С., Хлебопрос Р.Г., Недорезов Л.В., Кондаков Ю.П., Киселев В.В., Суховольский В.Г.. Популяционная динамика лесных насекомых. М: Наука, 2001. 374 с.
2. Исхаков Т.Р., Суховольский В.Г., Овчинникова Т.М., Тарасова О.В. Популяционно-энергетическая модель вспышки массового размножения лесных насекомых // Биофизика, 2007, т. 52, вып. 4. С. 753-759.
3. Кондаков Ю.П. Массовое размножение сибирского шелкопряда в лесах Красноярского края // Энтомологические исследования в Сибири, вып. 2. Красноярск: КФ РЭО, 2002. С. 25-69.
4. Grassberger P., Procaccia I. Characterization of strange attractors // Phys. Rev. Lett., 1983, v. 50, 5. Pp. 346-349.
5. Uvarov B.P. Grasshoppers and locusts: A handbook of general acridology. Vol. 1 Cambridge: Univ. Press, 1966. 481 pp.

УДК 630*443:630*453:582.475 (571.16)

ДЕНДРОФИЛЬНЫЕ НАСЕКОМЫЕ И КСИЛОТРОФНЫЕ ГРИБЫ КАК ФАКТОРЫ ДЕГРАДАЦИИ ПРИПОСЕЛКОВЫХ КЕДРОВНИКОВ В ЮЖНОТАЕЖНОМ ПРИОБЬЕ

С.А. КРИВЕЦ, Э.М. БИСИРОВА, Д.А. ДЕМИДКО

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск

АННОТАЦИЯ

Рассмотрено участие насекомых-дендрофагов и дереворазрушающих грибов в процессах деградации припоселковых кедровников южнотаежного Приобья. Приведены сведения о вспышках массового размножения важнейших видов филофагов, распространении очагов стволовых вредителей и болезней леса. Показано, что дендрофильные насекомые и ксилотрофные грибы в настоящее время являются основными факторами, определяющими состояние

припоселковых кедровников.

Припоселковые кедровники – особый тип сибирских лесных экосистем, формирование которых происходило начиная с XVII в. в ходе сельскохозяйственного освоения территории Сибири и стихийно проводившихся при этом лесохозяйственных мероприятий, направленных на сохранение кедра сибирского как наиболее ценной породы и создание «кедровых садов» для сбора ореха.

Более 30 лет назад А.Ю. Алексеев и В.Н. Седых [1] отмечали на примере Томской области, что в припоселковых кедровниках южнотаяжного Приобья одновременно с процессами формирования насаждений наблюдаются процессы их деградации. Разрушение припоселковых кедровых древостоев обусловлено как их биоэкологическими особенностями (чистый состав, относительная одновозрастность, упрощение морфоструктуры, ненадежный подрост, т.е. отсутствие условий для замены отмирающих поколений деревьев новыми генерациями), так и антропогенным воздействием на них в ходе нерегулируемой хозяйственной деятельности (рубки, пожары, орехопромысел, пастьба скота, строительство различных сооружений).

Насекомые-дендрофаги и ксилотрофные грибы как факторы деградации в этом перечне не упоминаются, поскольку в середине 70-х годов прошлого века их влияние на древостои кедра в припоселковых кедровниках Томской области не имело выраженного эффекта. Однако к настоящему времени масштабы вспышек размножения хвоегрызущих насекомых, распространения очагов стволовых вредителей леса и гнилевых болезней таковы, что они вышли на первое место в сложном комплексе ослабления и гибели деревьев и древостоев [7].

Из хвоегрызущих вредителей леса в припоселковых кедровниках наибольшее значение имеет рыжий сосновый пилильщик *Neodiprion sertifer* Geoffr. Тут для него изначально складываются благоприятные условия. Разреженный характер практически монопородного древостоя и мощные кроны оптимально подходят для откладки яиц летающими самками и питания ложногусениц этого светлюбивого вида, а мощный слой подстилки – для стадий, развивающихся в коконах [6].

Вспышки массового размножения рыжего соснового пилильщика наблюдались начиная с 1963 г. Тогда очаг массового размножения был обнаружен на территории Томского лесхоза в урочище Ипатово (Лучаново-Ипатовский кедровник) Богашевского лесничества на площади 243 га [5].

В дальнейшем крупные региональные вспышки численности *N. sertifer* (в отдельные годы в комплексе со сходным пилильщиком) возникали в припоселковых кедровниках каждое десятилетие, сопровождаясь охватом новых урочищ. Самые крупные очаги пилильщика действовали в Томском и Кежемском районах области. Со второй половины 80-х годов прошлого века очаги *N. sertifer* угрожающе высокой численности обнаруживались практически ежегодно. По данным Центра защиты леса Томской области, в 1991 г., через 25 лет после первой вспышки, общая площадь обрабатываемых пестицидами против вредителя массивов только в Томском лесхозе составляла 6534 га, т.е. увеличилась почти в 30 раз. В 1993 – 1995 гг. высокая численность пилильщика отмечалась на площади более 4,5 тыс. га в кедровниках Томского лесхоза, в 1997 – 1998 гг. – в Томском и Шегарском лесхозах на площади более 3,6 тыс. га, в период вспышки 2003 – 2005 гг. – на более чем 7 тыс. га.

За весь период наблюдений за рыжим сосновым пилильщиком не было отмечено случаев усыхания кедровых древостоев в результате дефолиации, даже в периоды предельно высокой численности вредителя. Однако при наличии в кедровнике очагов стволовых вредителей ослабленные деревья, потерявшие хвою на 50-75 %, активно заселяются короедами и усачами, быстро переходят в категорию отмирающих, в дальнейшем – в сухостой. Общее ослабление древостоев кедра с возрастом, из-за болезней, механических повреждений при орехопромысле, при прохождении транспорта, по причине интенсивных выборочных санитарных рубок и т.п., по-видимому, облегчает пилильщику освоение кроны, способствует повышению среднего уровня его численности, сокращению длительности межвспышечных периодов, неоднократному возникновению очагов на одних и тех же участках леса, что в итоге приводит к усилению воздействия *N. sertifer* на насаждения.

Неоднократно в припоселковых кедровниках Томской области возникали очаги опаснейшего вредителя хвойных лесов азиатской части России – сибирского шелкопряда *Dendrolimus sibiricus* Tschtv. Так, в период пандемической вспышки сибирского шелкопряда 1954 – 1957 гг. было отмечено увеличение его численности в кедровых лесах в Томском районе и обнаружен очаг массового размножения в Тимирязевском лесхозе с чрезвычайно высокой численностью (от 200-300 гусениц на одно дерево на периферии очага, до 12000-15000 в центральной ее части) [4]. В 1962 г. отмечался рост численности сибирского шелкопряда в кедровниках Шегарского, Томского и Тимирязевского лесхозов на площади 3 тыс. га, а в урочище Базой Шегарского лесхоза к осени 1963 г. вредитель размножился в массе (400-1800 гусениц на дерево). В 1968 г. была выявлена вспышка размножения шелкопряда в Протопоповском кедровнике в Томском лесхозе на площади 324 га. В кроне одного дерева в среднем насчитывалось 3000 гусениц. С начала 70-х гг. прошлого века вспышки массового размножения сибирского шелкопряда наблюдались в Базойском кедровнике – в 1973 – 1975, 1979 – 1982, 1987 – 1990,

1994 – 1996 гг. Площадь насаждений, на которых проводилась авиахимборьба с вредителем в этом урочище, в разные годы составляла от 500 до 2200 га, при численности гусениц от 100 до 4000 на дерево.

В 1990 и 1994 гг. в Базойском кедровнике, в 1993 г. в Белоусовском кедровнике были зарегистрированы комплексные очаги размножения сибирского шелкопряда и рыжего соснового пилильщика, с объеданием хвои на 20-30 %, что без проведения авиахимборьбы угрожало усыханием древостоя.

Видимо, даже при высокой эффективности лесозащитных мероприятий какое-то количество деревьев может быть повреждено филлофагами в достаточно сильной степени, формируя исходную кормовую базу для стволовых насекомых и давая, таким образом, первый толчок к деградации древостоя в виде усыхания отдельных деревьев или их куртин. Отмечаемое при сильном повреждении рыжим сосновым пилильщиком прекращение семеношения у кедра [6] или его снижение при усыхании отдельных ветвей также может трактоваться как один из признаков деградации кедровников.

В связи с ослаблением деревьев под влиянием комплекса природных и антропогенных факторов значительная роль в деградации припоселковых кедровников принадлежит стволовым вредителям. Наиболее многочисленным и опасным в хозяйственном отношении видом физиологических вредителей в припоселковых кедровниках Томской области является шестизубчатый короед (стенограф) *Ips sexdentatus* Воен. Здесь он давно превратился из нейтрального или полезного компонента лесной экосистемы в фактор отрицательного воздействия на насаждения, вызывая как отмирание отдельных деревьев, так и гибель древостоев в случае массового заселения. В припоселковых кедровниках стенограф является первичным по времени заселения деревьев вредителем. Позднее в таких очагах на заселенные стенографом деревья нападают синяя сосновая златка *Phaenops cyanea* F., черные усачи из рода *Monochamus*, преимущественно большой хвойный усач *M. urussovi* Fisch.

Впервые очаги стволовых вредителей в припоселковых кедровниках были выявлены в 1968 г. в Губинском урочище. В 1971 г. они занимали площадь всего 2,4 га. В засушливые 1980 – 1983 гг. площадь очага увеличилась до 6 га, был обнаружен новый очаг в Зоркальцевском урочище на площади 2 га. В Губинском кедровнике в 1972 – 1983 гг. в ходе санитарных рубок свежеселенных короедами деревьев было вырублено 1777 м³ древесины. Однако очаг подавить не удалось, и к 1985 г. площадь вырубки составила 27,5 га. Всего за этот период погибло более 8000 м³ кедрового леса.

Санитарные рубки в очагах стволовых вредителей приводят не только к уменьшению площади лесных массивов, их изреживанию до недопустимо низкой полноты и снижению механической устойчивости древостоев к ветровым воздействиям, но и к ослаблению сопредельных с рубкой здоровых древостоев из-за резкого изменения их светового режима. Как правило, после санитарных рубок в таких насаждениях короед стенограф заселяет деревья в 10-15-метровой полосе вокруг образовавшихся окон, где изменяются экологические условия – создается повышенная освещенность, неблагоприятная для кедровника и оптимальная для короеда. Количество заселенных вредителями деревьев в очагах колеблется от 15 до 70 %. Все заселенные деревья усыхают в течение того же года.

В настоящее время очаги стволовых вредителей действуют практически во всех припоселковых кедровниках Томской области, требуя надзора и ликвидации. По данным Центра защиты леса Томской области, в последние годы площадь очагов стволовых вредителей в припоселковых кедровниках области составляла 2700 га. С каждым годом происходит увеличение площадей, требующих активных мер борьбы с вредителем. Например, в Протопоповском урочище в 1992 г. площадь рубки составляла 6,6 га, в 1994 г. – почти в 2 раза больше (11,9 га). В 1996 г. в этом кедровнике выборочными санитарными рубками было пройдено 46,9 га, в 1997 г. – 69,5 га, а в 1999 г. – 78,5 га. В 2002 г. в результате продолжающегося расширения очага площадь санитарных рубок достигла 146,5 га, а в 2005 – 2006 гг. – 185,8 га (больше половины первоначальной лесопокрытой площади кедровника). В Аксеновском урочище в 1996 г. площадь выборочных санитарных рубок составила 27,1 га, в следующем году – уже 78,1 га, а к 2002 г. – 85,6 га. Действие очагов стволовых насекомых в этих кедровниках носит хронический характер. Эффективных методов борьбы со стволовыми вредителями в припоселковых кедровниках нет. Выборка свежеселенных и выкладка ловчих деревьев лишь несколько снижают остроту ситуации.

Одна из важнейших причин деградации, ведущих к распаду древостоев в припоселковых кедровниках, – болезни, вызываемые дереворазрушающими грибами. Как показано на примере Тюменской области [2], припоселковые кедровники по своей природе подвержены гниевым болезням. Быстрое достижение значительных размеров и раннее начало семеношения кедровника приводят к падению процента текущего радиального прироста, который отражает соотношение физиологически пассивной ядровой и физиологически активной заболонной древесины, и сопровождаются высокой пораженностью деревьев гнилями. Развитие гнилей в этих условиях может начаться уже во II классе возраста кедровника, а к IV классу возраста, характерному для большинства древостоев современных припоселковых кедровников, отмечается у половины деревьев в древостое [3].

В припоселковых кедровниках юга Томской области к числу опасных видов ксилотрофных грибов

относятся корневая губка *Heterobasidion annosum* Bref., трутовик Швейница *Phaeolus schweinitzii* (Fr.) Pat. и сосновая губка *Phelinus pini* (Fr.) Ames. Среди них наибольшую распространенность имеет трутовик Швейница – возбудитель корневых и комлевых гнилей кедра. Его очаги выявлены на площади 919,0 га. Такие кедровники характеризуются сильной степенью поражения древостоев. В кедровниках Томского лесхоза отмечено образование комплексных очагов трутовика Швейница и корневой губки. Корневая губка поражает в основном корневую систему деревьев кедра и редко выходит в комель, вызывает усыхание отдельных деревьев, их групп и куртин, которые довольно часто так и остаются стоять в насаждении, даже будучи назначены в санитарную рубку. Трутовик Швейница поражает как корневую систему, так и ядровую древесину нижней части ствола кедра, сосновая губка – древесину ствола на значительном протяжении, что часто не ведет к видимому ослаблению дерева, но снижает его механическую устойчивость. Обычные последствия зараженности кедра трутовиком Швейница и сосновой губкой – бурелом при сильном ветре, когда легче всего и выявляются размеры пораженности насаждения дереворазрушающими грибами. В Губинском кедровнике на участках деградированных древостоев в результате массового ветровала и бурелома, вызванных ураганным ветром в 2005 г., у 80 % пострадавших деревьев была обнаружена гниль. В Протопоповском кедровнике, сильно пострадавшем от штормовых ветров в 2007 г., наличие гнилей выявлено у 82 % свежих ветровальных и буреломных деревьев. Зондирование деревьев приростным буравом, считающееся наиболее надежным методом определения гнилей в дереве, обнаружило их наличие в разных кедровниках у 32-65 % деревьев.

Очаги гнилевых болезней в кедровых насаждениях с повышенным текущим отпадом являются и действующими очагами стволовых вредителей. Повышенная численность стволовых насекомых, как правило, наблюдается в древостоях, где широко распространены гнили, вызываемые корневой губкой. Насекомые-кормобионты здесь значительно ускоряют усыхание ослабленных болезнью древостоев. Среди припоселковых кедровников Томской области наибольшие площади комплексных очагов корневой губки и стволовых насекомых отмечены в Лучаново-Ипатовском урочище. В 2005 г. здесь проводились выборочные санитарные рубки на общей площади 60 га. В 2006 г. площадь, на которой были проведены рубки, увеличилась до 94 га.

Таким образом, оценка динамики усыхания кедровых насаждений, высокие показатели размножения хвоегрызущих и стволовых насекомых, наличие действующих очагов гнилевых болезней позволяют заключить, что деградация кедровых древостоев в припоселковых кедровниках Томской области будет необратимо продолжаться с большей или меньшей скоростью, в зависимости от общего состояния конкретных урочищ, что существенно обостряет проблему сохранения этих памятников природы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев Ю.Б., Седых В.Н. Развитие припоселковых кедровников // Повышение эффективности лесного хозяйства в Западной Сибири. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1976. С. 133-178.
2. Арефьев С.П. Гнилевые болезни припоселковых кедровников // Проблемы кедра. Вып. 5. Экология кедровых лесов. Томск, 1992. С. 83-89.
3. Арефьев С.П. Формирование устойчивых к гнилям кедровников в Западной Сибири // Лесное хозяйство, 2001, 6. С. 20-22.
4. Бурдавицын А.Т., Дудин В.А., Майер Э.И. Трехлетний опыт борьбы с сибирским шелкопрядом в лесах Томской области. Томск, 1957. 20 с.
5. Коломиец Н.Г. Комплексные очаги массового размножения пилильщиков в кедровниках // Изв. Сиб. отд-я АН СССР, сер. биол.-мед. наук, 1966, 1. С. 150-151.
6. Коломиец Н.Г., Стадницкий Г.В., Воронцов А.И. Рыжий сосновый пилильщик (распространение, биология, вред, естественные враги, меры борьбы). Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1972. 145 с.
7. Кривец С.А., Чемоданов А.В., Хоничев Н.В. Оценка состояния припоселковых кедровников Томской области // Экономическое развитие Сибири. Природопользование, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью: Сб. мат. III Межд. науч. конгр. ГЕО-Сибирь-2007. Т. 2, ч. 2. Новосибирск: СГГА, 2007. С. 224-228.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ «ДЕРЕВО – ФИЛЛОФАГ» НА ПРИМЕРЕ БОЯРЫШНИЦЫ *APORIA CRATAEGI* L. В ПРИГОРОДНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ Г. КРАСНОЯРСКА

В.В. КУЗНЕЦОВА

Сибирский государственный технологический университет, Красноярск

АННОТАЦИЯ

В условиях пригородных насаждений г. Красноярска основной кормовой породой боярышницы является черемуха, в массе произрастающая по берегам рек. Во взаимосвязях боярышницы с кормовыми растениями выявляется четкая сезонная закономерность, обусловленная фазами развития насекомого и растения. Высокая численность боярышницы поддерживается ее хорошими миграционными способностями и репарационными качествами черемухи.

