

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИРОДЫ ПОЖАРОВ В СЕВЕРНОЙ ТАЙГЕ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

© П.А. Цветков

УДК 630*43

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

В статье приводится обзор результатов исследований природы лесных пожаров в северотаежных лесах Средней Сибири.

The article shows the results of the investigations of forest fires in northern taiga of Central Siberia.

Северотаежные леса Средней Сибири простираются полосой от берегов Енисея на западе до р. Лены на востоке. На севере они граничат с лесотундрой, на юге - доходят до р. Нижняя Тунгуска, местами опускаясь южнее. Эта территория находится в зоне распространения длительно-сезонной и многолетней мерзлоты. Породный состав лесов представлен в основном лиственницей, при этом около 83% площади занимают древостои с преобладанием лиственницы Гмелина и Каяндера [3].

В настоящее время признано, что экологическое значение северных лесных экосистем гораздо важнее их сырьевого потенциала. Северотаежные леса выполняют средообразующие и защитные функции, поддерживают и сохраняют хрупкое природное равновесие в экстремальных условиях Севера, являясь естественным стабилизатором окружающей природной среды [16], а также хранилищем органического углерода [30]. Их повреждение и уничтожение приводит к резкому изменению экологических условий, нарушению природного равновесия. Сырьевой же потенциал северотаежных лесов характеризуется мелкотоварностью древостоев, низкими запасами древесины, рассредоточенностью по площади. При этом северные территории отличаются труднодоступностью, практически полным отсутствием дорог.

Большие площади лишайниковых лиственничных лесов являются пастбищами северных оленей. Они имеют исключительное охотничье-промысловое значение как кормовые угодья для диких животных и места их обитания.

Наряду с этим лесные экосистемы высоких широт имеют огромное социальное значение, представляя собой среду проживания коренных народов Севера, основу сохранения и развития их традиционных промыслов, национальных обычаев и самобытной культуры.

Известно, что северные леса являются чрезвычайно уязвимыми экосистемами. Под влиянием внешних стрессовых воздействий они на длительное время могут деградировать, терять свою стабильность, утрачивать экологический потенциал [9; 1; 49; 50]. Одним из главнейших факторов, оказывающих глубокое и всестороннее влияние на леса Севера в течение всей истории их существования, являются пожары. Считается, что современные лесные экосистемы почти все послепожарного происхождения, или же сформировались под влиянием неоднократного огневого воздействия. Установлено, что пожары от молний сопровождали развитие растительного покрова со времени возникновения близких к современным климатическим условиям, т.е. на протяжении сотен тысячелетий [12]. Практически нет ни одного участка леса, который в тот или иной период времени не испытал бы пирогенного воздействия. В качестве подтверждения сошлемся на В.В. Фурьева [32; 35], по данным которого в центральной части бассейна Подкаменной Тунгуски почти на 100% территории насаждения являются послепожарными производными типами леса. Они возникли и сформировались в результате неоднократно повторяющихся в прошлом пожаров и вызываемых ими пирогенных сукцессий. В целом же автор считает, что всю зону тайги можно рассматривать как территорию, на различных участках которой в течение сотен лет периодически возникали лесные пожары. Поэтому современные насаждения, по существу, представляют собой определенные этапы восстановительных послепожарных сукцессий.

Возникающие пожары нарушают непрерывность природных процессов, являясь фактором их дестабилизации. По мере хозяйственного освоения северных территорий повышается горимость лесов, что вызывает необходимость усиления их охраны. Наряду с решением экономических вопросов по организации лесопожарной охраны, необходима научная разработка проблемы.

Задачи исследования природы пожаров в лесах на многолетней мерзлоте в систематизированном виде впервые были сформулированы Н.П. Курбатским и П.А. Цветковым [13]. За истекший период в северной подзоне тайги были проведены многочисленные маршрутные и стационарные исследования по различным аспектам природы лесных пожаров. В связи с этим назрела необходимость обобщения полученных результатов.

В данной статье приводится краткий обзор основных публикаций с элементами анализа итогов исследований по рассматриваемой проблеме. Большинство работ касается западной части северной тайги Средней Сибири, лежащей в административных границах Красноярского края.

Первая, известная нам работа, посвященная изучению пожаров в северотаежных лесах Красноярского края появилась в конце пятидесятых годов прошлого столетия [7]. В ней рассматривались Нижне-тунгусские лесные пожары и особенности борьбы с ними.