Насекомые играют важную роль в функционировании лесных экосистем. Выступая звеньями цепей питания, они участвуют в круговороте веществ и энергии. Традиционно внимание исследователей привлекают хозяйственно значимые виды лесных насекомых. Виды, дефолирующие малоценные древесные растения, остаются практически неизученными. На первый взгляд, к таким видам можно отнести и боярышницу *Aporia crataegi* L. (Lepidoptera, Pieridae). Этот вид на протяжении последних полутора десятилетий характеризовался стабильно высокой численностью на обширной территории Сибири, Урала и европейской части России. Кормовыми породами боярышницами являются в основном розоцветные плодовые деревья и кустарники.

В условиях пригородных районов г. Красноярска наиболее сильно повреждаемой породой оказалась черемуха. Это объясняется, прежде всего, массовым произрастанием этой породы, в основном по берегам рек и ручьев, в сообществе с ольхой и ивой. В 2001 – 2003 гг. мы попытались выявить закономерности дефолиации боярышницей черемухи. Исследования проводились в (1) лесостепных ландшафтах бассейна р. Кача (Емельяновский район Красноярского края), (2) предгорных подтаежных ландшафтах бассейна р. Лалетина (заповедник «Столбы»), (3) среднегорных таежных ландшафтах бассейна р. Лалетина (заповедник «Столбы») и (4) низкогорных подтаежных ассоциациях в бассейне р. Березовка (Березовский район). Все исследуемые насаждения представляли собой прирученные черемуховые сообщества.

В период 2001 – 2003 гг. максимальный уровень дефолиации деревьев приходится на первую половину мая. В этот период наблюдается активное питание гусениц старших возрастов. На протяжении второй половины мая и в июне происходит рефолиация черемухи, и соответственно доля визуально поврежденных деревьев значительно снижается. В этот период боярышница находится в стадии имаго и откладывает яйца. С середины лета (вторая – третья декады июля) наблюдается повторная, но менее интенсивная дефолиация крон гусеницами уже младших возрастов, вышедших из яиц следующего поколения (рис. 1).

Как видно из рис. 1, в бассейне р. Кача основная масса повреждений (IV категория) отмечалась в мае. В июне доля деревьев с повреждениями этой категории значительно снижалась и отмечалось восстановление крон до I-III категорий. В августе деревьев V



Рис. 1. Дефолиация крон черемухи гусеницами боярышницы в насаждении бассейна р. Кача (лесостепной район)

категории не оставалось вообще, однако отмечались усохшие деревья (около 10 % от общего числа исследованных деревьев) и возростала доля деревьев с низкой и средней степенью дефолиации. Подобная ситуация наблюдалась практически во всех исследованных районах, за исключением участка

2, где уровень повреждения был значительно ниже, чем на других участках.

Миграции – типичная особенность бабочек боярышницы. Бабочки собираются в стаи и могут перелетать на довольно большие расстояния. За счет своих миграционных способностей они легко находят корм в случае, если его недостаточно. В связи с этим мы провели исследования по интенсивности повреждения различных районов (табл. 1).

Таблица 1. Выживаемость боярышницы на разных стадиях развития и интенсивность дефолиации насаждений черемухи гусеницами старших возрастов в разных пригородных ландшафтах в окрестностях г. Красноярска

№ участка	Ландшафт	Число учтенных деревьев	Выживаемость на стадии яйца, %	Доля целых гнезд (%) на 1 пог. м ветви 2-го порядка	Доля деревьев (%) с дефолиацией кроны в пределах 76 – 100 %		
					2001	2002	2003
1	лесостепной	200	98±1,0	38,5±1, 12	74,7	70,7	0,0
2	предгорный подтаежный	200	99±1,0	1,1±0,5	8,0	6,3	0,0
3	среднегорный предгорный таежный район	200	99±1,0	3,7±1,7	75,6	81,4	0,0
4	низкогорный подтаежный	200	90±1,0	67,5±3,7	Данных нет	90,3	7,0

Как видно из табл. 1, за исключением второго участка – предгорного подтаежного ландшафта – во всех остальных наблюдалась высокая доля деревьев с IV категорией повреждения. Причем максимум повреждения отмечался на четвертом участке в 2002 году и составлял около 90 %.

В 2003 году деревьев с интенсивной дефолиацией практически не отмечалось (за исключением четвертого участка). Такая смена интенсивности дефолиации черемухи объяснялась выживаемостью боярышницы на стадии гусеницы младшего возраста (табл. 1).

Как видно из табл. 1, если выживаемость гусениц составляла около 100 %, то доля неповрежденных гнезд, а соответственно и выживаемость гусениц третьего возраста практически на всех участках была средней или низкой. По нашим наблюдениям, гнезда были расклеваны птицами. На участке с высокой выживаемостью гнезд низкую активность гусениц боярышницы весной 2003 г. можно объяснить миграцией этого вида в другие районы.

Черемуха обладает хорошей способностью к восстановлению за счет «спящих» почек и активного нарастания прикорневой поросли. Одно- и двукратная дефолиация крон, как правило, не приводит к гибели растения. Более частая дефолиация обуславливает резкое угнетение и усыхание растений.

Как показали наши исследования, в 2001 – 2003 гг. после интенсивного весеннего повреждения листьев гусеницами старших возрастов около 95 % деревьев почти полностью восстановили крону. Дефолиации не вынесли наиболее слабые, старые деревья. Особенно восприимчивыми оказались отдельно стоящие растения.

Из всего вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. В условиях пригородных насаждений г. Красноярска наиболее интенсивно дефолируются гусеницами боярышницы черемуховые насаждения.

2. Во взаимосвязях боярышницы с кормовыми растениями в течение вегетационного периода можно выделить три этапа. Первый этап – повреждение крон кормовых растений (в первой и второй декаде мая). Второй этап – восстановление крон (с начала третьей декады мая до конца июня). Третий этап – вторичное повреждение крон кормовых растений гусеницами второго поколения (с конца первой декады до конца третьей декады июля).

3. Между интенсивностью дефолиации и плотностью выживших к началу вегетационного периода гусениц младшего возраста отмечалась прямая зависимость. Снижение интенсивности дефолиации черемухи в 2003 году объяснялось низкой выживаемостью боярышницы на стадии гусениц младшего возраста.

4. Насаждения черемухи обладают хорошей репарационной способностью.

5. Боярышница является одним из основных факторов формирования черемуховых насаждений. При многолетней дефолиации происходит отпад ослабленных деревьев; выжившие особи обновляют крону за счет образования прикорневой поросли.

КРАЕВОЙ ЭФФЕКТ В РАСПРЕДЕЛЕНИИ НАСЕКОМЫХ-КОНОФАГОВ В НАСАЖДЕНИЯХ ЛИСТВЕННИЦЫЮ.С. НАЗАРОВА¹, А.В. ГУРОВ², А. РОК (A. ROQUES)³¹Правительство Республики Тыва, Кызыл²Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск³Национальный исследовательский институт агрономии (INRA), научно-исследовательская станция лесной зоологии, Орлеан, Франция**АННОТАЦИЯ**

В неурожайные годы только отдельно растущие и опушечные деревья, а также «деревья-маяки», чьи кроны возвышаются над общим пологом леса, плодоносят и участвуют в постоянном пополнении естественного семенного фонда. Такие пограничные экземпляры особенно важны для лесообразовательного процесса, поскольку их семена имеют больше шансов для дальнего разноса. Одновременно они представляют собой и рефугиумы для конобионтов. Это вместе с другими факторами может быть ответственным за проявление краевого эффекта в распределении насекомых-конофагов.

В системе мероприятий по лесовыращиванию основное внимание всегда уделялось созданию лесных культур и содействию естественному возобновлению леса. И в первом, и во втором случае ключевым фактором является наличие семенного фонда. Хотя проблема «элитности» семян до сих пор не разрешена и случается так, что саженцы, полученные из семян «второсортных» деревьев, отличаются повышенной энергией роста, практика создания плантационных и сохранения выделенных естественных лесосеменных участков остается одним из важнейших элементов лесного хозяйства. К сожалению, такой подход сохраняется не везде. Так, например, несмотря на то, что лиственница составляет основу лесного фонда Республики Тыва [2], в результате организационных и экономических перестроек площадь лесосеменных участков этой породы, составлявших к 1990 г. около 365 га, резко сократилась. На настоящий момент действующие лесосеменные участки лиственницы сибирской составляют в республике не более 10 га. Это связано, вероятно, как с передачей ряда лесопокрываемых площадей в частное пользование, так и с несанкционированными рубками. Последние часто проводятся именно в краевых полосах насаждений. Между тем в приопушечных условиях нередко формируются особые клоны и даже расы древесных пород [10]. Семена опушечных деревьев и кустарников в силу пограничного их расположения имеют больше шансов для разноса с помощью ветра, зверей и птиц по сравнению с семенами, созревшими внутри лесного массива. Более того, проведенное ранее сравнение степени повреждаемости конобионтами шишек двух биологических форм лиственницы сибирской затронуло весьма важный вопрос о фенологической гетерогенности естественных древостоев и о влиянии такой гетерогенности на характер заселения и повреждения шишек насекомыми [5]. Опушечные экземпляры могут раньше реагировать на наступление периода цветения, а затем и плодоношения, чем деревья внутри леса.

Влияние расположения деревьев хвойных пород в древостое на заселение шишек насекомыми-конобионтами уже привлекало к себе внимание специалистов [6 и др.]. Для лесов северной части Хакасии показано, что зараженность шишек лиственницы насекомыми выше на освещенных участках и ниже в сомкнутых [7]. Наличие положительного краевого эффекта (возрастание численности потребителей и уровня освоения ими кормовых объектов вдоль границ местообитаний) было отмечено в распределении ряда видов насекомых-конофагов сосны обыкновенной, елей обыкновенной и сибирской. Например, при анализе поврежденности шишек ели обыкновенной выяснилось, что шишки опушечных деревьев были заселены всеми видами выявленного в зоне наблюдений (Bosco del Cansiglio, Северная Италия) комплекса вредителей, в то время как по мере удаления от опушки вглубь насаждения часть видов выпадала [9].

Плодоношение лиственницы, как и других хвойных пород, подчинено посезонной динамике, обусловленной погодной цикличностью и ритмикой физиологических процессов. При этом характер заселения шишек конофагами во многом определяется интенсивностью и периодичностью плодоношения кормовой породы [1]. Относительное постоянство популяционных характеристик конофагов определяет динамику заселения и повреждения ими шишек в условиях меняющейся интенсивности плодоношения. В результате после неурожайного года обильный урожай семян повреждается меньше, т.е. наблюдается известный эффект запаздывания в системе «потребитель – корм». Практически всегда плодоносят свободно растущие деревья, опушечные и в несколько меньшей степени «деревья-маяки», чьи кроны возвышаются над общим пологом леса [3]. Только такие деревья могут ежегодно предоставить локальной популяции насекомых-конофагов кормовую базу, создавая для них рефугиумы. В зависимости от структуры ландшафта, в данном случае – мозаичности

лиственничников, доля стадий переживания может существенно колебаться, и если таких стадий много, то эффект запаздывания сказывается меньше и освоение периодически появляющегося корма идет полнее.

Исследования проводились в 1985 – 1989 гг. в горных условиях произрастания лиственницы сибирской, *Larix sibirica* Ledeb., в Тандинском районе Тувы, ок. 1600 м над уровнем моря; в 1993 – 1996 гг. вблизи верхней границы распространения лесов с преобладанием лиственницы европейской, *L. decidua* Mill., в Центральных (Trento, Monte Bondone, Северная Италия, 1750 м) и Западных (Briançon, Névaiche, Франция, 2180 м) Альпах; в 1997 г. в пограничных древостоях лиственницы даурской, *L. dahurica* Turcz. (= *gmelinii*) в условиях Камчатки (Эссо, 600 м). Естественные древостои на границах произрастания древесных пород являются подчас единственными поставщиками семян для поддержания существования вида в суровых условиях и принимают, таким образом, активное участие в лесообразовательном процессе. Насекомые, повреждающие шишки и семена хвойных, могут в данном случае являться ограничительным фактором, осваивая и элиминируя большую часть урожая [11].

Выяснилось, что шишки в сомкнутой части древостоя заселяются и повреждаются несколько иначе, чем на опушках. Здесь четче проявляется обратная зависимость между уровнем плодоношения деревьев и степенью заселенности их конофагами. В 1987 г. ощутимый урон урожаю семян, нанесенный факультативным конофагом, серой лиственничной листоверткой (*Zeiraphera diniana* Gn.), был отмечен в подтаежно-лесостепных лиственничниках Тандинского лесхоза Тувы. На хорошо освещенных одиночных деревьях с обильным плодоношением лишь четверть шишек к началу июня оказались неповрежденными [4]. Наблюдения на лесосеменных участках лиственницы показали примерно равную заселенность шишек и поврежденность семян лиственничной мухой, *Strobilomyia laricicola* Karl., в сомкнутой части насаждения и в опушечной полосе (табл. 1). Это свидетельствовало о высокой фоновой численности вредителей.

Таблица 1. Средние данные по заселенности шишек лиственничной шишковой мухой и поврежденности семян в разных частях древостоя (Тандинский спецлесхоз)

Часть насаждения	Шишек в кроне, шт.	Семян в шишке, шт.	Заселенность шишек, %	Личинок в шишке, шт.	Личинок в кроне, шт.	Поврежденность семян, %
Опушечная	320,0	56,4 ± 1,3	97	1,3 ± 0,1	404,0	71 ± 8,3
Сомкнутая	30,0	46,2 ± 1,9	100	1,1 ± 0,1	32,0	70 ± 8,4

Численность конофага, как и число шишек на опушечных деревьях, были значительно выше (положительный краевой эффект), но поврежденность семян в периферийной и внутренней частях насаждения оказалась вполне сравнимой. Очевидно, в таких случаях даже при пространственной неоднородности (мозаичности) древостоя может обеспечиваться относительно равномерное освоение конофагами имеющихся кормовых ресурсов [4]. В то же время следует отметить, что в Туве наблюдаются возобновительные волны подраста лиственницы с периодичностью около 7 лет, что свидетельствует о возможном «отрыве» урожая семян от потребителей. По-видимому, это случается в первый высокоурожайный сезон после года с почти полным отсутствием шишек.

Повышенная заселенность шишек на опушечных деревьях зарегистрирована для комплекса шишковых мух (*Strobilomyia melania* Ackl. + *S. infrequens* Ackl. + *S. laricicola* Karl.) в лиственничниках вблизи верхней границы леса в Итальянских Альпах. Интересно, что, в отличие от низкогорных и среднегорных древостоев Тувы, *S. laricicola* в Итальянских Альпах, характеризуясь общей низкой численностью, уступила доминантное положение двум другим видам и проявила себя скорее индифферентной к пространственной неоднородности древостоя [9]. На верхней границе леса в Западных Альпах (Франция) эта муха продемонстрировала статистически достоверное возрастание заселения шишек на изолированных деревьях по сравнению с собственно опушечными лиственницами и деревьями в срединной части древостоя несмотря на его крайнюю разреженность. В условиях Камчатки такой эффект не выявлен как для всего комплекса лиственничных шишковых мух р. *Strobilomyia* (4 вида), так и у *S. laricicola* на лиственнице даурской [8].

Таким образом, повышенная продуктивность опушечных деревьев не является, по-видимому, единственным фактором, ответственным за проявление краевого эффекта в распределении вредителей шишек и семян в насаждении. Например, в сосняках северной лесостепи Средней Сибири (Большемуртинский район Красноярского края) отмечено повышенное заселение шишковым долгоносиком, *Pissodes validirostris* Gyll., опушечных деревьев при низкой сомкнутости древостоя, отличающегося постоянным плодоношением и более или менее равномерным размещением урожая. В сомкнутом насаждении (полнота 0,6-0,8) с неравномерным размещением шишек это было менее выражено, хотя тенденция сохранялась [9]. То есть положительный краевой эффект в распределении долгоносика не был напрямую связан с повышенной урожайностью окраинных деревьев, но определялся и другими факторами, например, температурной комфортностью в случае сомкнутого древостоя.

Такое распределение конобионтов зависит, видимо, и от ряда иных причин. Повышенное

заселение опушечных и отдельно стоящих деревьев может обуславливаться ориентацией расселяющихся насекомых на силуэт дерева и в целом на стену леса. Эффект, например, может быть сугубо механическим («ловушечным»): при малых размерах имаго семяеда р. *Megastigmus*, распространяющихся частично при помощи ветра, пограничные ряды деревьев на лесосеменных плантациях заселяются на первых порах интенсивнее внутренних [12]. Важнее другое. Следует, по крайней мере, для насекомых различать «первичный эффект», включающий, в частности, предпочтение яйцекладущих самок, от «вторичного», то есть от результата заселения. Речь идет о распределении яиц. Вполне возможно, что эффект кромки в распределении яиц конофагов и других дендрофильных насекомых может быть ярко выраженным независимо от причин, его порождающих. Результат же, то есть кумулятивное освоение кормового ресурса в конце сезона (в данном случае – заселенность шишек и поврежденность в них семян), зависит от других факторов (влияние конкуренции, хищников, паразитов и пр.), а потому чаще всего оказывается смазанным, как в варианте, приведенном в табл. 1.