Через 15 лет были опубликованы статьи, посвященные изучению пожаров и их последствий в районе падения Тунгусского метеорита [11; 33; 34]. Но эти работы были единичны и долгое время не получали своего продолжения. Однако очевидная актуальность вопроса обусловила проведение длительных маршрутно-стационарных лесопирологических исследований в лесах высоких широт данного региона. Планомерное, целенаправленное изучение природы пожаров в северных лесах было начато в конце семидесятых - начале восьмидесятых годов XX столетия сотрудниками Института леса и древесины им. В.Н. Сукачева СО АН СССР и Сибирского технологического института. Несколько позднее были развернуты широкомасштабные комплексные исследования природы северных лесов, включая пожары в них, с участием иностранных специалистов, прежде всего японских. Появился ряд совместных публикаций, посвященный различным вопросам природы пожаров в лесных экосистемах Севера [49-56].

Как известно, понятие «природа пожаров» включает в себя процессы их *возникновения, распространения, развития* и *последствий* [10]. В разрезе этих процессов рассмотрим основные результаты

лесопирологических исследований в северотаежных лесах Средней Сибири.

Как уже отмечалось, леса севера занимают огромные территории. Они крайне неоднородны, следовательно, факторы, определяющие природу лесных пожаров также различны. Поэтому одной из основных и первоочередных задач общего характера являлось выполнение лесопирологического районирования территории. Такое районирование было разработано М.А. Софроновым и А.В. Волокитиной [27; 28]. Оно предполагает деление территории на относительно однородные в пирологическом отношении части независимо от административно-хозяйственных границ. Эти части лесной территории со сходными пирологическими характеристиками, отражают условия возникновения, распространения, развития пожаров, а также их последствия и специфику охраны лесов.

Вопрос *возникновения* пожаров необходимо рассматривать во временном и территориальном аспектах, а также в связи с пожарным созреванием лесных горючих материалов и с учетом источников огня. Так, за период с 1979 по 1994 гг. наиболее горимыми были 1979, 1983-85 и 1992 годы [6]. В это время возникало по 150-190 пожаров в год. Всего же за данный период зарегистрировано около 1500 пожаров. Относительная горимость составила 0,034%, а частота пожаров - 0,8 случая на 100 тыс. га [45; 46]. Эти показатели характеризуют горимость северотаежных лесов как умеренную. Однако в них не заложены данные о пожарах в неохраемых лесах из-за отсутствия сведений. Поэтому истинная горимость северных лесов значительно выше. Так, на основе контурного дешифрирования космоснимков было установлено [46], что средняя площадь одного пожара достигает почти 8 тыс. га, а общая ежегодная - 430-450 тыс. га. В экстремальные годы, нередко случаи, когда площадь одного пожара превышает 100 тыс. га. Такие сезоны наблюдаются не менее 2 раз в десятилетие и повторяются иногда 2-3 года подряд [6].

Повторяемость пожаров на севере региона - 80-150 лет, в центральной и южной частях - 60-80 лет [2, 42].

Пожароопасный сезон в северной тайге длится от 51 до 81 дня. Средние многолетние данные о горимости лесов свидетельствуют, что максимальное число пожаров (38%) и площадь, пройденная огнем (55%) приходятся на июль [40]. Это объясняется смещением фенологической весны на первый летний

месяц, что влечет за собой и смещение пожарного максимума. Заметим, что такое смещение является характерной особенностью пожароопасного сезона для всей территории подзоны северной тайги.

Основной причиной пожаров в северной тайге являются грозы. Грозовая активность в северных районах Средней Сибири неодинакова. Как установлено [5], она возрастает в направлении с севера на юг, что связано с ростом температуры и влажности воздуха. Составлена карта-схема природной грозопожароопасности лесных участков. Кроме того, оказалось, что лиственница является самой молниеподобной сибирской древесной породой. Исследованиями установлено [8], что из 100 ударов молний в деревья на долю лиственницы приходится 45. При этом в 41% числа случаев при поражении лиственницы молнией возникали лесные пожары. Все другие лесообразующие породы Сибири поражаются молнией в меньшей степени, нежели лиственница. Особенно подвержены поражению сухостойные деревья. На их долю падает до 80% загораний после ударов молнии, в то время как на живые - только 10%. Наибольшее число возникших от молний пожаров приходится на лиственничники, расположенные на равнинных частях рельефа - 50%. Больше половины числа пожаров от молний (54%) возникает в преобладающих на севере Средней Сибири лишайниковых и лишайниково-зеленомошных типах леса.