На основании изложенного можно заключить, что более или менее постоянное плодоношение и повышенная продуктивность деревьев в приопушечных местообитаниях не являются единственной причиной проявления эффекта кромки в распределении насекомых-конобионтов. Более того, один и тот же вид конофага может оказаться как индифферентным, так и чувствительным к пространственной неоднородности древостоя в зависимости от локальных условий. Дальнейшее изучение краевого эффекта в распределении и активности конобионтных насекомых следует считать целесообразным, учитывая повышенную роль опушечных деревьев как постоянного источника семян, необходимых для обеспечения естественного лесовозобновления.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вредители* шишек и семян хвойных пород / Г.В. Стадницкий, Г.И. Юрченко, А.Н. Сметанин и др. М.: Лесная пром-ть, 1978. 168 с.
2. *Коропачинский И.Ю., Федоровский В.Д.* Леса Тувинской АССР // Леса СССР. Т. 4. Леса Урала, Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука, 1969. С. 321-349.
3. *Морозов Г.Ф.* Учение о лесе. М.-Л.: Гослесбумиздат, 1949. 455 с.
4. *Назарова Ю.С.* Вредители шишек и семян лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) в Туве: Дис. ... канд. биол. наук: 03.00.09. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1990. 170 с.
5. *Петренко Е.С., Земкова Р.И.* Повреждение насекомыми семян лиственницы даурской и сибирской. Лесное хозяйство, 1967, 7. С. 71-74.
6. *Сметанин Г.М.* Особенности распределения насекомых-конобионтов в шишках сосны и ели по отношению к размещению шишек в древостое // Новейшие достижения лесной энтомологии: По мат. 8-го съезда Всесоюз. энтомол. об-ва, 9-13 окт. 1979 г., Вильнюс. Вильнюс, 1981. С. 156-163.
7. *Яновский В.М.* Сравнительный анализ фауны насекомых-дендрофагов лесов Северной Хакасии // Закономерности распространения и динамики численности лесных насекомых. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1978. С. 20-40.
8. *Battisti A., Gourov A., Khomentovski P., Roques A.* INTAS-94-0930 Final Report: Phytophagous Insects in Ecotones and their Impact upon Forest Ecosystems Stability and Regeneration. Brussels, 1998. 119 pp.
9. *Gourov A.V., Tagliapietra V., Battisti A.* Effect of forest edges on the distribution of insects colonizing cones and seeds of conifers. / Battisti, A., Turgeon, J.J. (eds.) Proceedings of the 5th Cone and Seed Insects Working Party Conference (IUFRO S7.03-01), September 1996, Monte Bondone, Italy: Padova, Institute of Agricultural Entomology, University of Padova, 1997. Pp. 87-98.
10. *Matlack G.R.* Vegetation dynamics of the forest edge – trends in space and successional time. // J. Ecol., 1994, 82: 113-123.
11. *Roques A.* Impact of insects on natural regeneration of high altitude alpine forests / Anfodillo, T., Urbinati, C. (eds) Ecologia delle foreste di alta quota. Atti del XXX Corso di Cultura in Ecologia, Centro Studi per l'Ambiente Alpino, S. Vito di Cadore 6-10 Settembre 1993. Padova (Italy): Dipartimento Territorio e Sistemi Agroforestali, Università degli Studi di Padova, 1993. Pp. 71-94.
12. *Roques A.* (coord.). Project N° MA2B-003-C Final technical report: Management of cone and seed insects in seed orchards. Orlean: INRA, 1993. 129 pp.

УДК 595.7:582.475+630,453

НАСЕКОМЫЕ-ФИЛЛОФАГИ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Е.Н. ПАЛЬНИКОВА

Сибирский государственный технологический университет, Красноярск

АННОТАЦИЯ

На основе 30-летних исследований анализируются последствия воздействия на насаждения одного из наиболее активных видов «сосновых» насекомых-филлофагов – сосновой пяденицы. Показаны результаты влияния

интенсивного уровня дефолиации на насаждения на разных временных отрезках.

Насекомые-филлофаги, являясь обязательным элементом лесной экосистемы, ускоряют естественные циклы химических элементов, вносят вклад в углеродный цикл, участвуют в формировании древостоев на разных этапах их развития, влияют на продуктивность лесов, участвуют в сукцессионных процессах [5, 7, 9, 19, 21].

Характер воздействия насекомых-филлофагов на насаждения и их последствия зависят от вида насекомого, кратности дефолиации, особенностей насаждений, сопутствующих погодных условий и т.д. Именно многообразие факторов, обуславливающих особенности последствий воздействия насекомого на насаждения, затрудняет прогноз кратко- и долгосрочных последствий влияния насекомых на древостой. Так, известно, что повреждения сосновых древостоев в первой половине лета, которые наносятся такими видами, как сосновая совка, шелкопряд-монашенка, сосновый шелкопряд, как правило, не приводят к гибели насаждений [12, 16, 20]. Гибель части древостоя как результат воздействия этих видов насекомых может наблюдаться лишь при многократной дефолиации или сопутствующих засушливых условиях [17].

Повреждения, наносимые во второй половине вегетационного периода, могут иметь более выраженные последствия [11, 18]. Из всех «сосновых» видов насекомых-филлофагов наиболее продолжительным питанием в кроне характеризуется сосновая пяденица. Максимальные повреждения крон деревьев в очагах этого насекомого отмечаются в августе – сентябре, что обуславливает резкое ослабление деревьев и возможность последующей их гибели. По мнению А.К. Благовидова [1], отпад деревьев в очагах сосновой пяденицы может быть гораздо выше, чем в очагах других филлофагов, и способен достигать 99 % от первоначального числа деревьев.

Следует отметить, что при оценке роли насекомого в экосистеме и последствий воздействия его на насаждения традиционно основное внимание уделяется краткосрочным эффектам, которые наиболее очевидны [2, 3, 8, 14].

Результаты наших исследований (1978 – 2008 гг.), посвященных изучению сосновой пяденицы в борах юга Красноярского края, дали возможность оценить последствия воздействия пяденицы на древостой на разных временных отрезках [6, 10, 13, 15].

Как показали эти исследования, при подъемах численности сосновая пяденица выступает как естественный экологический фактор формирования древостоя, действующий на определенном возрастном этапе. Локальные очаги пяденицы формируются как в молодых, так и в приспевающих и спелых насаждениях, но обязательным условием является высокая полнота древостоя. В большинстве случаев в результате дефолиации насаждений наблюдается незначительный отпад за счет гибели более угнетенных деревьев.

При незначительном отпаде деревьев и сохранении древостоем высокой полноты через очередные 9-11 лет, которыми характеризуется периодичность градаций пяденицы, возможно возникновение локальных очагов пяденицы в тех же насаждениях. В этом случае регулярные лесозащитные мероприятия, которые предотвращают интенсивные повреждения древостоя, приводят к тому, что при наличии соответствующих модифицирующих факторов градации могут повторяться на одной и той же территории неоднократно. Вероятно, здесь уместна аналогия с пожаром. Длительное накопление в лесу горючих материалов обуславливает возникновение мощного пожара. При регулярном выгорании накапливающихся горючих материалов вероятность возникновения такого пожара снижается.

Если же в насаждении возникает мощная вспышка массового размножения сосновой пяденицы, то в реакции насаждения на повреждения вредителями можно выделить три периода. Если вести отсчет от года максимальных повреждений, то первый период, продолжающийся от одного до трех лет – период краткосрочных эффектов воздействия, – можно охарактеризовать как период стресса древостоя в результате повреждения его насекомыми. Все происходящие в это время процессы связаны с первичной дефолиацией и имеют отрицательную направленность: гибель и отпад деревьев; снижение темпов роста деревьев в высоту и толщину. В это время процессы деструкции в древостое доминируют над процессами роста и развития. Так, в результате интенсивной дефолиации насаждений Краснотуранского бора в середине 1970-х годов (максимальные повреждения наблюдались в 1975 – 1977 гг.) и дальнейшего развития очага массового размножения стволовых вредителей в наиболее поврежденных участках бора в 1978 году преобладали деревья, дефолиированные пяденицей примерно на 50 %, и около 35 % составили деревья, заселенные и отработанные стволовыми вредителями. При этом отпад происходил за счет деревьев меньших ступеней толщины [10].

Следующий этап – этап среднесрочных эффектов, – продолжается с 3 по 9-11-й годы после интенсивных повреждений. Его можно охарактеризовать как период активного восстановления. Основные происходящие в этот период процессы – окончательное восстановление крон, восстановление темпов радиального прироста стволов деревьев до среднего уровня, выход на максимальный уровень темпов роста при благоприятных прочих условиях. Кроме того, в этот период наблюдается повышенное естественное возобновление.

На этом этапе сукцессии в исследуемом очаге основная динамика роста наблюдалась среди деревьев I-II категорий состояния. К осени 1987 г. доля деревьев без признаков повреждения кроны составила 45 % от первоначального числа деревьев; деревьев II категории – 7 %, III – 3 % и IV – 1,3 %. Погибшие деревья составили 43 %. Если брать в расчет только живые деревья, то в 1987 г., т.е. через 10 лет после интенсивного повреждения древостоя, в первичных очагах сосновой пяденицы соотношение деревьев различных категорий состояния было следующим: I – 63 %, II – 24 %, III – 10 %, IV – 3 %. При этом среди деревьев II-IV категорий практически все деревья имели сухую вершину. Доля суховершинных деревьев на участках интенсивного повреждения насаждений пяденицей составила 19 %.

Следующий этап сукцессии в насаждении после вспышки и интенсивных повреждений древостоя можно охарактеризовать как период долгосрочных эффектов. Представляется, что он продолжается до 30-40-го годов после вспышки или до следующей вспышки массового размножения вредителя. После вспышки и гибели деревьев и следующих, как правило, за вспышкой интенсивных санитарных рубок формируется или более низкополнотный, или разновозрастный древостой, который уже не является оптимальным для формирования очагов пяденицы. В целом такое насаждение становится более устойчивым к данному виду насекомых и дальнейшему серьезному воздействию со стороны пяденицы не подвергается.

По нашим данным, через 30 лет после повреждений насаждений пяденицей в середине 70-х годов XX в. и проведенных затем рубок в центре очага осталось около 58 % от числа деревьев, учтенных в 1978 году. При этом все произошедшие в экосистеме процессы способствовали заметному разреживанию насаждений и «сдвигу» распределения деревьев в насаждении по диаметру ствола в сторону больших диаметров (рис. 1).

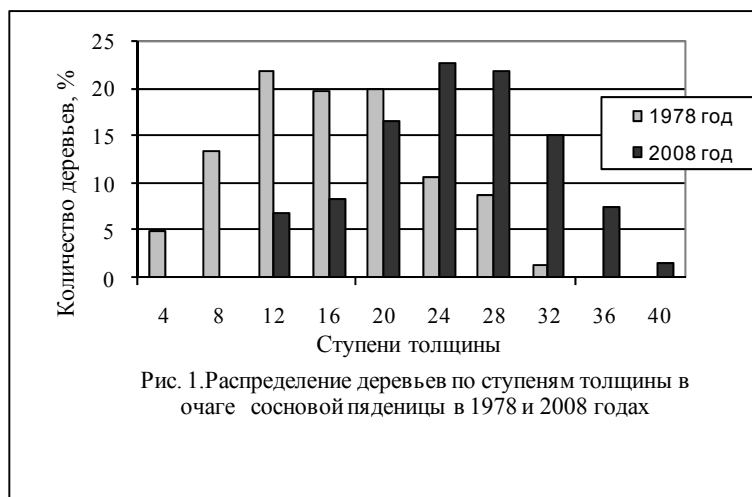


Рис. 1. Распределение деревьев по ступеням толщины в очаге сосновой пяденицы в 1978 и 2008 годах

Анализируя имеющиеся собственные и архивные материалы по месторасположению очагов пяденицы в лесостепных борах Красноярского края, можно отметить, что мощные градации на одной и той же территории повторились в Краснотуранском бору практически через 40 лет (конец 30-х годов и середина 70-х годов).

В Минусинских борах поврежденные в 60-х годах насаждения центральной части Инского бора вновь заметно не повреждались. В конце 80-х годов небольшой очаг пяденицы в

Инском лесничестве возник в насаждениях, которые были значительно дефолированы в период градации 70-х годов. Однако повреждений древостоя не наблюдалось в связи с проведением лесозащитных мероприятий и особенностями протекания градации.

В конце 90-х годов было отмечено начало подъема численности пяденицы в насаждениях Лугавского лесничества, где действовали очаги 70-х годов, однако градация не реализовалась.

Таким образом, за всю историю регистрации очагов сосновой пяденицы в лесах Красноярского края интенсивные повреждения одного и того же насаждения за период в 70 лет (с 1939 по 2009 годы) наблюдались лишь в Краснотуранском бору. В первый раз (1939 г.) насаждению было около 50-60 лет, во второй раз (в 1975 – 1977 гг.) возраст насаждения составлял 85-95 лет. Учитывая возраст насаждений, можно предположить, что серьезных повреждений сосновой пяденицей этих лесов больше наблюдаться не будет.

Таким образом, к отрицательным эффектам воздействия сосновой пяденицы можно отнести лишь эффекты краткосрочного влияния насекомого на древостой непосредственно после вспышки массового размножения. Долгосрочный же эффект воздействия сосновой пяденицы на конкретную лесную экосистему можно рассматривать как положительный фактор, способствующий формированию более устойчивого древостоя.

Полученные результаты хорошо согласуются с данными, приводимыми Т.М. Гурьяновой [4] по влиянию на насаждения сосновой совки. Автор отмечает, что одно поколение леса подвергается массовому повреждению крон неоднократно, отпад наблюдается за счет деревьев низших ступеней толщины, и сосновая совка в комплексе с другими факторами определяет долговечность насаждений.

При взгляде на насекомых-филлофагов как на естественный фактор формирования насаждений требуется пересмотр существующих представлений о необходимости проведения мероприятий,

направленных на снижение их численности. Представляется, что принятие решений о проведении лесозащитных мероприятий должно основываться не только на оценке численности насекомых и ценности данного насаждения, что делается традиционно, но и на грамотном прогнозировании дальнейшего состояния экосистемы в случае проведения (или непроведения) мер борьбы. Это, в свою очередь, предполагает не только детальное знание потенциальных особенностей биологии насекомого, но и использование современного математического инструментария для грамотного прогнозирования изменения взаимоотношений «лес – филлофаг» на протяжении длительного периода в изменяющихся условиях окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Благовидов А.К. Изменение структуры молодых чистых сосновых насаждений под влиянием дефолиации хвоегрызущими насекомыми // Науч. тр. МЛТИ. Вопр. защиты леса, вып. 156. М.: 1984. С. 45-49.
2. Воронцов А.И. Патология леса. М.: Лесная пром-ть, 1978. 267 с.
3. Голосова М.А. Влияние повреждения деревьев хвоегрызущими насекомыми на прирост насаждений // Науч. тр. Моск. лесотехнического ин-та. Вопр. защиты леса, вып. 38. М.: 1971. С. 202-207.
4. Гурьянова Т.М. Влияние циклических волн размножения сосновой совки на прирост и отпад в культурах сосны // Лесоведение, 1993, 6. С. 42-50.
5. Динамика численности лесных насекомых / А.С. Исаев, Р.Г. Хлебопрос, Л.В. Недорезов и др. Новосибирск: Наука, 1984. 224 с.
6. Кондаков Ю.П., Сорокопуд Е.Н. Сосновая пяденица в ленточных борах Минусинской котловины // Насекомые лесостепных боров Сибири. Новосибирск: Наука, 1982. С. 34-56.
7. Мак-Леан Д.А. Влияние вспышек массового размножения листовертки-почкоеда елового на продуктивность и стабильность лесов пихты бальзамической // Лесоведение, 1984, 2. С. 77-83.
8. Малофеев Д.В., Пальникова Е.Н. Оценка состояния насаждений Кяхтинского лесхоза Республики Бурятия, поврежденных сосновой пяденицей // Лесной и химические комплексы – проблемы и решения. Сб. ст. Всерос. конф. Т. 1. Красноярск: СибГТУ, 2007. С. 166-169.
9. Мозолевская Е.Г., Уткина И.А. О роли хвое- и листогрызущих насекомых в лесных экосистемах // Энтомологические исследования в Сибири, вып. 3. Красноярск: ИЛ СО РАН, 2004. С. 4-27.
10. Пальникова Е.Н., Сви́дерская И.В., Суховольский В.Г. Сосновая пяденица в лесах Сибири: Экология, динамика численности, влияние на насаждения. Новосибирск: Наука, 2002. 232 с.
11. Пиндюра Е.С., Плешанов А.С. Морфометрические реакции хвойных на дефолиацию // Влияние антропогенных и природных факторов на хвойные деревья. Иркутск, 1975. С. 159-178.
12. Прозоров С.С. Шелкопряд-монашенка (*Porthetria monacha* L.) в сосновых лесах Западной Сибири // Тр. Сибирского ЛТИ. Т. V, вып. 4. 1949. С. 14-72.
13. Сви́дерская И.В., Пальникова Е.Н. Радиальный рост сосны в связи с дефолиацией сосновой пяденицей // Лесоведение, 2003, 5. С. 44-53.
14. Сметанин А.Н. Потери прироста в сосняках Курганской области, поврежденных сосновой пяденицей // Лесной журнал, 1967, 3. С. 21-25.
15. Сорокопуд Е.Н. Экологические аспекты заселения очагов сосновой пяденицы стволовыми вредителями // Насекомые лесостепных боров Сибири. Новосибирск: Наука, 1982. С. 98-111.
16. Трофимова О.В. Экология и динамика численности сосновой совки (*Panolis flammea* Schiff): Автореф. дис.... канд. биол. наук. М., 1981. 23 с.
17. Трофимова О.В. Устойчивость сосновых древостоев к повреждению сосновой совкой // Лесохоз. инф., 1992, 6. С. 38.
18. Хлиманкова Е.С. Регенерация у хвойных при утрате листовного аппарата: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 1988. 22 с.
19. Haack R.A., Byler J.W. Insect and pathogens: Regulation of forest ecosystems // J. Forstry, 1993, v. 91. Pp. 32-37.
20. Koch W., Bauer M. Zum wiederaustricol von Kiefern nach Lepidopterenfrab // Allg.Forstz. 1989. 44, 40-41. Pp. 1097-1098.
21. Schowalter T.D., Hargrove W.W., Crossley D.A. Herbivores in forested ecosystems // Ann. Rev. Entomology, 1986, v. 31. Pp. 177-196.