Число антропогенных источников огня в северных лиственничниках небольшое из-за очень низкой плотности населенности - менее 0,02 человека на 1 км². Закономерности территориальной приуроченности пожаров по вине населения существенно не отличаются от общеизвестных. Пожары здесь в основном возникают вблизи от населенных пунктов и по берегам крупных рек [7]. Около 26% всех пожаров возникает в районах проведения буровых работ [14], то есть в местах нахождения людей. По мере хозяйственного освоения северных территорий следует ожидать увеличения числа лесных пожаров по вине человека. Поэтому темпы развития охраны лесов должны опережать темпы их хозяйственного освоения.

Как известно, важнейшим фактором, обуславливающим возникновение пожаров, являются состав и запасы комплексов наземных лесных горючих материалов (НЛГМ), которые в своей совокупности формируют определенную пирологическую

структуру лесов. При этом важное значение имеет скорость пожарного созревания НЛГМ до состояния, когда они могут гореть. Исследование этого вопроса сопряжено с проведением длительных стационарных наблюдений. В связи с чем, данные о пожарном созревании весьма немногочисленны и относятся в основном к районам центральной Эвенкии в Красноярском крае. Были вскрыты особенности достижения состояния пожарной зрелости отдельными типами лиственничных лесов. Экспериментально доказана возможность доувлажнения основных проводников горения путем капиллярного подъема влаги в надмерзлотном слое почвы, а также диффузии паров воды из воздуха [47].

Многими исследователями установлено, что северотаежные лиственничники не отличаются большим лесотипологическим разнообразием. Доминируют в регионе кустарничково-лишайниковые, кустарничково-зеленомошные, кустарничково-моховые типы леса, на долю которых приходится около 90% лесной площади, а также кустарничково-разнотравные и сфагновые типы. Доля остальных незначительна [2]. Вследствие этого лесные участки достигают состояния пожарной зрелости примерно в одинаковые сроки. Наиболее пожароопасные типы (лишайниковые, голубично-лишайниковые и др.) могут гореть уже через 1-2 дня после дождя. А наименее опасные (сфагновые, бруснично-моховые и др.) достигают пожарной зрелости через 10-15 дней. На основе этих данных составлена шкала природной пожарной опасности для лиственничных лесов центральной Эвенкии, которая может быть использована в целях прогнозирования возникновения пожаров [47]. Позднее эта шкала была дополнена коэффициентами пожарной опасности по лесорастительным условиям с разбивкой лиственничных лесов на классы пожарной опасности [40].

При дальнейших исследованиях необходимо разработать шкалы очередности пожарного созревания основных типов северных лесов Средней Сибири, что позволит распределить их по степени пожароопасности. Это послужит основой для проектирования патрульных маршрутов лесной авиации с целью своевременного обнаружения и тушения возникших пожаров.

В целом анализ публикаций позволяет заключить, что возникновению пожаров в северотаежных лиственничных лесах способствует малое лесотипологическое разнообразие, небольшое количество осадков,

высокая дневная температура и низкая влажность воздуха, продолжительный световой день. Благодаря этим особенностям лесные горючие материалы быстро высыхают, достигая пожарнозрелого состояния. В сочетании с очень низким уровнем охраны лесов, это является основной причиной того, что пожары на севере охватывают большие территории.

Исследование особенностей распространения лесных пожаров имеет большое практическое значение. Как свидетельствуют наблюдения и официальная статистика, в северных лиственничниках преобладают низовые пожары средней силы. Установлено, что на условия распространения пожаров в лиственничных лесах мерзлотной зоны оказывают влияние повышенные запасы лесных горючих материалов, наличие воды и мерзлоты у поверхности почвы, более низкие температуры почвы и напочвенного слоя воздуха [24].

Известно, что одним из главных параметров любых пожаров является скорость их распространения. Наблюдения показали, что в сухих типах леса (лишайниковые, мохово-лишайниковые и др.) пожары распространяются быстро. Они имеют беглый характер, часто с вытянутыми контурами. В более же влажных типах (моховые, мохово-кустарничковые, сфагновые и др.) скорость распространения горения значительно ниже. Пожары отличаются устойчивым горением и сильнее воздействуют на все компоненты лесного биогеоценоза. Устойчивый режим горения в значительной степени обусловлен повышенными запасами напочвенных ЛГМ. Так, установлено, что масса НЛГМ в доминирующих типах леса варьирует от 5,4 кг/м² на юге региона до 12,1 кг/м² на севере. Причем, в комплексе НЛГМ преобладает лесная подстилка. На долю ее приходится от 61 до 74% и горит она медленно [42].