УДК 595.768.24:630×413.5

ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ФЕРОМОННОГО МОНИТОРИНГА ПОПУЛЯЦИЙ КОРОЕДОВ НА БИОРАЗНООБРАЗИЕ ЭНТОМОКОНСОРТОВ ХВОЙНЫХ

В.М. ПЕТЬКО¹, Ю.Н. БАРАНЧИКОВ¹, С.А. КРИВЕЦ², Е.Н. АКУЛОВ³, И.А. КЕРЧЕВ², Д.А. ДЕМИДКО²

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

²Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск

³Филиал ФГУ Всероссийский НИИ карантина растений

АННОТАЦИЯ

Оценивали привлекательность для нецелевых видов насекомых разных вариантов феромонных смесей,

разработанных для шестизубчатого короеда *Ips sexdentatus* Boern. Для отлова насекомых использовали феромонные ловушки с воронками. Среди нецелевых видов было выделено 5 экологических групп. Выявлено, что большинство отловленных особей нецелевых видов привлекалось феромонными смесями, наиболее аттрактивными для целевого вида. Одновременно отмечено, что ловушки наносят существенно больший ущерб фауне насекомых хвойного леса при мониторинге разреженных популяций короеда по сравнению с его очагами.

Лесозащитные мероприятия по мониторингу либо контролю популяций насекомых-вредителей должны быть направлены исключительно на целевой вид, важный для лесного хозяйства. Во время использования половых или агрегационных феромонов при феромонном мониторинге или массовом отлове насекомых-вредителей привлеченные особи близкородственных видов или видов, экологически связанных с видами-целями, гибнут в ловушках. Численность погибших особей нецелевых видов достигает в некоторых случаях десятков тысяч [5], что может нанести реальный ущерб разнообразию энтомофауны.

В данной работе мы попытались оценить привлекательность для нецелевых видов насекомых разных вариантов феромонных смесей, разработанных для шестизубчатого короеда (*Ips sexdentatus* Boern.) в популяциях с разной плотностью этого вредителя. Шестизубчатый короед широко распространен в Палеарктике и, являясь физиологически агрессивным видом [1, 2], серьезно вредит деревьям хвойных пород.

В полевых экспериментах были использованы феромонные смеси (табл. 1) производства Всероссийского института химических средств защиты растений (ВНИИХСЗР, г. Москва).

Таблица 1. Качественные составы феромонных смесей, испытанных в популяциях шестизубчатого короеда

Номер смеси в эксперименте	Компоненты феромонных смесей			
	2-метил-3-бутен-2-ол	Ипсдиенол	(+)- α -фелландрен-8-ол	2-фенил-этанол
1	+	+		
2	+	+	+	
3	+	+		
4	+	+	+	
5	+	+	+	+

Примечание. в смесях 1 и 2 доза 2-метил-3-бутен-2-ола увеличена по сравнению со смесями 3 и 4.

Работы проводили в местообитаниях популяций шестизубчатого короеда: в сосняке разнотравно-зеленомошном на территории экспериментального хозяйства Института леса СО РАН «Погорельский бор» (Красноярский край) – далее *местообитание 1*, а также в кедряке широколиственном в окрестностях г. Томска (Томская область) – *местообитание 2*.

В местообитании 1 популяция короеда имеет очень низкую плотность. При осмотре древостоя и выкладке ловчих брёвен не было обнаружено никаких признаков заселения стволов жуками. В местообитании 2 действует постоянный очаг короеда. Здесь по сравнению с другими обследованными кедровыми урочищами наблюдается самая высокая плотность поселения, значительно превышающая порог вредоносности.

Для отлова жуков использовали барьерные феромонные ловушки с воронкой и стаканом для сбора насекомых конструкции ВНИИХСЗР. Во всех трех местообитаниях ловушки вывешивали одновременно в конце мая 2008 г. Все эксперименты длились вплоть до полного прекращения прилёта *I. sexdentatus* к ловушкам.

Ловушки, заряженные диспенсерами с разными феромонными смесями, вывешивали сериями внутри лесных массивов на ветвях деревьев на расстоянии около 30 м друг от друга на высоте полутора метров от поверхности земли в последовательности: $A_1-B_1-V_1-G_1-D_1-E_1-A_2-B_2-V_2-G_2-D_2-E_2$ и так далее. В местообитании 1 каждая серия ловушек имела три повторности, в местообитании 2 – две повторности.

Уловы из ловушек извлекали еженедельно. В каждой ловушке подсчитывали количество отловленных особей насекомых, которых затем определяли в лаборатории. Статистическую обработку результатов проводили в программе Microsoft Excel 6.0 для Windows XP.

Нецелевые виды насекомых были обнаружены во всех ловушках. В местообитании 1 было отловлено 24 вида, относящихся к двум отрядам (жесткокрылые, полужесткокрылые), 14 семействам и 24 родам. В местообитании 2 – 52 вида, относящихся к четырем отрядам (жесткокрылые, полужесткокрылые, перепончатокрылые, двукрылые), 21 семейству и 44 родам.

Для дальнейшей интерпретации результатов все отловленные насекомые были разделены на экологические группы согласно их трофической специализации (табл. 2).

Особо стоит отметить наличие в ловушках облигатных и факультативных хищников короедов. В уловах в местообитании 1 эта группа была представлена тремя видами жесткокрылых: *Thanasimus rufipes* Brahm. (Cleridae), *Corticus fraxini* Kug. и *Pytho depressus* L. (Pythidae); в местообитании 2 – двумя видами жуков: *Th. rufipes*, *Pytho depressus* и одним видом из двукрылых – ктырём *Choerades sp.* (Asilidae,

Diptera). Хищники, несмотря на довольно скудное видовое разнообразие в местообитании 1, составили доминирующую долю особей в ловушках (табл. 2).

Таблица 2. Доля нецелевых видов и особей насекомых разных экологических групп в ловушках с наиболее привлекательной для целевого вида смесью, % от суммарных уловов в каждом местообитании

Экологические группы нецелевых видов	Доля видов и особей насекомых				Средний показатель экологической безопасности	
	местообитание 1		местообитание 2		местообитание 1	местообитание 2
	видов	особей	видов	особей		
Ксилофаги	16,7	13,2	25,0	49,3	0,7	0,2
Облигатные хищники короедов	8,3	35,8	5,0	15,1	1,9	0,1
Факультативные хищники короедов	16,7	28,3	0	0	1,5	-
Прочие виды	58,3	22,6	70,0	35,6	1,2	0,2
Итого*	100*	100*	100*	100*	1,3±0,2a**	0,17±0,03b**

Примечание. Прочие виды – виды насекомых, экологически не связанные с феромонами короедов, относящиеся, главным образом, к сапро-, мицетофагам и филлофагам.

В местообитании 1 большинство отловленных особей нецелевых видов привлекалось феромонными смесями, наиболее аттрактивными и для *I. sexdentatus*. Эта тенденция определяется хищниками и ксилофагами.

Полученные данные подтверждают отмеченную ранее привлекательность феромонов короедов для жуков рода *Thanasimus* [3, 4]. Можно также предположить, что жуки *C. fraxini* тоже используют феромон *I. sexdentatus* для поиска своих жертв. Они питаются яйцами короедов [3] и прилетают к деревьям на ранних стадиях их заселения, во время активного продуцирования короедами феромона агрегации.

Гораздо в меньшей степени эта тенденция прослеживается в местообитании 2, что может быть объяснено малой долей хищников среди других групп по сравнению с местообитанием 1 (табл. 2).

В группе ксилофагов, представленной короедами (Scolytidae) и усачами (Cerambycidae), численно преобладают особи короедов: 93,5 % и 100 % для местообитаний 1 и 2 соответственно. Это вторая группа насекомых, представители которой привлекались к ловушкам запахом феромонных смесей.

Тенденция увеличения уловов нецелевых видов ксилофагов сходна с таковой для целевых видов в местообитании 1 в ловушках со смесями 4 и 5 (табл. 3).

Таблица 3. Привлекательность и экологическая безопасность феромонных смесей для насекомых-ксилофагов

Номер смеси	Среднее число особей насекомых, шт./лов./сезон				Средний показатель экологической безопасности**	
	местообитание 1 (разреженная популяция)		местообитание 2 (очаг)		местообитание 1	местообитание 2
	целевой вид	нецелевой вид	целевой вид	нецелевой вид		
1	0	0,4±0,2 a	1,2±1,0 ab	0,3±0,1 a	-	0,25
2	0	0,2±0,2 a	0,3±0,3 ab	0,9±0,4 b	-	3,0
3	1,0±0,6 a*	1,6±0,9 b	6,3±5,5 ab	0,7±0,3 b	1,6	0,1
4	0,5±0,4 a	1,1±0,7 b	8,5±6,2 bc	0,6±0,2 b	2,2	0,07
5	1,1±0,4 a	1,9±0,9 bc	25,2±20,0 c	0,6±0,3 b	1,7	0,02

Примечание. * внутри столбца значения, обозначенные одинаковыми буквами, достоверно не различаются, $p \leq 0,05$ (*t*-критерий); **отношение уловов нецелевых видов к уловам целевых.

В местообитании 2 уловы ксилофагов распределились практически равномерно по вариантам смесей (табл. 3). В перестойном кедровом 130-150-летнего возраста значительная часть деревьев ослаблена околотом и грибными инфекциями. Это, по-видимому, и объясняет наибольшую долю ксилофагов в местообитании 2 (табл. 2).

Другие экологические группы нецелевых видов (сапро-, мицетофаги и прочие) имели наибольшее видовое разнообразие, но большинство видов были представлены одной-тремя особями за весь период отлова. Исключение составили щелкуны (Elateridae) – до 18 особей для видов *Liotrichus affinis* Payk. и *Corymbites cupreus* F.

Нами не было обнаружено достоверных связей в уловах между этими группами и целевыми видами. В местообитании 2 из 19 видов сапрофагов был обнаружен лишь один, экологически связанный с ходами короедов вид *Ipidia quadrimaculata* Quens (Nitidulidae, Coleoptera) [3].

Таким образом, в местообитании 1 для нецелевых видов хищников и ксилофагов, пойманных

феромонными ловушками, наиболее привлекательными были смеси с полным набором компонентов. В привлечении к феромонным смесям хищники и ксилофаги демонстрируют сходство с целевым видом.

Для предварительной оценки ущерба фауне энтомоконсортов хвойных мы предлагаем использовать показатель экологической безопасности феромонных ловушек. Он рассчитывается как отношение уловов нецелевых видов к уловам целевых и равен единице при одинаковом числе привлеченных экземпляров каждой из двух групп. Из данных табл. 3 следует, что максимальные значения этого показателя свойственны разреженной популяции шестизубчатого короеда: в ловушки летят преимущественно нецелевые виды насекомых, при этом более 50 % уловов составляют хищники ксилофагов. В известной мере успокаивает лишь незначительное общее число изъятых из сообщества особей.

В целом общий улов экземпляров шестизубчатого короеда и нецелевых видов в наших экспериментах составил 24 и 249 особей за сезон, а число экземпляров нецелевых видов – 139 и 344 особей за сезон для местообитаний 1 и 2 соответственно. Таким образом, индекс экологической безопасности ловушек составил 5,8 и 1,4 для местообитаний 1 и 2 соответственно, что говорит о существенно большем ущербе, наносимом насекомым хвойного леса при мониторинге разреженных популяций короеда по сравнению с его очагами.

На наш взгляд, имеет смысл вести дальнейшие работы в направлении снижения привлекательности феромонных ловушек для хищников короедов с целью сохранения естественных регуляторов численности вредителей.

Следует отметить еще одну важную сторону изучения «нецелевых уловов» феромонных ловушек: они позволяют обнаружить виды, не известные ранее для энтомофауны района исследований. Так, в 1996 г. в Финляндии в одной из ловушек для отлова короеда типографа была найдена особь североамериканского короеда *Gnathtricus materiarius* Fitch., уже распространенного в центральной Европе, но впервые обнаруженного в Финляндии [4, 5]. Подобные находки не только имеют лесохозяйственное значение, но и помогают уточнить информацию об ареале некоторых видов [5]. Поэтому при анализе уловов феромонных ловушек нецелевым видам следует уделять пристальное внимание.

Авторы выражают искреннюю благодарность канд. хим. наук Н.В. Вендило, д-ру хим. наук К.В. Лебедевой и их сотрудникам за предоставление феромонных смесей; канд. биол. наук С.Д. Сердюк и д-ру биол. наук М. Ю. Мандельштаму за помощь в определении соответственно шелкоунов и короедов; а также Э.М. Бисировой за помощь при проведении экспериментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исаев А.С., Гирс Г.И. Взаимодействие дерева и насекомых-ксилофагов (на примере лиственницы сибирской). Новосибирск: Наука, 1975. 257 с.
2. Лебедева К.В., Вендило Н.В., Митрошин Д.Б. и др. Феромон шестизубого короеда *Ips sexdentatus* (Coleoptera, Scolytidae) и возможность его применения в защите леса // Агрохимия, 2006, 8. С. 85-89.
3. Никитский Н.Б. Насекомые-хищники короедов и их экология. М.: Наука, 1980. 237 с.
4. Hulcr J., Ubik K., Vrkoc J. The role of semiochemicals in tritrophic interactions between the spruce bark beetle *Ips typographus*, its predators and infested spruce // J. Appl. Entomol., 2006, v. 130, 5. Pp. 275-283.
5. Martikainen P. Non-target beetles (Coleoptera) in *Trypodendron* pheromone traps in Finland // J. Pest Science, 2001, v. 74. Pp. 150-154.
6. Whaley W.H., Anhold J., Schaalje G.B. Canyon drift and dispersion of *Bacillus thuringiensis* and its effects on select nontarget lepidopterans in Utah // Environm. Entomol., 1998, v. 27, 3. Pp. 539-548.
7. Zhang Q. H., Birgersson G., Schlyter F., Chen G.-F. Pheromone components in the larch beetle, *Ips cembrae*, from China: quantitative variation among attack phases and individuals. // J. Chem. Ecol., 2000, v. 26, 4. Pp. 841-858.

УДК 630*443.3+504.054

ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПИХТОВНИКОВ ХАМАР-ДАБАНА, ПОДВЕРЖЕННЫХ АТМОСФЕРНОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ

А.С. ПЛЕШАНОВ, Т.И. МОРОЗОВА, Т.А. ОСКОЛКОВА

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск

АННОТАЦИЯ

Обсуждаются результаты многолетних режимных эколого-фитотоксикологических наблюдений за состоянием пихтовых лесов Хамар-Дабана, загрязняемых аэропромвыбросами Байкальского целлюлозно-бумажного комбината. Показано, что причины лесопатологического неблагополучия в данном регионе многообразны и обусловлены не только действием атмосферного загрязнения, изменяющим резистентность пихты сибирской, но и ряда других

негативных факторов, как зависящих от антропогенного влияния, так и имеющих сугубо природный характер.

Ситуация, сложившаяся в Байкальском регионе в связи с созданием Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (БЦБК), служит ярким уроком, как экологические проблемы без их должной заблаговременной проработки превращаются в острые социальные конфликты. Комбинат начал работать в 1966 г., а в середине 1970-х гг. на обширных территориях северного макросклона хребта Хамар-Дабан произошло пожелтение крон горных темнохвойных, преимущественно пихтовых лесов. По оценкам производственных экспедиций, площадь ослабленных, местами усыхающих древостоев составила в 1986 г. не менее 145 тыс. га. Зона ослабления простиралась главным образом на восток от комбината, что согласуется с особенностями атмосферной циркуляции в Байкальской котловине. Первоначально в качестве основной причины неблагополучной лесопатологической ситуации в данном регионе рассматривалось поражение пихты сибирской аэропромвыбросами БЦБК и последующее возникновение в ослабленных насаждениях очагов черного пихтового усача *Monochamus urussovi* (Fisch.) [8]. Комплексный эколого-фитотоксикологический мониторинг пихтовых древостоев, проводившийся нами с середины 80-х годов, показал, что реальные причины лесопатологического неблагополучия в этом регионе гораздо сложнее и обусловлены не только атмосферным загрязнением, но и другими негативными факторами, как зависящими от антропогенного влияния, так и сугубо природного характера. Выяснилось, в частности, что значимость отдельных патогенных факторов во многом



Рис. 1. Карта лесопатологического состояния Хамар-Дабана в 1985 – 1986 гг. с выделением трех степеней ослабления древостоев (1 – слабая, 2 – средняя, 3 – сильная) и нанесением изолиний годовой суммы осадков (мм) [по 6, 7]

определяется уровнем атмосферного увлажнения рассматриваемой территории (рис. 1).