В результате проведенных экспериментов по имитации низового пожара разработаны полуэмпирические многофакторные линейные модели распространения фронтальной кромки пожара в лиственничных лесах на многолетней мерзлоте [15]. В качестве основных факторов, влияющих на скорость распространения пожаров, выбраны: скорость ветра на высоте напочвенного покрова, влагосодержание проводников горения, глубина залегания многолетней мерзлоты, запас проводников горения, плотность их слоя, крутизна склона. Из перечисленных

факторов влагосодержание и плотность проводников горения находятся в обратной зависимости со скоростью распространения огня, остальные - в прямой. Получены уравнения для моделирования распространения пожара в лиственничниках лишайниковой и зеленомошной групп типов леса центральной Эвенкии. Выяснено, что максимальное влияние на распространение пожара оказывают скорость ветра и глубина залегания многолетней мерзлоты. Установлена тесная корреляционная связь между скоростью распространения фронтальной части кромки пожара и ее шириной. Это позволяет определять скорость продвижения кромки через её ширину, что важно при задымлении фронта пожара. Экспериментально определены скорости распространения фронтальной кромки пожара, которые в различных типах леса варьируют от 0,14 до 1,42 м/мин. При этом ширина кромки изменяется в пределах 0,13-1,84 м, а глубина прогорания - от 2,5 до 20 см.

Важную роль для ограничения распространения пожаров играет расчлененность территории различными барьерами. Она представляет собой совокупность естественных (реки, ручьи, каменные россыпи, сырые лощины и т.д.) и искусственных (дороги, просеки, противопожарные разрывы, минерализованные полосы, линии ЛЭП и т.д.) барьеров или преград [27; 28]. Природные барьеры, расчленяющие территорию, препятствуют распространению пожаров, а также могут служить опорными рубежами при пуске отжига и проведении других противопожарных мероприятий. Расчлененность оценивается средним расстоянием (R) между упомянутыми барьерами. Авторы выделяют пять категорий расчлененности территорий: очень сильно расчлененные - $R < 0,5$ км; значительно расчлененные - $R = 0,5-1,5$ км; умеренно расчлененные - $R = 1,6-5,0$ км; слабо расчлененные - $R = 5,1-15,0$ км и практически нерасчлененные - $R > 15$ км.

Искусственные противопожарные барьеры в северотаежных лесах практически отсутствуют. Расчлененность же естественными барьерами неравномерная - от 3-6 до 20 км и более [27]. В целом расчлененность Средне-Сибирской лесопирологической области оценивается как слабая.

Вопрос развития низовых пожаров в верховые и почвенные в северотаежных лесах является наименее исследованным и наиболее дискуссионным. Отдельные наблюдения и

отрывочные литературные сведения позволяют сказать следующее.

Из-за изреженности северных лиственничных лесов верховые пожары в обычном их виде возникают чрезвычайно редко. Отсутствие сомкнутости древесного полога исключает возможность продвижения по нему пламени. Однако огонь в кроны подниматься может. Этому способствуют повышенные запасы НЛГМ, небольшая высота древостоев, отслаивающаяся корка на стволах лиственницы, низко опущенные ветви, свисающие с них эпифитные мхи и лишайники. При этом возникают своеобразные вершинные пожары без продвижения пламени по пологу, что является региональной особенностью природы пожаров в северотаежных лесах. Исключение составляют участки сомкнутых насаждений в речных долинах, где продвижение верхового огня по пологу древостоя возможно.

В силу повышенных запасов НЛГМ и, прежде всего, мощного слоя лесной подстилки в северной тайге Средней Сибири имеются предпосылки для развития низовых пожаров в почвенные. Специально этот вопрос никем не исследовался. Единичные данные свидетельствуют, что возникновение почвенных пожаров возможно в равнинной местности и в межгорных котловинах, когда горение заглубляется в подстилку и торфянистый горизонт [24]. При этом наблюдается беспламенное горение - тление, продолжительность которого значительно больше времени пламенной фазы, что увеличивает термическое воздействие на лесные экосистемы.