Было предположено, что большой вклад в ослабление пихтовников Хамар-Дабана вносят грибные болезни. Это подтвердилось: здесь обнаружено 26 микромицетов, поражающих филлоферу пихты сибирской; из них около половины имеют существенное

лесохозяйственное значение [4]. Установлено, что в определенных мезоклиматических условиях Хамар-Дабана атмосферное загрязнение значительно повышает активность эпифитотий [5]. Из насекомых-филлофагов главнейшим вредителем пихты в данном регионе является сибирский шелкопряд – *Dendrolimus superans sibiricus* Tsch. Однако вследствие избыточного увлажнения центральной части северного макросклона хребта шелкопряд имеет здесь стабильно низкую численность. Вспышки его массового размножения приурочены к более ксерофитным лесам западной и восточной оконечностей Хамар-Дабана. Другим массовым филлофагом пихты в Прибайкалье служит пихтовая листовёртка-толстушка – *Choristoneura murinana* Hbn. Короткая эруптивная фаза массовых размножений (2-3 года) и питание гусениц только хвоей текущего года определяют умеренную вредоносность этого вида. Вместе с тем массовое повреждение хвои, наносимое листовёрткой, открывает ворота для проникновения целого комплекса грибных инфекций, что повышает уровень текущей дефолиации деревьев. Вспышки размножения листовёртки в пихтовниках хребтов Хамар-Дабан и Улан-Бургасы наблюдались нами в середине 1980-х и начале 1990-х гг., как в зоне влияния атмосферных выбросов БЦБК, так и далеко за ее пределами. В пихтовых лесах Южной Сибири известны также массовые размножения пихтовой пяденицы – *Ectropis bistortata* Goese, но в Байкальской котловине численность этого вредителя стабильно низка, по-видимому, из-за недостаточной теплообеспеченности.

Немаловажное значение имеет еще один лесопатологический фактор, воздействующий на пихтовники Хамар-Дабана. Сильные непаразитные поражения (пожелтения) крон пихты периодически происходят в троговых долинах субальпийского пояса Хамар-Дабана в ранне-весенний период. Они обусловлены неординарным сочетанием синоптических условий и, очевидно, связаны с эффектом Эбермайера – «солнечными ожогами» кроны. Суть этого явления заключается в интенсивной транспирации хвои при аномально высоких дневных температурах до схода снежного покрова. При этом активность корневой системы невелика и не обеспечивает необходимого поступления воды в кроны деревьев. От эффекта Эбермайера сильнее страдает молодая прошлогодняя хвоя, двухлетняя хвоя повреждается меньше, более старая нередко остается живой [3]. Вполне жизнеспособными остаются

«юбки» нижней части крон деревьев, скрытые под снегом, тогда как выше по стволам значительная часть ветвей усыхает, и кроны на протяжении многих лет остаются сильно изреженными. Усохшие хвоя и ветви осваиваются сапротрофным комплексом микромицетов. В последние десятилетия описанные повреждения пихты неоднократно принимались лесохозяйственными службами за результат атмосферного загрязнения, но они случались в Хамар-Дабане и задолго до строительства БЦБК (рис. 2).

Планомерные технологические мероприятия, проводившиеся на комбинате, обеспечили в 1980 – 1990-х гг. существенное снижение объема атмосферных эмиссий. Если в 1979 г. он составлял 36,3 тыс. т, то в 1985 г. – 30,6, в 1988 г. – 19,5, в 1992 – 1993 гг. – 12,1-12,5, а в 1996 – 2000 гг. – 6,8-7,9 тыс. т в год.

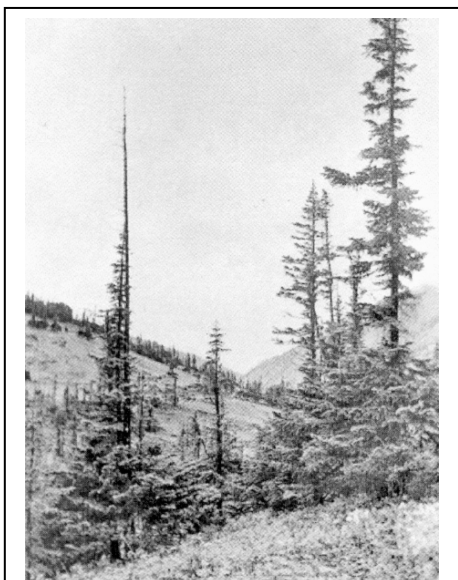


Рис. 2. Субальпийские пихтовники троговой долины р. Б. Мамай, перенесшие поражение солнечными ожогами (фото А.С. Плешанова, 1960)

На этом фоне стало возможным проследить динамику физиолого-биохимического состояния древостоев в связи с уменьшением на них токсической нагрузки, определить влияние уровней атмосферного загрязнения на лесопатологическую ситуацию в регионе. Материал был собран в 1987 – 2000 гг. на пяти пробных площадях (табл. 1). Четыре из них расположены на северном макросклоне Хамар-Дабана, испытывающем наибольшее воздействие дымов БЦБК: одна модельная площадь («Байкальск») находилась в 2 км западнее комбината, три других – восточнее, на удалении 7 («Осиновка»), 40 («Мамай») и 110 км («Мишиха»). Пятая, контрольная, площадь была выбрана в 100 км от БЦБК на западных отрогах Хамар-Дабана в пределах Тункинской котловины, подверженной слабому загрязнению выбросами комбината. Отбор хвои для биохимических анализов проводился ежегодно в первой декаде августа. Параллельно учитывалась текущая зараженность крон пихты грибными инфекциями, их общая изреженность под влиянием вредителей и болезней. Ниже рассмотрена многолетняя динамика содержания в хвое пихты общей серы как показателя токсической нагрузки на древостои (в выбросах БЦБК преобладают серосодержащие соединения) и количества свободного пролина, характеризующего уровень резистентности деревьев.

Таблица 1. Особенности загрязнения пихтовых древостоев на пробных площадях и активность грибных эпифитотий

Пробные площади	Содержание серы в хвое пихты			Текущее поражение кроны пихты грибами, %		Годовая сумма осадков, мм
	в среднем, мг/г		выход на стабильно низкий уровень, годы	в начале наблюдений	в конце наблюдений	
	в начале наблюдений	в период стабилизации на низком уровне				
«Байкальск»	2,43	1,76	1998	< 2	< 2	500-600
«Осиновка»	2,71	1,71	1995	26	11	800-1000
«Мамай»	2,71	1,54	1994	18-20	7-10	1000-1200
«Мишиха»	2,56	1,37	1993	5	2	600-800
«Контроль»	1.82	1.26	1989	5-9	2-5	400-500

Наиболее ошутимое снижение концентрации серы в хвое пихты (до 1,23 мг/г абсолютно сухого вещества) на пробной площади «Контроль» произошло в 1989 г. На модельных площадях северного макросклона Хамар-Дабана отчетливое снижение содержания серы в хвое пихты началось годом позднее и имело наиболее выраженный ход на всех площадях в 1990 – 1991 гг., опустившись в среднем до 1,93 мг/г. Однако последующий переход концентрации серы в хвое на стабильно пониженный уровень на разных пробных площадях наблюдался в разное время, что было отчетливо связано с их удаленностью от комбината (табл. 1).

Содержание свободного пролина традиционно принимается как индикатор стресса у растений [2]. Считается характерным повышение содержания этой аминокислоты на начальных стадиях патогенеза. На пробной площади «Контроль» динамика содержания пролина в хвое пихты проявила большое сходство с динамикой содержания серы, но с отставанием в один-два года, и изменилась от 106-108 мг/г абсолютно сухого вещества в 1987 – 1988 гг. до среднего содержания в 1990 – 2000 гг. – 58 мг/г. На северном макросклоне Хамар-Дабана картина была иной. Динамика содержания и абсолютная концентрация пролина на всех пробных площадях оказались очень схожи между собой, но отставали на три года от таковых на контрольной площади. Здесь выделилось три временных отрезка,

соответствующих определенным физиологическим состояниям деревьев, которые они прошли в процессе уменьшения токсической нагрузки: 1) фаза пониженной резистентности (1987 – 1989 гг.), когда среднее содержание пролина составляло около 54 мг/г, 2) фаза повышенной резистентности (1990 – 1992 гг.) при среднем содержании пролина 109 мг/г, 3) фаза состояния, близкого к норме (с 1993 г.) при среднем содержании пролина около 65 мг/г. Заметим, что выделенные фазы хорошо совпадают по времени с описанными изменениями токсической нагрузки на древостои. Так, фаза повышенной резистентности пришлось на период, когда объем атмосферных выбросов БЦБК сократился до 15 тыс. т в год, а содержание серы в хвое пихты уменьшилось в среднем до 2,03 мг/г (1990 г.). С ростом резистентности деревьев совпало затухание очагов размножения черного пихтового усача, но связь между уровнем содержания пролина в хвое и активностью грибных эпифитотий выявить не удалось (коэффициент корреляции на разных пробных площадях северного макросклона Хамар-Дабана не превышал 0,37). С другой стороны, установлена достоверная корреляция (коэффициент от 0,56 до 0,73) между активностью эпифитотий и содержанием серы в хвое пихты. Однако существенное поражение крон деревьев (до 20-26 %) отмечалось лишь в избыточно увлажняемых древостоях – на территориях, где сумма осадков превышала 800 мм в год. При меньшем количестве осадков поражение крон было ничтожным даже в непосредственной близости от комбината.

Анализ литературных данных свидетельствует, что подобная лесопатологическая ситуация отмечалась и в других регионах, где горные леса из пихты сибирской произрастают в ландшафтно-климатических условиях, сходных с таковыми в Хамар-Дабане. Исследования, начатые в Казахском Алтае в связи с вероятным ослаблением пихтовых лесов атмосферными выбросами Семипалатинского промышленного центра, вылились в широкомасштабное изучение эпифитотий, поражающих эту породу [9]. По свидетельству В.А. Алексеева и Д.А. Шабунина [1], в подобных условиях Салаиро-Западнокузнецкой провинции пихтовых лесов массовое поражение пихты грибами-микробицетами принималось за действие атмосферного загрязнения.

Наши исследования показали, что для получения объективного представления о состоянии деревьев, подверженных действию атмосферного загрязнения, недостаточно разовых снятий тех или иных физиолого-биохимических показателей; необходимы многолетние режимные наблюдения. Установлено, что удовлетворительная лесопатологическая ситуация в пихтовниках Хамар-Дабана возможна при объеме промышленных эмиссий города Байкальска, не превышающих 7-8 тыс. т в год. Недопустимо размещение новых источников техногенных эмиссий в горных районах, где леса из пихты сибирской произрастают в условиях избыточного атмосферного увлажнения. Кроме Прибайкалья, такие районы свойственны Среднему Уралу, Кузнецкому Алатау, Горной Шории, западной оконечности Восточного и Западного Саяна, а за пределами России – Казахстанскому Алтаю.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В.А., Шабунин Д.А. Побеговый рак пихты сибирской. Описание болезни и методические рекомендации по его полевой диагностике. СПб: СПб НИИЛХ, 2000. 29 с.
2. Бритиков Е.А. Биологическая роль пролина. М.: Наука, 1975. 87 с.
3. Ванин С.И. Лесная фитопатология. Л.: Гослесхозиздат, 1938. 422 с.
4. Морозова Т.И. Микробицеты филлосферы пихты сибирской в Прибайкалье (эколого-биологические особенности, активность эпифитотий): Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Иркутск: ИГУ, 2006. 19 с.
5. Морозова Т.И., Осолкова Т.А., Плешанов А.С. Состояние пихтовых лесов Хамар-Дабана в зоне влияния атмосферных выбросов Байкальского целлюлозно-бумажного комбината // Сиб. экол. журн., 2005, 4. С. 701-706.
6. Николаева Н.И. Атмосферные осадки. Карта. М 1:2 500 000 // Байкал. Атлас. М.: Роскартография, 1993. С. 64.
7. Плешанов А.С., Воронин В.И. Лесопатологическое состояние лесов Хамар-Дабана. Картосхема / Воронин В.И., Власенко В.В., Ходжер Т.В. Картографическое обеспечение мониторинга лесов, ослабленных аэровыбросами Байкальского ЦБК // Проблемы экологии лесов Прибайкалья. Сб. науч. тр. Иркутск: СИФИБР СО АН СССР, 1991. С. 15.
8. Рожков А.С., Соков М.К., Массель Г.И. и др. Усыхание горных темнохвойных лесов южного и юго-восточного побережий оз. Байкал. Иркутск: СИФИБР СО АН СССР, 1983. 61 с.
9. Тартенова М. О новом виде гриба *Laestadia abietella-sibirica*, S.Schwarzman et M.Tartenova sp. nova // Известия АН Каз. ССР, 1957, сер. биол, вып. 1 (13). С. 15-152.

ВЛИЯНИЕ ДЕФОЛИАЦИИ БЕРЕЗОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ ЗАУРАЛЬЯ ЛИСТОГРЫЗУЩИМИ НАСЕКОМЫМИ НА СУКЦЕССИОННЫЕ ПРОЦЕССЫВ.И. ПОНОМАРЕВ¹, О.В. ТОЛКАЧ¹, А.В. ИЛЬИНЫХ², С.Л. СОКОЛОВ³, Н.В. ШАТАЛИН¹¹Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург²Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск³МПР Свердловской области, отдел Госконтроля, Екатеринбург**АННОТАЦИЯ**

В материалах проведен анализ результатов многолетних исследований влияния дефолиации березовых насаждений Зауралья на сукцессионные процессы. Показано, что наиболее неоднозначное влияние дефолиации в период вспышек массового размножения листогрызущих насекомых наблюдается в лесной зоне (сосново-березовые насаждения), то есть на северной границе вспышек. Обсуждаются возможные другие аспекты влияния дефолиации на насаждения, в частности, роль вспышек в стабильности существования березовых колков.

Отрицательное влияние дефолиации насаждений в период вспышек массового размножения насекомых-филлофагов широко известно. Этому вопросу в мировой литературе уделяется большое внимание, а результаты исследований неоднозначны. В зависимости от лесорастительных условий и преобладающей породы отмечается как ускорение, так и замедление сукцессионных процессов [3]. В данном сообщении мы хотим обратить внимание на влияние дефолиации на сукцессионные процессы в березовых насаждениях Зауралья.

Основные лесопокрываемые площади степной, лесостепной и лесной (сосново-березовые насаждения) зон Зауралья представлены березовыми насаждениями, сформированными двумя видами берез: березой повислой (*Betula pendula* Ehrh.) и березой пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.). На этой территории масштабные вспышки массового размножения листогрызущих насекомых, в основном непарного шелкопряда (*Lymantria dispar* L.) и летне-осенней экологической группы листогрызущих насекомых, периодически охватывают сотни тысяч гектаров. Например, в 1996 году в этом регионе площадь очагов составляла около 1 млн га [2].

Несмотря на то, что березовые насаждения в общей массе толерантны к дефолиации филлофагами, в рассматриваемом регионе неоднократно отмечались случаи усыхания древостоев на значительных площадях [8, 1, 7, 9, 13 и др.]. Чаше всего усыхание отмечалось на северной границе вспышек массового размножения – в сосново-березовых насаждениях и в северной предлесостепи. В лесостепной и степной зонах усыхание отмечалось значительно реже и в основном после неоднократной дефолиации.

В связи с этим нам бы хотелось обратиться к некоторым малоисследованным и дискуссионным аспектам влияния вспышек на лесные экосистемы.

Основные площади очагов непарного шелкопряда фиксируются в лесостепной зоне, там же наиболее выражена и цикличность вспышек [2, 6]. Одной из проблем существования березовых колков является их плохое семенное возобновление из-за сильной задерненности почвы. Обычно березовые колки в лесостепной зоне приурочены к днищам заболоченных западин, «вымочкам», понижениям рельефа. Такую приуроченность обуславливают меньшая задерненность этих мест и, в связи с этим, лучшая возможность семенного возобновления у березы [5]. Однако березовые колки занимают и возвышенные участки, образование и длительное существование колков на которых объяснить сложно. В этих колках обычно присутствует осина. Осина при вспышках в лесостепных условиях Зауралья дефолируется в первую очередь. При дефолиации она дает очень густую корневую поросль, под которой задернение практически отсутствует. Эта густая поросль существует относительно недолго [12], но благодаря ей возможно семенное возобновление березы.

В зоне южной тайги и зоне сосново-березовых древостоев рассматриваемых регионов основная масса березняков являются производными в коренных и условно-коренных сосновых типах леса [4]. В отношении этих древостоев нами было достоверно установлено [10], что после дефолиации при доминировании в господствующем ярусе березы (производные сукцессии после рубок) происходит резкое улучшение состояния хвойного подроста. По данным Е.Н. Иерусалимова [4], примеры такого воздействия дефолиации на сукцессионные процессы в мировой литературе единичны. То есть дефолиация первого яруса при вспышках массового размножения в этих условиях приводит к ускорению сукцессионных процессов. Фактически в каком-то смысле филлофаги здесь берут на себя часть работы структур лесного хозяйства, снижая финансовые затраты на рубки перестройки.

В то же время, по нашим данным, массовое усыхание древостоя в этой зоне отмечалось на переувлажненных почвах (коренные березняки) как после дефолиации непарным шелкопрядом, так и при вспышке массового размножения летне-осенней экологической группы листогрызущих насекомых

при ранних сроках дефолиации (конец июля). В местах усыхания начинались процессы заболачивания, и естественного возобновления древостоя за длительное время (около 20 лет) там так и не произошло. Отмечается также усыхание, с отсутствием естественного возобновления, древостоев на мелких почвах (в этих случаях происходит сильное задержание почвы).

После дефолиации кроме сплошного усыхания часто отмечается и диффузное. Мы провели анализ радиального прироста усыхающих и толерантных деревьев в лесной зоне (сосново-березовые леса) и в зоне северной лесостепи.

Спектральный анализ динамики годовичного радиального прироста по методу В.Г. Суховольского и Н.В. Артемьевой [11], согласно которому высокочастотная часть спектра колебаний радиального прироста, в отличие от низкочастотной, вызывается внешними факторами, превосходящими по своим показателям среднегодовые, показал следующее.

На одних и тех же участках большая величина высокочастотных колебаний наблюдается у толерантных и резистентных к дефолиации деревьев березы, меньшая – у усыхающих после дефолиации. Величина высокочастотных колебаний в исследованных древостоях изменяется от 0,35 колебаний в год у толерантных древостоев до 25 у древостоев, подвергшихся двукратной дефолиации, и в пределах одного древостоя от 0,37 у толерантных до 0,33 у усыхающих. Наиболее высокий показатель частоты был у резистентного к дефолиации древостоя (0,39). Эти данные показывают, что толерантные и резистентные деревья березы по величине изменений годовичного радиального прироста деревьев отличаются высокой чувствительностью и бурной реакцией на изменения экзогенного фактора и, наоборот, усыхающие деревья порой не реагируют на эти изменения. Кроме того, если у толерантных деревьев реакция на дефолиацию на следующий год не отличается от известных в литературе данных, то есть радиальный прирост снижается, то большинство нетолерантных деревьев на следующий год после дефолиации увеличивает радиальный прирост в лесостепной зоне и очень незначительно снижает его в лесной зоне.

Корреляционный анализ гидротермических условий вегетационного сезона и радиального прироста показал, что в лесной зоне радиальный прирост усыхающих деревьев коррелирует с условиями прошлого года. У не усыхающих деревьев либо отмечается корреляция с ГТК текущего года, либо не отмечается никакой корреляции с ГТК и текущего, и предыдущего года. В лесостепи у не усыхающих деревьев прослеживается корреляция с гидротермическими условиями и текущего года, и прошлого. У усыхающих – только с гидротермическими условиями прошлого года. То есть в пределах одного древостоя усыхают деревья, менее адекватно реагирующие как в целом на внешние условия, так и на стресс-факторы.

Поскольку исследованные древостои были расположены в различных зонах, представляло интерес выявить степень сходства между ними по показателям величины годовичного радиального прироста и его динамики.

Анализ средних значений радиального прироста показал, что в лесостепной зоне усыхают деревья с меньшим радиальным приростом. Толерантными и резистентными к дефолиации оказались как деревья, так и в целом древостои с большим радиальным приростом. В лесной зоне ситуация оказалась противоположной. Усыхают деревья с большим радиальным приростом, не усыхают с меньшим приростом. При этом в целом средний радиальный прирост за 20 лет в лесной зоне у древостоев одного возраста был меньше (в среднем на 20 %).

В результате обработки данных динамики приростов методом кластерного анализа было установлено, что в древостоях, перенесших двукратную дефолиацию, усыхающие деревья из одной зоны группируются в один кластер с неусыхающими (толерантными) из другой и наоборот. То есть в разных лесорастительных зонах реакция деревьев имеет разнонаправленную реакцию. При однократной дефолиации усыхающие и не усыхающие деревья тоже группируются по разным кластерам. Эти данные также могут свидетельствовать о том, что наблюдается различие в реакции годовичного радиального прироста толерантных и нетолерантных деревьев на внешние факторы зоны произрастания.

Одним из подтверждений такого вывода могут служить данные, полученные нами при анализе динамики годовичного радиального прироста усыхающих и не усыхающих деревьев после дефолиации непарным шелкопрядом дубрав Волго-Ахтубинской поймы в период вспышки 2003 – 2004 гг. Там также была отмечена разная реакция деревьев на внешние условия. Корреляционный анализ гидротермических условий вегетационного сезона и радиального прироста анализируемых групп деревьев показал, что резистентные деревья фактически не зависят от величины осадков в связи с тем, что обладают мощной корневой системой, способной достичь уровня грунтовых вод. В наибольшей степени зависят от осадков нетолерантные деревья.

В целом данные по анализу радиального прироста в березовых древостоях Зауралья при диффузном усыхании показывают, что нетолерантность к зоогенной дефолиации может быть обусловлена несоответствием нормы реакции деревьев условиям в зоне их произрастания. С одной стороны, в лесной зоне это должно приводить к увеличению устойчивости древостоя к внешним факторам и замедлению сукцессионных процессов, с другой, усыхание деревьев с большим диаметром

должно приводить к увеличению освещенности под пологом и ускорению сукцессионных процессов. Какие из этих процессов будут преобладать, в настоящий момент в связи с недостаточной длительностью наблюдений сказать невозможно. В лесостепной зоне диффузное усыхание (при этом усыхают в основном деревья с небольшим диаметром) в высокополнотных древостоях может приводить к улучшению семенного возобновления, но в низкополнотных в связи с увеличением освещенности под пологом – к увеличению задернения и снижению семенного возобновления, а значит, в дальнейшем к деградации древостоя. Кроме того, элиминация деревьев с отличающейся нормой реакции должна приводить к снижению генетического разнообразия насаждений. Как это повлияет на сукцессионные процессы, неизвестно.

Если наблюдавшиеся нами явления носят систематический характер, необходимо признать недостаточность наших современных знаний о влиянии вспышек массового размножения насекомых-филлофагов на сукцессионные процессы в березовых древостоях Зауралья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гниненко Ю.И. Очаги массового размножения листогрызущих насекомых в березовых лесах Зауралья // Экология, 1974, 5. С. 98-101.
2. Гниненко Ю.И. Вспышки массового размножения лесных насекомых в Сибири и на Дальнем Востоке в последней четверти XX в. // Лесохоз. информация, 2003, 1. С. 46-57.
3. Иерусалимов Е.Н. Зоогенная дефолиация и лесное сообщество. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2004. 263 с.
4. Колесников Б.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Свердловск, 1973. 175 с.
5. Кузмичев В.В. Типы леса и особенности роста колочных березняков Барабы // Организация лесного хозяйства в некоторых категориях лесов Сибири. Красноярск: ИЛиД, 1963. С. 40-59.
6. Лямцев Н.И., Исаев А.С., Зукерт Н.В. Влияние климата и погоды на динамику численности непарного шелкопряда в Европейской России // Лесоведение, 2000, 1. С. 62-67.
7. Пономарев В.И. Несколько замечаний к экологии зауральской популяции непарного шелкопряда // Лесопатологическая обстановка в лесном фонде Уральского региона. Екатеринбург, 2001. С. 87-93.
8. Распопов П.М. Двухцветная хохлатка – массовый вредитель березовых лесов Зауралья // Леса Урала и хоз-во в них, вып. 1. Свердловск: Уральская ЛОС, 1968. С. 154-178.
9. Соколов Г.И. Чешуекрылые вредители березы из летне-осенней экологической группы в Челябинской области. Екатеринбург, 2002. 75 с.
10. Соколов С.Л. Устойчивость березовых лесов Урала к дефолиации насекомыми-филлофагами летне-осенней экологической группы и разработка системы санитарных мероприятий в очагах: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.11. Екатеринбург: УГЛТУ, 2005. 18 с.
11. Суховольский В.Г., Артемьева Н.В. Радиальный прирост хвойных как прогнозный показатель их устойчивости к повреждению филлофагами // Лесоведение, 1992, 3. С. 33-39.
12. Ткаченко М.Е. Общее лесоводство. М.-Л., 1952. 599 с.
13. Федоренко С.И. Толерантность березовых древостоев северной лесостепи Зауралья к абиотическому и биотическому стрессу // Экология, 2001, 6. С. 466-470.

УДК 630*416.3, 582.632.2

РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В НАДЗЕМНОЙ И ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТЯХ ДУБА ПОСЛЕ ДЕФОЛИАЦИИ ПРИ РАЗНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ

В.В. РУБЦОВ, В.В. МАМАЕВ, И.А. УТКИНА

Институт лесоведения РАН, Москва

АННОТАЦИЯ

Проведены многолетние наблюдения за состоянием деревьев и насаждений дуба черешчатого в Теллермановском опытном лесничестве Института лесоведения РАН (юг лесостепной зоны) в условиях разной степени дефолиации крон и различных погодных условиях в период вегетации.

Долгосрочные стационарные исследования – необходимое условие для комплексного изучения компонентов и процессов в лесных биогеоценозах. Пример подобного рода – работы на территории Теллермановского опытного лесничества Института лесоведения РАН, созданного по инициативе В.Н. Сукачева для проведения биогеоэкологических исследований в широколиственных лесах лесостепной зоны. Здесь на протяжении 60 лет специалистами разного профиля ведутся наблюдения за ростом и состоянием деревьев и древостоев дуба черешчатого и его спутников под действием различных абиотических и биотических факторов.

Наши многолетние исследования в дубравах разных типов были посвящены исследованию механизмов адаптационных реакций дуба на повреждение листвы насекомыми. Наблюдения за одними и

теми же деревьями на протяжении нескольких лет показали, что такие реакции имеют место в здоровых насаждениях в первый-второй годы сильного повреждения листвы, выражаясь в образовании большого числа облиственных регенеративных побегов разных типов. При более продолжительных значительных дефолиациях эти защитные механизмы деревьев ослабевают: регенеративных побегов образуется все меньше, а их облиствение снижается; число почек, способных образовать новые побеги, резко сокращается. Значительно падает прирост древесины, причем качество её ухудшается за счет уменьшения доли поздней древесины. Уменьшается также количество запасных веществ, необходимых для нормального функционирования дерева [4].

Влияние дефолиации крон дубов на состояние их корневых систем, особенно на рост физиологически активных поглощающих корней, до последнего времени изучено мало, хотя о необходимости более детального исследования реакции подземных частей деревьев на те или иные стрессовые ситуации писалось неоднократно. Например, есть свидетельство, что при дефиците почвенного азота реакции корневых систем деревьев на дефолиацию играют ключевую роль в восстановлении нормального функционирования лесной экосистемы в целом [5].

В течение 12 лет, начиная с 1997 г., мы изучаем состояние поглощающих микоризных корней дуба ранней феноформы в приспевающих пойменных ландышево-ежевичных дубравах в период вспышек массового размножения насекомых-филлофагов (в основном зимней пяденицы). Было установлено [2, 3], что у дуба развитие поглощающих микоризных корней тесно связано с состоянием листвы в кроне, активно реагируя на ее полную или существенную потерю, и эта реакция неодинакова при однократных и повторных дефолиациях. В то же время еще мало известно о том, как растут поглощающие корни дуба при дефолиациях в разных условиях в зависимости от метеорологической ситуации текущего года.

Мы сравнивали ростовую активность корней специально подобранных пар деревьев с сильным (опыт) или слабым повреждением листвы (контроль), оценивая массу молодых поглощающих корней с помощью метода микромономитов.

Из взятых почвенных проб с помощью бинокля отбирали молодые светлые водянисто-прозрачные микоризы, свидетельствующие о росте меристемы, в случае необходимости фиксируя и более старые микоризы, разделяя их по окраске микоризного чехла, изменяющейся в процессе старения [1].

Обычно рост корней неповрежденных деревьев в дубравах южной лесостепи имеет четко выраженную импульсивную периодичность [1]. Увеличение поглощающего аппарата корней происходит в основном путем массового формирования новых микориз почти одновременно во всех типах дубрав. Затем синхронный период образования корней сменяется периодом покоя, в течение которого молодые микоризные корни пробковеют. Остановка роста корней вызвана эндогенными факторами, а также дефицитом почвенной влаги.

Взятие почвенных проб благодаря синхронному колебанию массы молодых поглощающих корней позволяет оценить их ростовую активность, при этом влияние влагообеспеченности как главного фактора роста прослеживается только при анализе обобщенных за сезон данных о связи годичного прироста корней и коэффициента увлажнения [1]. Однако обычный для лесостепи синхронный импульсивный рост корней происходит, если сумма атмосферных осадков за вегетационный период (май – сентябрь) близка к 220 мм – установившейся многолетней норме. Отклонение от нормы ведет к нарушению согласованности в новообразовании микоризы.

Так, 1997 г. был благоприятным для дубрав – умеренно влажным, с равномерным выпадением осадков. Сезонная динамика ростовой активности поглощающих микоризных корней была довольно синхронной во всех типах дубрав. В следующие пять лет (1998 – 2003 гг.) наблюдалась депрессия пойменных дубрав, вызванная в основном повреждением листвы зимней пяденицей.

В 1998 г., бедном атмосферными осадками, рост корней был почти в три раза ниже, чем в 1997 г., а сезонная динамика ростовой активности корней и образования новых микориз была асинхронной в разных типах дубрав вследствие засухливости. Во второй половине вегетационного периода в пойменных дубравах рост корней в пойменных дубравах вообще отсутствовал.

Начиная с 1999 г. кроны деревьев дуба в пойменных дубравах ежегодно сильно повреждались филлофагами и иногда заморозками. При дефолиации крон, как и при аномальных погодных условиях, обычный ритм ростовой активности корней нарушается. В 1999 г. – первом году сильной дефолиации – периоды покоя в ростовой активности корней не наблюдались: корневые системы здоровых деревьев отреагировали быстрым и интенсивным новообразованием поглощающих корней, отчего почти вдвое возросла загруженность гумусового горизонта почвы тонкими корнями (сухая масса микоризных корней в расчете на площадь исследуемых участков). Это косвенно свидетельствует об адаптации дуба к повреждениям листвы филлофагами, повышающей его устойчивость к повторным дефолиациям.

В 1999 г. при обильном выпадении осадков зафиксировано три пика интенсивного новообразования корней за вегетационный период: 1) в период нанесения повреждения листве, т.е. питания гусениц в кронах; в это время в пойменных дубравах у отдельных сильно дефолированных

деревьев масса поглощающих корней была в 4 раза выше, чем у неповрежденных деревьев; 2) во второй половине августа; 3) в первой половине октября. В период интенсивного восстановления листы ростовая активность поглощающих корней снизилась.

В 2000 г., характеризующемся экстремально высоким (в два раза больше нормы) уровнем выпадения осадков, в пойменных насаждениях листва дуба третий год подряд повреждалась филлофагами, причем второй год подряд – сильно (в среднем на 80–90 %). Повторная сплошная дефолиация уже не вызвала такого сильного подъема ростовой активности поглощающих корней, как в 1999 г. Напротив, чем меньше повреждались деревья филлофагами в предшествующем году, тем интенсивнее протекали процессы новообразования микоризы в текущем году. С середины июля стала часто встречаться мелкая, прекратившая рост, недоразвитая микориза. В результате совместного действия неблагоприятных факторов загруженность тонкими корнями в 2000 г. была ниже, чем в предыдущие годы. В то же время во взятых образцах стали часто попадаться микоризные корни с хорошо разветвленным в почве мицелием, благодаря чему образовалась дополнительная поглощающая поверхность, способствующая выживанию деревьев.

В 2001 г. дефолиация в пойменных дубравах достигла своего максимального значения: 90 % для полога в среднем. Год в целом был относительно влажный, особенно в первой половине вегетации – с мая по сентябрь выпало 320 мм. Снижение ростовой активности поглощающих корней продолжилось, хотя небольшой подъем наблюдался в первой половине июня и в первой половине августа, как и в предыдущие годы. В этом году наблюдался сильный отпад микоризных поглощающих корней, а первичная продуктивность тонких корней была самая низкая за весь период наблюдений. С увеличением глубины почвы доля отмерших корней заметно возрастала, появились первые признаки отмирания проводящих корней вторичного строения у ослабленных деревьев. Некоторые крупные деревья погибли уже в конце этого года; процесс отмирания их корней начинался с самых тонких – в горизонтальной проекции по направлению от периферии к комлю ствола.

В 2002 г. лето было засушливое – за вегетационный период выпало лишь 70 мм осадков. Листья деревьев вяза и дуба ранней феноформы повреждалась филлофагами в меньшей степени, чем в предыдущие годы (в среднем дефолиация полога составляла 40–50 %), но деревья дуба были ослаблены сильной дефолиацией предыдущих лет. Новообразование микоризы в этом году было крайне незначительным. Вялотекущий рост корней продолжался с конца мая по июнь, у менее дефолированных деревьев он был интенсивнее. Все же общее состояние корней дуба вопреки всем негативным обстоятельствам в этом году стало лучше: у большинства деревьев почти полностью отсутствовали признаки дальнейшего отмирания корней вторичного строения, в почвенных пробах опять стала попадаться микориза с разветвленным мицелием. Хорошим признаком стало относительно частое появление ростовых корней, осваивающих свободное почвенное пространство после большого отпада корней в 2001 г. На выживании дуба в этом году в первую очередь сказалась его высокая устойчивость к недостатку влаги. Несмотря на повреждения листы филлофагами четвертый год подряд и неблагоприятные погодные условия, подавляющее большинство деревьев дуба не погибло, но образовались микроочаги усыхания (по 3–10 деревьев).

Разительный контраст в интенсивности новообразования поглощающих корней наблюдался на участке пойменной дубравы у деревьев дуба ранней и поздней феноформ: у позднего дуба, совсем не повреждавшегося зимней пяденицей, сохранялся привычный ритм высокой ростовой активности корней, соизмеримый по потенциалу и динамике роста с поздней феноформой в нагорной снытево-осоковой дубраве.

В 2003 г. средняя дефолиация крон дуба в пойме составляла 30 % – затяжной период ежегодного повреждения листы филлофагами подошел к концу. И в этом же году сезонная динамика роста и формирования микоризных корней дуба приняла свойственный ей характер, к концу вегетационного периода полностью восстановилась загруженность почвы физиологически активными тонкими корнями. Однако потенциал ростовой активности поглощающих микоризных корней был в этом году в четыре раза меньше, чем в 1997 г. – до начала интенсивных дефолиаций, по-видимому, из-за образовавшегося дефицита запасных веществ.