Для исследования возможностей и механизмов развития низовых пожаров в верховые и почвенные в зоне распространения многолетней мерзлоты необходимы дальнейшие наблюдения и эксперименты.

Последствия пожаров в северной подзоне тайги Средней Сибири исследованы наиболее подробно. Так, в последнее время получены количественные данные о составе, структуре и запасах комплексов лесных горючих материалов в разрезе отдельных стадий послепожарного формирования лиственничников зеленомошной группы типов леса [42]. Выявлены пожарные эмиссии углерода, которые составляют около 30 т/га, что объясняется большой массой сгорающих при пожарах НЛГМ [31].

Основными видами пирогенных повреждений северотаежных лиственничников являются повреждения корней, стволов и

крон. При этом весенне-летние пожары наносят больший ущерб северным лесами, чем осенние, что объясняется возрастанием устойчивости деревьев к термическому воздействию в период прекращения роста хвои и побегов [18].

Повышенные запасы НЛГМ и высокая ранимость северных экосистем обуславливают особенно губительные эколого-лесоводственные последствия пожаров. Древостои нередко усыхают частично или полностью после низового огня средней и даже слабой интенсивности [36; 39]. Отмечено, что определение послепожарного отпада в северотаежных лиственничниках по существующим таблицам значительно его занижает [22]. Повышенный отпад объясняется слабой устойчивостью северных экосистем к воздействию внешних факторов. Разработана новая шкала потерь от пожаров, содержащая три степени повреждения: слабую, среднюю, сильную.

Для прогноза послепожарного отпада и оценки возможного ущерба построена многомерная регрессионная модель [25]. Модель учитывает силу пожара, мерзлотный пояс, группу типов леса и средний диаметр древостоя. С ее помощью получены основные закономерности, показывающие увеличение отпада по мере снижения среднего диаметра древостоя, рост процента отпада при переходе от южного мерзлотного пояса к северному и другие. Разработаны также регрессионные модели, дающие возможность прогнозирования конечных значений послепожарного возобновления с целью оценки перспектив восстановительной динамики лиственничников на многолетней мерзлоте.

Проведено исследование формирования нагара в лиственничных лесах центральной Эвенкии [38; 43]. Получены уравнения зависимости высоты нагара от высоты пламени и диаметра дерева. Показано, что данные зависимости лучше всего аппроксимируются полиномиальными уравнениями. Установлено возрастание разности высот нагара с заветренной и наветренной стороны ствола по мере увеличения его диаметра, что удовлетворительно аппроксимируется уравнением прямой. А между максимальной высотой нагара и диаметром дерева выявлена экспоненциальная зависимость.

После пожаров ослабленные древостои нередко подвергаются нападению стволовых вредителей. Из выявленных 12 видовксилофагов наибольшая плотность заселения отмечена малым хвойным усачом, лиственничным короедом и лиственничной златкой

[18; 47]. Следовательно, стволые энтомовредители представляют собой дополнительную угрозу северотаежным лесам после пожаров.

Исследована послепожарная динамика эдафических условий. Установлено позитивное влияние низовых пожаров на верхние горизонты почвы в первые 10 лет, которое выражается в снижении кислотности, повышении содержания элементов питания и степени прогревания корнеобитаемого слоя [26]. Пожары оказывают минерализующее и мелиорирующее воздействие. При этом наиболее оптимальные гидротермические и трофические условия, в случае бугристо-западного микрорельефа, формируются мозаично и приурочены, в основном, к небольшим микропонижениям.

Установлено, что степень влияния лесных пожаров на почву зависит от механического состава и влажности, от интенсивности пожаров и времени их действия [29]. В северной тайге низовые пожары высокой интенсивности существенно трансформируют физические свойства почв. Наблюдается повышение удельной и объемной масс почв, их уплотнение. Ухудшаются условия аэрации в верхнем почвенном горизонте. Вместе с тем после пирогенного воздействия происходит снижение кислотности, увеличивается содержание кальция и подвижных форм элементов минерального питания растений.

Наблюдения на горях разных лет показали, что глубина оттаивания почвы в первую очередь зависит от силы пожара и типа леса. По данным П.М. Матвеева [17; 19] после сильных низовых пожаров оттаивание увеличивается примерно в 2 раза, после слабых - на 8-15%. В сухих типах леса глубина оттаивания после пожаров слабой и средней силы незначительно отличается от контроля и через 2-3 года эта разница исчезает. Во влажных же типах различие сохраняется до 5-6 лет.