Благодаря проведенным исследованиям мы зафиксировали, что только в первый год сильная дефолиация у изначально неослабленных деревьев вызвала вспышку новообразования микоризных поглощающих корней. В этот год произошло интенсивное обновление микоризных корней, что создало существенный их резерв, необходимый для сохранения устойчивости деревьев при многолетних вспышках массового размножения филлофагов. В дальнейшем при повторных дефолиациях наблюдался прогрессирующий спад ростовой активности корней, при этом образовался разветвленный мицелий, способствующий большому увеличению поглощающей способности корней.

Наши исследования подтверждают мнение о дубе как о древесной породе, обладающей высокой физиологической адаптивностью. Колебания ростовой активности корней, происходящие в противофазе с ростом побегов и листы в кронах, говорят о поддерживающей роли корней в устойчивости древостоев

при неблагоприятных воздействиях внешней среды.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (№ 09-04-00560).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Мамаев В.В.* Сезонные изменения биомассы молодых поглощающих корней дуба в южной лесостепи // Лесоведение, 2000, 4. С. 44-50.
2. *Мамаев В.В., Рубцов В.В., Уткина И.А.* Влияние дефолиации крон дуба на ростовую активность поглощающих корней в южной лесостепи // Лесоведение, 2001, 5. С. 43-49.
3. *Мамаев В.В., Рубцов В.В., Уткина И.А.* Сезонная динамика ростовой активности поглощающих корней при повторяющихся дефолиациях пойменных дубрав // Лесоведение, 2002, 5. С. 39-43.
4. *Рубцов В.В., Уткина И.А.* Адаптационные реакции дуба на дефолиацию. М.: Гриф и К, 2008. 302 с.
5. *Kosola K.R., Dickmann D.I., Paul E.A., Parry D.* Repeated insect defoliation effects on growth, nitrogen acquisition, carbohydrates, and root demography of poplars // Oecologia, 2001, 129: 65-74.

УДК 630.*

НАСЕКОМЫЕ КАК ФАКТОР ЛЕСООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА: ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЛЕС НА РАЗНЫХ ХАРАКТЕРНЫХ ВРЕМЕНАХ

В.Г. СУХОВОЛЬСКИЙ

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются особенности взаимодействия лесных насекомых с их кормовыми объектами – деревьями на разных характерных временах развития сукцессий, обсуждается возможная роль насекомых как факторов сукцессионного процесса.

Сукцессионные процессы в лесу можно классифицировать по характерному времени этих процессов и по их направленности, выражающейся в смене древесных пород в процессе сукцессий, изменении спектра возрастов деревьев в насаждении, изменении пространственной структуры насаждения. Сукцессионные процессы в лесу можно рассматривать как на малых, так и на больших характерных временах.

Своеобразие роли насекомых в сукцессионных процессах связано с характером их воздействия на древесные растения. При этом можно говорить о прямой и косвенной роли насекомых на больших и малых характерных временах сукцессий.

На малых характерных временах насекомые выступают как фактор повреждения и гибели деревьев и насаждений. Роль лесных насекомых при этом определяется особенностями изъятия биомассы у деревьев. Интенсивность воздействия насекомых при этом зависит от типа популяционной динамики конкретных видов [2]. Виды со стабильным типом динамики, изымая ежегодно около 5 % биомассы, слабо влияют на направленность и интенсивность сукцессионных процессов. Воздействие на лесные ценозы для видов с продромальным типом динамики численности уже могут повлиять на интенсивность сукцессионных процессов, изменяя пространственную структуру насаждения, вызывая появление разного рода «окон» в лесу, способствуя формированию разновозрастного насаждения. Такова, например, роль разреженных популяций черного пихтового усача [1].

Наконец, при воздействии на лес видов насекомых с эруптивным типом динамики возможны сильные повреждения деревьев. В ходе вспышек массового размножения такие виды, как сибирский шелкопряд, способны в течение одного сезона обесхвоить деревья и привести насаждение к гибели после однократного (у пихты сибирской) и дву- или трехкратного (у лиственницы сибирской) изъятия хвои. Такие кратковременные прямые воздействия насекомых, кардинально меняющие направленность текущих сукцессионных процессов, приводят насаждения к гибели и «сбрасывают» траекторию развития леса на ее начальный этап, когда на непокрытой лесом площади начинается конкуренция между травянистыми и древесными растениями за освободившуюся территорию и имеющиеся на ней ресурсы.

На больших характерных временах (десяtkи и даже сотни лет) после произошедших критических воздействий насекомые формально прямо не влияют на сукцессию: не происходит изъятия фитомассы в ощутимых масштабах, не гибнут массово деревья под воздействием вредителей и т.п. Однако во многих случаях возможно косвенное воздействие насекомых на ход сукцессионных процессов.

Так, можно говорить о том, что специфика лесовосстановления после полного уничтожения насаждения насекомыми существенно отличается от хода процессов восстановления после

катастрофических явлений других типов, таких, например, как пожар и ветровал, или восстановления после сплошных рубок. После вспышки массового размножения формируется специфическая траектория дальнейших сукцессионных процессов, и быстрое уничтожение насаждения насекомыми может достаточно долго сказываться на дальнейшей динамике растительности на территории. Так, наблюдается ситуация, когда после гибели насаждения лес на поврежденной территории не восстанавливается в течение десятилетий [6].

Локальные воздействия насекомых на отдельных этапах сукцессионного процесса, не приводящие к гибели всего насаждения, также могут изменить траекторию развития леса. Такие виды насекомых, как сосновая пяденица, способствуют разреживанию насаждения, проводя в нем своеобразные «рубки ухода» [7]. Такую же экологическую роль в лесообразовательном процессе играют и насекомые-вредители молодняков.

Воздействия насекомых сказываются также на специфике направленности и интенсивности процессов, связанных с выделением в атмосферу углерода и его депонированием в ценозе в ходе восстановительных сукцессионных процессов после сильных повреждений насаждений насекомыми [7, 9, 10].

В связи с этим представляется, что анализ процессов популяционной динамики и взаимодействия лесных насекомых с их кормовыми растениями, обыкновенно проводящийся на малых характерных временах (например, в период максимума вспышек массового размножения насекомых и непосредственно после затухания вспышки), необходимо дополнить анализом влияния лесных насекомых на ход лесообразовательных процессов на больших характерных временах. Если сукцессионные траектории будут устойчивы к начальным условиям, формирующимся после кратковременного воздействия насекомых, то в этом случае воздействия на лесные ценозы со стороны насекомых будут отражаться на сукцессионной динамике в течение длительного времени после окончания такого воздействия.

Безусловно, изучать медленно развивающиеся во времени процессы трудно (просто в силу того, что объектов, за которыми производятся наблюдения в течение длительного времени, очень мало). Однако именно такие воздействия, «память» о которых сохраняется в лесном ценозе в течение длительного времени, могут определять долгосрочную динамику лесного покрова – особенно в условиях изменяющегося климата, когда возможны значительные изменения частоты и интенсивности вспышек массового размножения лесных насекомых, которые могут привести как к усилению, так и к ослаблению воздействия насекомых и на краткосрочные, и на долгосрочные сукцессионные процессы в лесу [8].

Сложности же с накоплением данных прямых наблюдений воздействия насекомых на ход лесообразовательных процессов на разных характерных временах могут быть в определенной степени преодолены интенсификацией работы с математическими моделями, описывающими влияние насекомых на лесные сукцессии на разных характерных временах [3, 4, 5].

Работа поддержана РФФИ (грант № 08-04-00217).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ветрова В.П.* Воздействие на пихтовые древостои разреженных и повышено-плотных популяций большого черного хвойного усача // Лесоведение, 1986, 1. С. 43-50.
2. *Исаев А.С., Хлебопрос Р.Г., Недорезов Л.В., Кондаков Ю.П., Киселев В.В., Суховольский В.Г.* Популяционная динамика лесных насекомых. М.: Наука, 2001. 374 с.
3. *Исаев А.С., Суховольский В.Г., Хлебопрос Р.Г., Бузыкин А.И., Овчинникова Т.М.* Моделирование лесообразовательного процесса: феноменологический подход // Лесоведение, 2005, 1. С. 1-9.
4. *Исаев А.С., Суховольский В.Г., Овчинникова Т.М.* Феноменологические модели роста лесных насаждений // Журн. общ. биол., 2008, 1, с. 3-9.
5. *Исаев А.С., Суховольский В.Г., Бузыкин А.И., Овчинникова Т.М.* Сукцессионные процессы в лесных сообществах: модели фазовых переходов // Хвойные бореальной зоны, 2008, 1-2. С. 1-8.
6. *Кузьмичев В.В., Черкашин В.П., Корец М.А., Михайлова И.А.* Формирование лесов на шелкопрядниках и вырубках в верховьях р. Большая Кеть (Красноярский край) // Лесоведение, 2001, 4. С. 8-14.
7. *Пальникова Е.Н., Сви́дeрская И.В., Суховольский В.Г.* Сосновая пяденица в лесах Сибири. Новосибирск: Наука, 2002. 254 с.
8. *Пальникова Е.Н., Суховольский В.Г., Метелева М.К.* Влияние модифицирующих факторов на популяционную динамику лесных насекомых и развитие вспышек массового размножения // Лесоведение, 2006, 5. С. 29-35.
9. *Суховольский В.Г., Сви́дeрская И.В.* Эхо-эффекты радиального роста деревьев после вспышек массового размножения лесных насекомых // Моделирование неравновесных систем-2002. Красноярск, 2002. С. 157-158.
10. *Тарасова О.В., Суховольский В.Г., Ковалев А.В.* Моделирование эмиссии углерода в ходе массового размножения лесных насекомых // Лесоведение, 2006, 5. С. 22-28.

СОСНОВАЯ ПЯДЕНИЦА КАК ФАКТОР, ОБУСЛОВЛИВАЮЩИЙ ОСОБЕННОСТИ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ

М.Н. ЯГУНОВ, Е.Н. ПАЛЬНИКОВА

Сибирский государственный технологический университет, Красноярск

АННОТАЦИЯ

В работе рассматриваются особенности возобновления сосновых насаждений в очаге сосновой пяденицы, действовавшем в середине 70-х годов XX столетия. Проводится сравнительный анализ динамики возобновления насаждений в зависимости от интенсивности и характера санитарных рубок, проведенных на участках с максимальным уровнем повреждения вредителем.

Уникальные интразональные образования, которые получили название «ленточные сосновые боры Абакано-Минусинской котловины», занимают особое место в лесных экосистемах Сибири [10]. Лесные энтомовредители оказывают большое влияние на формирование данных древостоев. Ленточные боры Сибири входят в зону периодических вспышек массовых размножений сосновой пяденицы, шелкопряда-монашенки и сосновой совки [1, 3, 4, 5, 7, 8, 9]. Сосновая пяденица – один из наиболее массовых видов насекомых-филлофагов сосны. Пяденица имеет обширный ареал, в основном совпадающий с распространением сосны обыкновенной. Приуроченность к районам произрастания сосны обусловлена специфичностью экологического стандарта этого вида, развивающегося в относительно однородных ландшафтно-климатических условиях лесостепных боров [4, 9]. В условиях лесостепных боров Красноярского края сосновая пяденица является практически единственным видом филлофагов, дающим вспышки массового размножения [6].

В середине 70-х годов прошлого века сосновые насаждения Краснотуранского бора в центральной его части были сильно повреждены сосновой пяденицей, что привело к дальнейшему развитию очагов стволовых вредителей и гибели около 30 % деревьев в наиболее поврежденных участках древостоя. Основной отпад деревьев наблюдался в 1978 – 1981 гг. [6]. Анализ ведомственных материалов лесничества показал, что повреждений другими энтомовредителями, равно как и серьезных пожаров, на данной территории за прошедший период выявлено не было. На протяжении 30 лет (1978 – 2008 гг.) в наиболее поврежденных участках этих насаждений проводились выборочные санитарные рубки. Это привело к образованию двух зон.

В первой зоне происходила рубка отдельных деревьев, что привело к равномерному снижению полноты. В результате к 2008 году осталось около 58 % от числа деревьев, учтенных в 1978 году. Соотношение деревьев различных категорий состояния было следующим: деревья I категории – 86 %, II – 8 %, III – 5 %. Деревья IV, V, и VI категорий состояния отсутствовали. Таким образом, на данной территории под воздействием сосновой пяденицы, стволовых вредителей и антропогенного воздействия произошел отпад более 42 % деревьев. Оставшиеся деревья полностью восстановились, средняя категория состояния данного насаждения в настоящее время равна 1,2.

Во второй зоне вырубку проводили куртинами. В результате в основном полог образовались значительные «окна».

Как показали проведенные исследования, к 2008 году процесс возобновления соснового насаждения значительно отличался на участках с равномерным и куртинным прореживанием.

На участках с равномерным прореживанием (зона 1) подрост был представлен единично, располагался равномерно по всей площади или полностью отсутствовал. Подрост имел небольшую высоту, диаметр и возраст.

На участках с куртинным прореживанием (зона 2) присутствовали образовавшиеся после дефолиации пяденицей куртины подроста, приуроченные к местам рубок.

Нами была проведена сравнительная оценка состояния возобновления в зонах 1 и 2. Проведенные полевые исследования показали, что распределение подроста по высоте в этих зонах заметно отличается. В зоне 1 высота основной части (около 85 %) подроста не превышает 120 см. Лишь единичные деревья подроста достигают высоты 321-360 см. Средняя высота подроста составила $85,4 \pm 5,5$ см.

В зоне 2 подрост высотой до 120 см составляет около 50 %, оставшаяся часть представлена деревьями от 120 до 440 см. Единичные деревья подроста достигают высоты 681-720 см. Средняя высота подроста составила $156,9 \pm 9,2$ см.

В исследуемых участках насаждений практически отсутствует подрост старше 30 лет, то есть появившийся до повреждений пяденицей. Это объясняется тем, что в процессе развития очага массового размножения сосновой пяденицы весь подрост погиб в 1977 – 1979 гг.

Как показал анализ, возрастные характеристики подроста в исследуемых зонах отличаются. В зоне

1 основная масса подроста представлена 11-20-летними деревьями (рис. 1). В зоне куртинных рубок (зона 2) 10-30-летние деревья представлены в равном количестве. Это объясняется лучшими условиями для возобновления, возникшими после рубок. Основными факторами, повлиявшими на интенсивное возобновление в зоне 2, являлись образование «окон» и сдирание напочвенного покрова в процессе трелевки деревьев.

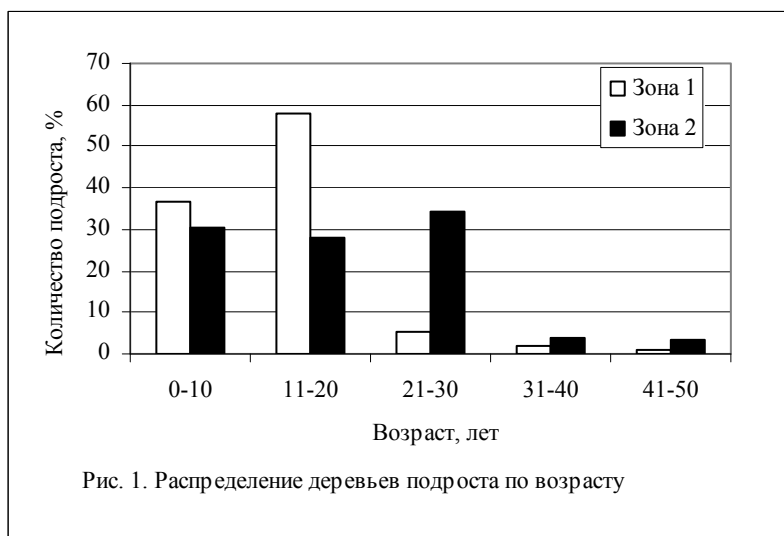


Рис. 1. Распределение деревьев подроста по возрасту

работе Е.Н. Иерусалимова [2]. Возобновление сосны в первой зоне заметно активизируется лишь через 10 лет (рис. 2).

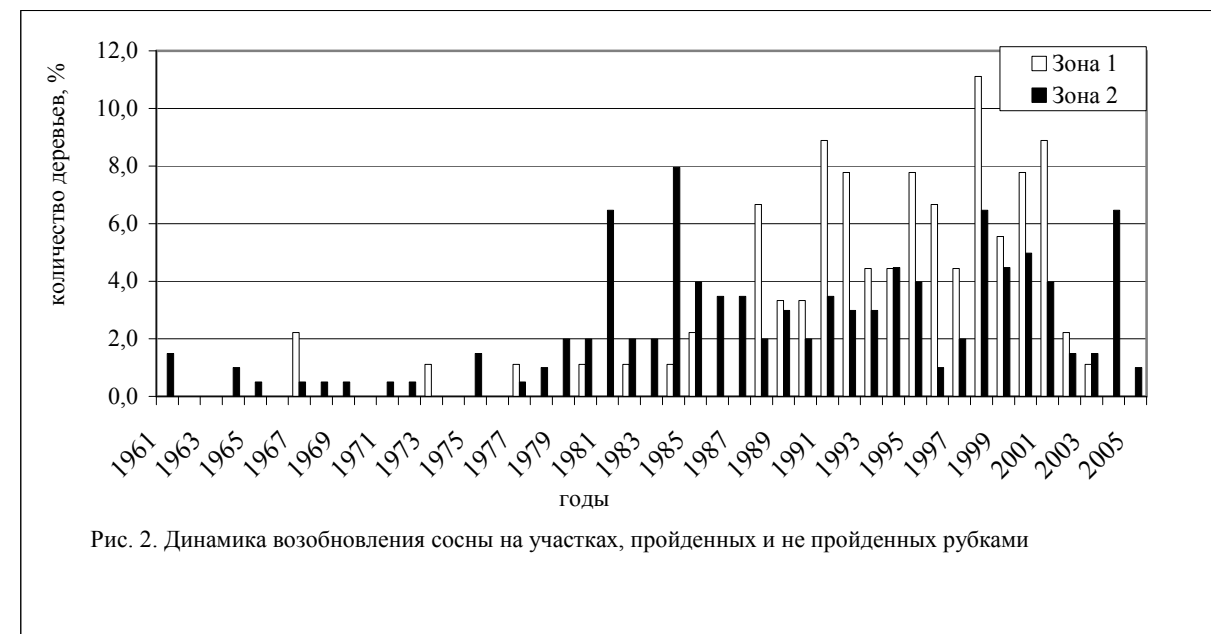


Рис. 2. Динамика возобновления сосны на участках, пройденных и не пройденных рубками

Во второй зоне наблюдаются выраженные пики появления подроста в 1981 и 1984 гг. Начиная с 1985 года динамику возобновления сосны в этой зоне можно охарактеризовать как более плавную (рис. 2). Это, вероятно, обусловлено тем, что густота образовавшихся куртин подроста сдерживает активное прорастание новых семян. В первой же зоне, где подрост представлен единично и располагается равномерно по всей площади, пики его появления могут быть связаны с годами плодоношения сосны.