По нашим наблюдениям [37] уровень залегания многолетней мерзлоты после средних по силе пожаров в 1,3-1,7 раза ниже, чем на негоревших участках. Сохраняется эта разница около 20 лет и тесно связана с темпами восстановления мохово-лишайникового покрова. Очевидно, что вопрос требует дальнейших исследований.

В зоне распространения многолетней мерзлоты пожары нередко вызывают явления термокарста, солифлюкции, образование курумников [4]. Отмеченные мерзлотные процессы занимают иногда до 40%

территории. Кроме того, в экстремальных природно-климатических условиях северной тайги лесные пожары способствуют заболачиванию территории.

Влияние пожаров на подчиненные ярусы растительности проявляется по-разному. Послепожарная динамика лесного покрова зависит от вида и силы пожара, лесорастительных условий, наличия семенников и ряда других факторов. Обобщая результаты различных исследований по данному вопросу, можно отметить следующее.

Анализ изменения видового состава и ценотической роли подроста, подлеска, травяно-кустарничкового яруса и мохово-лишайникового покрова проводился многими исследователями [23; 20; 21; 22; 2; 4; 36; 37; 39; 44; 48]. Установлено, что после сильных и средних по силе низовых пожаров подрост и подлесок обычно погибают. После слабых пожаров - частично сохраняются, но их жизненное состояние очень угнетенное. Выявлено стимулирующее влияние пожаров на процессы естественного возобновления. На горях создаются благоприятные условия для появления, роста и развития молодого поколения лиственницы Гмелина. Поэтому ее послепожарное возобновление обычно хорошее.

Выявлена экологическая роль мохово-лишайникового покрова в лиственничных лесных экосистемах северной подзоны тайги [54]. Разработаны рекомендации по проведению контролируемых выжиганий в целях повышения потенциальной продуктивности лесных экосистем Севера. Выгорание живого напочвенного покрова отличается мозаичностью, что обусловлено неоднородностью микрорельефа, запасов и влажности напочвенных горючих материалов, погодных условий во время пожара, другими факторами.

Большое теоретическое и практическое значение имеет знание устойчивости древесных пород к пожарам на разных уровнях биологической организации: организменном, ценотическом и экосистемном. Оно необходимо для оценки санитарного состояния лесов, их экологического потенциала, проведения экологических экспертиз, прогнозирования послепожарных последствий, разработки хозяйственных рекомендаций. В связи с этим проведены исследования, в результате которых сформулировано представление о пирогенных свойствах древесных пород как комплексе морфологических и физиолого-биохимических

адаптации, выработанном под воздействием пожаров в процессе эволюции [43]. Это понятие интегрирует огнестойкость деревьев, пожароустойчивость насаждений и пирофитность формаций в некое единство - адаптивный потенциал, т.е. способность вида приспосабливаться к прямому и косвенному воздействию пожаров на организменном, ценотическом и экосистемном уровнях. Показано, что пирогенные свойства древесных растений являются понятием историческим и эколого-географическим.

Исходя из представлений о пирогенных свойствах, на большом фактическом материале доказано, что деревья и насаждения лиственницы Гмелина в подзоне северной тайги Средней Сибири характеризуются низкой огнестойкостью и пожароустойчивостью по сравнению с более южными районами. Это является региональной особенностью, т.к. обычно лиственница считается устойчивой к пирогенному воздействию. Вместе с тем, лиственница Гмелина сохраняет свой ареал, что объясняется высокой пирофитностью лиственничной формации [37; 41; 43], которая обусловлена высокой степенью биоэкологической адаптации ее к условиям гаревого экотопа.

Важной характеристикой послепожарных поколений древесных пород является ход роста. Выявлено, что в начальный период жизни (40-50 лет) лиственница отличается быстрым ростом, как в высоту, так и по диаметру [44]. Объясняется это биологическими особенностями породы, а также благоприятными экологическими условиями, сформировавшимися после пожара. Аналогичные данные получены и в других регионах страны, например, в Якутии [48].

Оценивая интегральную роль пожаров, П.М. Матвеев [22] указывал, что сильные пожары, как правило, губительны для лиственничников таежной зоны. Слабые же, а иногда и средние по силе пожары могут оказывать положительное влияние на отдельные компоненты лесных биогеоценозов. Это подтверждается и результатами многих других работ.

Подводя итоги основным пироэкологическим исследованиям в северотаежных лесах Средней Сибири, отметим, что за последние 25-30 лет в изучении природы этих лесов и пожаров в них достигнут значительный прогресс. При этом вскрыта специфика лесных экосистем высоких широт, установлены

основные закономерности возникновения, распространения и развития лесных пожаров, а также их последствий.

Обобщая, можно выделить следующие основные результаты исследований природы пожаров в северной тайге Средней Сибири.

Леса северо-западной части Средней Сибири представлены в основном лиственницей Гмелина. Пожары играют определяющую роль в возникновении, распространении и динамике северотаежных лесов. Их следует считать неизбежным, эколого-эволюционным фактором формирования лесных экосистем и учитывать их долговременное значение.

Установлено, что интегральная роль пожаров в северотаежных лиственничниках неоднозначна. Сильные пожары, обычно губительны для северных лесных экосистем. Слабые и средние по силе пожары могут иметь позитивное экологическое значение.

Выполнено лесопирологическое районирование таежной зоны.

Выявлены основные пироэкологические особенности северотаежных лиственничников, к которым относятся:

- высокая природная пожарная опасность, обусловленная повышенными запасами напочвенных горючих материалов в силу замедленных процессов деструкции органического вещества, повсеместной представленностью в составе НЛГМ проводников горения;
- быстрое и примерно одновременное созревание лесных участков до состояния пожарной зрелости из-за небольшого типологического разнообразия лесов, низкой сомкнутости древесного полога, длительного светового дня;
- короткий пожароопасный сезон, смещение максимума горимости как по числу пожаров, так и по площади, на середину лета;
- низкая горимость лесов по числу пожаров и высокая - по площади, охватываемой огнем;
- низкая антропогенная пожарная опасность, т.к. плотность населения в регионе ничтожно мала, поэтому основной причиной возникновения пожаров являются молнии, а лиственница Гмелина - самая молниеопасная древесная порода Сибири.

Разработаны полуэмпирические многофакторные линейные модели распространения фронтальной кромки пожара. Для прогноза послепожарного отпада и естественного возобновления построены регрессионные модели, позволяющие оценить

вероятный ущерб и восстановительную динамику северотаежных лиственничников.

В условиях северной тайги Средней Сибири исследованы адаптивные реакции лиственницы Гмелина к пожарам на уровнях отдельного дерева, насаждения и лесной формации, которые обозначаются терминами «огнестойкость», «пожароустойчивость» и «пирофитность», соответственно. Совокупность этих реакций объединены понятием «пирогенные свойства», которые представляют собой комплекс морфологических и физиолого-биохимических адаптаций, выработанный в процессе эволюции под воздействием лесных пожаров, и направленный на сохранение вида. Данное понятие интегрирует отмеченные термины в некое единство - адаптивный потенциал, т.е. способность вида приспосабливаться к прямому и косвенному воздействию пожаров на различных уровнях биологической организации.

Выявлен механизм удержания лиственницей Гмелина жизненных позиций в условиях криолитозоны при воздействии пожаров. Он определен как последовательность проявления видом комплекса биолого-экологических свойств: нетребовательность к жизненным ресурсам; долговечность; эксплерентность подроста; патиентность древостоя; высокая природная пожарная опасность. Выработано экологическое понимание вопроса устойчивости лиственницы Гмелина к воздействию лесных пожаров в экстремальных условиях криолитозоны Средней Сибири. В его основе лежит комплексная оценка пирогенных свойств вида на организменном, ценотическом и экосистемном уровнях биологической организации.

Северотаежные леса Средней Сибири в настоящее время характеризуются чрезвычайно низким уровнем ведения хозяйства. Охрана их от пожаров практически отсутствует. Вместе с тем наблюдается тенденция роста темпов освоения северных территорий и, как следствие, - повышение пожароопасности лесов. В связи с этим все более актуальной становится проблема организации системы их охраны. Стратегия сохранения лесов высоких широт должна сочетать в себе как учет позитивной роли огня, так и организацию охраны их от пожаров, где это необходимо. Такой подход можно считать элементом концепции пожароуправления.