Таким образом, через 30 лет после интенсивных повреждений насаждений сосновой пяденицей и дальнейшего антропогенного воздействия в Краснотуранском бору произошло формирование двух зон, отличающихся состоянием естественного возобновления. В зоне, где производилась вырубка отдельных погибших деревьев, несмотря на то, что осталось лишь 58 % деревьев основного полога, полнота насаждений остается высокой, что затрудняет процесс естественного возобновления и формирования благонадежного подроста. В зоне куртинных рубок к 2008 году сформировались куртины подроста 10-30-летнего возраста. Учитывая размеры куртин (протяженность некоторых из них достигает нескольких десятков метров), можно говорить о том, что на данном участке формируется разновозрастное

насаждение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров Н.Н. Вспышки вредных насекомых в ленточных борах // Лесное хоз-во, 1959, 7. С. 47-50.
2. Иерусалимов Е.Н. Зоогенная дефолиация и лесное сообщество. М.: КМК, 2004. 263 с.
3. Коломиец Н.Г. Закономерности массового размножения сосновой пяденицы в Западной Сибири и их практическое значение // Защита растений, 1977, вып. 2. Л.: РИО ЛТА. С. 61-63.
4. Кондаков Ю.П., Сорокопуд Е.Н. Сосновая пяденица в ленточных борах Минусинской котловины // Насекомые лесостепных боров Сибири. Новосибирск: Наука, 1982. С. 34-56.
5. Пальникова Е.Н. Ландшафтно-экологические особенности очагов массового размножения сосновой пяденицы в борах юга Сибири // Экологическая оценка местообитаний лесных животных. Новосибирск: Наука, 1987. С. 96-106.
6. Пальникова Е.Н., Свидерская И.В., Суховольский В.Г. Сосновая пяденица в лесах Сибири: экология, динамика численности, влияние на насаждения. Новосибирск: Наука, 2002. 232 с.
7. Прозоров С.С., Закревский Д.Ф. Вредители и болезни леса, их учет и борьба с ними. Красноярск: Красн. краевое гос. изд-во, 1939. 130 с.
8. Прозоров С.С. Шелкопряд монашенка (*Lymantria monacha* L) в сосновых лесах Западной Сибири // Тр. Сиб. лесотехн. ин-та, 1949, сб. 5, вып. 4. С. 14-72.
9. Прозоров С.С. Сосновая пяденица в лесах Западной Сибири. // Тр. СибЛТИ. 1956. Т. 12. С. 13-84.
10. Чередникова Ю.С. Растительность Минусинской впадины // Почвенные факторы продуктивности сосняков, 1976. Новосибирск: Наука. С. 20-36.

СПИСОК АВТОРОВ

- Аброскина Е.К. 23
 Аврова А.Ф. 25
 Акулов Е.Н. 397
 Алексеев В.А. 8
 Алексеенко А.Ю. 27
 Анискина А.А. 376
 Анюшин В.В. 346
 Афанасьева Л.В. 262
Бабенко А.С. 349
 Бабичев Н.С. 351
 Бабой С.Г. 303
 Бабушкина Е.А. 256
 Бажина Е.В. 184
 Баранник Л.П. 31
 Баранчиков Ю.Н. 351, 354, 363, 381, 397
 Барсукова А.В. 184, 219
 Баттисти А. 370
 Батура А.В. 276
 Батура И.В. 34
 Бендер О.Г. 282
 Бенькова А.В. 145
 Бенькова В.Е. 145, 178, 337
 Бескорвайная И.Н. 357
 Бисирова Э.М. 373, 386
 Бобкова К.С. 273
 Богомолов В.Ю. 58
 Богородская А.В. 234
 Борисов А.Н. 192
 Борхонов В.А. 340
 Бочарников М.В. 285
 Брюханов А.В. 37, 287
 Брюханова М.В. 40
 Бузыкин А.И. 42, 297
 Буланова О.С. 360
 Буренина Т.А. 237, 279
 Буряк Л.В. 45
Ваганов Е.А. 40
 Валендик Э.Н. 239
 Вараксин Г.С. 187, 202
 Вараксина С.Г. 202
 Василик Н.М. 230
 Васильева Г.В. 290
 Вдовина О.С. 363
 Ведрова Э.Ф. 242
 Велисевич С.Н. 282
 Верховец С.В. 254
 Власенко В.И. 49
 Волокитина А.В. 268
 Воронин В.И. 53
 Втюрина О.П. 56, 293
 Выводцев Н.В. 218
Генина Е.Ю. 58
 Гниненко Ю.И. 365
 Гордов Е.П. 58
 Горичев Ю.П. 61
 Горовой А.И. 218
 Грибов А.И. 245
 Гродницкая И.Д. 332, 368
 Гуров А.В. 370, 392
 Гурова Н.Н. 370
 Густафсон Э. 19
 Давыдычев А.Н. 61
 Данилин И.М. 173
 Данилов П.И. 198
 Деловеров А.Т. 216
 Демидко Д.А. 373, 386, 397
 Дмитриева А.В. 222
 Доржсүрэн Ч. 63
 Дробушевская О.В. 88
Евграфова С.Ю. 332, 376
 Елистратова Э.Н. 332
 Ермаков Н.Б. 66
 Ермолаев И.В. 379
 Ефремов С.П. 69
 Ефремова Т.Т. 25, 69
Жила С.В. 247
Заурер М. 330
 Зверев А.А. 96
 Зиганшин Р.А. 72
 Зиегвольф Р. 330
 Зорин Д.А. 379
 Зотикова А.П. 282
 Зубарева О.Н. 75, 141
 Зырянов В.И. 249
 Зырянова О.А. 189, 249
 Ибе А.А. 187
 Иваницкая А.С. 219
 Иванов В.А. 327
 Иванов В.В. 192
 Иванова Г.А. 247
 Иванова Ю.Д. 295, 309
 Ильиных А.В. 404
 Исаев А.С. 297
 Исмаилова Д.М. 78
Казанкин А.П. 253
 Каленская О.П. 45
 Калугина О.В. 262
 Караваев С.В. 218
 Карбаинов Ю.М. 72
 Карпенко Л.В. 300
 Карпюк Т.В. 317
 Квитко О.А. 317
 Керчев И.В. 397
 Кирдянов А.В. 256, 330
 Кириченко Н.И. 381
 Климченко А.В. 254
 Кнорре А.А. 256, 330
 Ковалев А.В. 335, 383
 Ковалева Н.М. 81
 Кожевникова Н.К. 259
 Колесникова Р.Д. 218
 Комова Г.А. 83
 Коневина К.С. 86
 Коновалова М.Е. 88, 303
 Корец М.А. 268
 Кофман Г.Б. 91, 303
 Кошкаров А.Д. 94
 Кошкарова В.Л. 94
 Кошурникова Н.Н. 254
 Кравченко А.Н. 200
 Кривец С.А. 373, 386, 397
 Кривобоков Л.В. 96
 Криницын Ю.О. 376
 Кузнецова В.В. 390
 Кузнецова Е.А. 290
 Кузьменко Е.И. 306
 Кузьмик Н.С. 86
 Кузьмин С.Р. 99
 Кузьмина Н.А. 195
 Кузьмичев В.В. 91
 Кукавская Е.А. 247
 Куприянов А.Н. 102
 Курхинен Ю.П. 198
Ларионова А.Я. 200
 Ларько А.А. 295, 309
 Лескова А.А. 351
 Линлен Х. 198
 Литвинова В.С. 187
 Лобанов А.И. 104, 202
 Лузганов А.Г. 154
 Люминарская М.А. 202
Малышев В.В. 311
 Мамаев В.В. 406
 Масягина О.В. 376
 Матвеев А.М. 107
 Матвеева Т.А. 107, 110
 Мелентьева Н.В. 25

- Милютин Л.И. 204
Милютина И.Л. 314
Михайлова Т.А. 262
Михеева Н.А. 96, 317
Моложников В.Н. 207
Морозова Т.И. 400
Москалюк Т.А. 113
Муратова Е.Н. 317
Мурзакматов Р.Т. 116
Мурзакматова Р.К. 116
Мухортова Л.В. 265
Назарова Ю.С. 392
Назимова Д.И. 78, 118, 303
Накай Н.В. 273
Накай Ю. 249
Наурзбаев М.М. 173, 178
Некрасова А.А. 337
Нестеренко О.И. 262
Николаев А.Н. 121, 124, 162
Николаева С.А. 320
Новикова Т.Н. 209
Овчинникова Н.Ф. 237, 309
Овчинникова Т.М. 42, 297, 383
Онучин А.А. 11
Орешкова Н.В. 200
Орлов А.М. 218
Осавелюк П.А. 287
Осколков В.А. 53
Осколкова Т.А. 400
Пальникова Е.Н. 394, 411
Пашенова Н.В. 332
Первунин А.В. 127
Перевозникова В.Д. 354
Петренко А.Е. 139
Петренко В.Д. 211
Петренко Е.С. 139
Петров Р.Н. 124
Петрова Н.А. 323
Петько В.М. 397
Пименов А.В. 317, 325
Плешанов А.С. 400
Поляков В.И. 187
Пономарев В.И. 404
Пономарев Е.И. 45, 327
Пономарева Т.В. 130
Попов А.Г. 290
Прилуцкий А.Н. 133
Прокушкин А.С. 330
Пшеничникова Л.С. 42
Рожков В.А. 14
Рок А. 392
Романова Л.И. 314
Рубцов В.В. 406
Савельев С.С. 219
Савин Е.Н. 104
Савчук Д.А. 320
Самсоненко С.Д. 167
Седельникова Т.С. 317, 325
Седых В.Н. 17, 136
Семечкин И.В. 139
Сидорова О.В. 330
Сизых А.П. 53
Симанько В.В. 178
Сиренко А.С. 219
Скрипальщикова Л.Н. 141
Слинкина О.А. 254
Собачкин Д.С. 145, 148, 151
Собачкин Р.С. 145, 148, 151
Соколов В.А. 56, 276
Соколов Г.А. 214
Соколов С.Л. 404
Сорокин Н.Д. 332
Сотниченко Д.В. 335
Софронов М. А. 268
Стасова В.В. 141
Стеценко С.К. 157
Суворова Г.Г. 216
Судачкова Н.Е. 314
Сухинин А.И. 45
Суховольский В.Г. 42, 297, 335, 383, 409
Тагильцев Ю.Г. 218
Тарасов П.А. 154
Тарасова О.В. 360
Тасейко О.В. 295
Татаринцев А.И. 141
Ташев Александр 337
Толкач О.В. 157, 404
Третьякова И.Н. 184, 219
Трефилова О.В. 159
Тришин Е.Г. 271
Уваровская Д.К. 218
Усольцев В.А. 273
Уткина И.А. 406
Уфимцев В.И. 31
Фарбер С.К. 34, 86, 271, 276, 279
Федоров П.П. 162
Федотова Е.В. 237
Фисенко М.И. 133
Фуряев В.В. 165, 167
Фуряев И.В. 167
Хертуев В.Н. 222
Хозяинов Е.Н. 287
Цветков П.А. 170
Цогт З. 173
Цыдыпова М.В. 340
Цыренова М.Г. 340
Черноусова Н.Ф. 157
Чижов В.А. 37
Чихачева Т.Л. 189
Чубугина И.В. 343
Шаталин Н.В. 404
Шашкин А.В. 178, 330
Швиденко А. 19
Шевляков Е.А. 279
Шишкин А.С. 225, 227, 279
Шишов В.В. 323
Шубалый А.М. 230
Шугалей Л.С. 181
Шульгина Т.М. 58
Экарт А.К. 200
Ягунов М.Н. 411

СПИСОК

городов и организаций, представленных на Всероссийской конференции
«Эколого-географические аспекты лесообразовательного процесса»

Абакан, Владивосток, Воронеж, с. Горнотаежное, Дивногорск, Екатеринбург, Иркутск, Кемерово, Красноярск, Кызыл, Лесосибирск, Луцк (*Украина*), Москва, Новосибирск, п. Новый (*Удмуртская Республика*), Орлеан (*Франция*), Падуя (*Италия*), Петрозаводск, Санкт-Петербург, София (*Болгария*), Сыктывкар, Томск, Улан-Батор (*Монголия*), Улан-Удэ, Уфа, Хабаровск, п. Хатанга (Красноярский край), Якутск

Зарубежные страны:

Австрия, Болгария, Италия, Монголия, США, Украина, Финляндия, Франция, Швейцария, Япония

Организации:

1. Institute for Applied Ecosystem Studies, USDA Forest Service, Northern Research Station, USA
2. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria
3. Байкальский центр информатизации бурятского региона, Улан-Удэ
4. Биолого-почвенный институт ДВО РАН, Владивосток
5. Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург
6. Ботанический сад-институт ДВО РАН, с. Горнотаежное
7. Бурятский государственный университет, Улан-Удэ
8. Воронежская государственная лесотехническая академия, Воронеж
9. Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, Москва
10. Горнотаежная станция ДВО РАН, с. Горнотаежное
11. Государственный биосферный заповедник «Таймырский», п. Хатанга, Красноярский край
12. Государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, Красноярск
13. ГОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет», Красноярск
14. ГОУ ДПО «Институт повышения квалификации руководящих работников и специалистов лесного хозяйства Сибири и Дальнего Востока», Дивногорск
15. Западно-Сибирский филиал Института леса им. В.Н.Сукачева СО РАН, Новосибирск
16. Институт аграрной энтомологии при Падуанском университете, Падуя, Италия
17. Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск
18. Институт биологии КНЦ УрО РАН, Сыктывкар
19. Институт биологии Уфимского НЦ РАН, Уфа
20. Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск
21. Институт биофизики СО РАН, Красноярск
22. Институт ботаники Академии наук Монголии, Улан-Батор, Монголия
23. Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск
24. Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск
25. Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск
26. Институт лесоведения РАН, Москва
27. Институт лесоводства и лесных продуктов, Япония
28. Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Якутск
29. Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск
30. Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ
31. Институт охотничьего и рыбного хозяйства Финляндии, Финляндия
32. Институт Пауля Шеррера, Швейцария
33. Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск
34. Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург
35. Институт экологии человека СО РАН, Кемерово
36. Иркутская государственная сельскохозяйственная академия, Иркутск
37. Иркутский государственный университет, Иркутск
38. Красноярский государственный агроуниверситет, Красноярск
39. Красноярский государственный торгово-экономический институт, Красноярск
40. Лесотехнический университет, София, Болгария
41. Луцкий национальный технический университет, Луцк, Украина
42. Международный научный центр исследования экстремальных состояний организма при президиуме КНЦ СО РАН, Красноярск
43. Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

44. МПР Свердловской области, отдел Госконтроля, Екатеринбург
45. Национальный исследовательский институт агрономии (INRA), научно-исследовательская станция лесной зоологии, Орлеан, Франция
46. Национальный парк «Нечкинский», п. Новый, Удмуртская Республика
47. ОАО «Лесосибирский ЛДК № 1», Лесосибирск
48. ООО «Бобровский лесокомбинат» Алтайского края
49. Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, Москва
50. Правительство Республики Тыва, Кызыл
51. Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Санкт-Петербург
52. Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск
53. Сибирский НИИ охотничьего хозяйства и звероводства, Красноярск
54. Сибирский федеральный университет, Красноярск
55. Сибирский центр климато-экологических исследований и образования, Томск
56. Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск
57. Томский государственный университет, Томск
58. Уссурийская астрофизическая обсерватория ДВО РАН, п. Горностаежное
59. ФГУ «ВОСТСИБЛЕСПРОЕКТ», Красноярск
60. ФГУ «Дальневосточный НИИ лесного хозяйства», Хабаровск
61. Филиал ФГУ Всероссийский НИИ карантина растений
62. Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, Абакан
63. Центр НИОКР Сибирского филиала Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, Красноярск
64. Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва
65. Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск
66. Южно-Уральский государственный природный заповедник
67. Якутский государственный университет им. М.К. Амосова, Якутск

ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛЕСООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Материалы Всероссийской конференции с участием иностранных ученых

23-25 сентября 2009 г., Красноярск

Компьютерная верстка И.А. Михайловой
Корректор Т.И. Алёшина
Художник-оформитель

Подписано в печать 20.08.2009 г.
Формат, Бумага тип. Печать офсетная. Уч.-изд. л.
Тираж 150 экз., заказ №

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН
660036, Красноярск, Академгородок, 50/28

Отпечатано в типографии «ДарМА-печать»
Академгородок, 50/28, г. Красноярск, 660036