Библиографический список

1. Абаимов, А.П. Лиственничные леса и редколесья Севера Сибири: автореф. диссерт. ... докт. биол. наук: 03.00.16, 03.00.05 / А.П. Абаимов. - Новосибирск. - 1997. - 32 с.
2. Абаимов, А.П. Краткий очерк лесов северо-востока Эвенкии / А.П. Абаимов, А.И. Бондарев, П.А. Цветков // Северные леса: состояние, динамика, антропогенное воздействие: сб. ст., Ч. II. - М.: 1990. - С. 3-12.
3. Абаимов, А.П. Современные представления о лиственницах Сибири и проблемы их изучения / А.П. Абаимов, Л.И. Милютин / Проблемы дендрологии: сб. ст. - Новосибирск, 1995. - С. 41-60.
4. Абаимов, А.П. Эколого-фитоценологическая оценка воздействия пожаров на леса криолитозоны Средней Сибири [Текст] / А.П. Абаимов, С.Г. Прокушкин, О.А. Зырянова // Сибирский экологический журнал. - 1996. - т. III. - № 1. - С. 51-60.
5. Иванов, В. А. Методологические основы классификации лесов Средней Сибири по степени пожарной опасности от гроз. Автореф. диссерт. ... докт. с.-х. наук: 06.03.03 / В.А. Иванов. - Красноярск. - 2006. - 42 с.
6. Иванова, Г.А. Экстремальные пожароопасные сезоны в лесах Эвенкии [Текст] / Г.А. Иванова // Сибирский экологический журнал. - 1996. - № 1. - Т. III. - С. 29-34.
7. Корнильев, Н.В. Нижне-тунгусские лесные пожары и особенности борьбы с ними [Текст] // Н.В. Корнильев // Лесной журнал. - 1959. - № 5. - С. 30-34.
8. Коршунов, Н.А. Лесные пожары от молний на территории Красноярского Приангарья: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03. / Н.А. Коршунов. - Красноярск, 2002. - 26 с.
9. Крючков, В.В. Север на грани тысячелетий [Текст] / В.В. Крючков. - М.: Мысль, 1987. - 271 с.
10. Курбатский, Н.П. Терминология лесной пирологии / Н.П. Курбатский // Вопросы лесной пирологии: сб. ст. - Красноярск, 1972. - С. 171-231.
11. Курбатский, Н.П. О возникновении лесного пожара в районе падения Тунгусского метеорита // Н.П. Курбатский // Проблемы метеоритики: сб. ст. - Новосибирск, 1975. - С. 69-71.
12. Курбатский, Н.П. Биогеоценология как одна из основ лесной пирологии / Н.П. Курбатский // Проблемы лесной биогеоценологии: сб. ст. - Новосибирск: Наука, 1980. - С. 99-115.

13. Курбатский, Н.П. Задачи исследования природы пожаров в лесах на вечной мерзлоте / Н.П. Курбатский, П.А. Цветков // Лесные пожары и борьба с ними: сб. ст. - М.: - 1987. - С. 92-104.
14. Курбатский, Н.П. Опасность возникновения пожаров в лесах при геологоразведочных работах [Текст] / Н.П. Курбатский, А.Г. Цыкалов // Лесное хозяйство. - 1990. - № 6. - С. 45-47.
15. Курбатский, Н.П. Параметры фронтальной кромки пожара в лиственничниках на вечной мерзлоте [Текст] / Н.П. Курбатский, А.Г. Цыкалов // Лесной журнал. - 1991. - № 3. - С. 3-7.
16. Курлович, Л.Е., Притундровые леса Сибири [Текст] / Л.Е. Курлович, А.Г. Спирина // Лесное хозяйство. - 2000. - № 6. - С. 21-24.
17. Матвеев, П.М. Влияние лесных пожаров на глубину оттаивания почвы в лиственничниках, произрастающих на мерзлых грунтах / П.М. Матвеев // Лиственница и ее использование в народном хозяйстве: сб.ст. - Красноярск, 1980. - С. 21-23.
18. Матвеев, П.М. Влияние огневого воздействия на заселение лиственничных древостоев стволовыми вредителями / П.М. Матвеев // Лиственница и ее использование в народном хозяйстве: сб. ст. - Красноярск, 1982. - С. 49-53.
19. Матвеев, П.М. Послепожарное оттаивание почвы в лиственничниках, произрастающих в зоне распространения многолетней мерзлоты / П.М. Матвеев // Лиственница, проблемы комплексной переработки: сб. ст. - Красноярск, 1984. - С. 36-41.
20. Матвеев, П.М. Влияние условий выжигания на возобновление лиственничников / П.М. Матвеев // Лиственница: проблемы комплексной переработки: сб. ст. - Красноярск, 1986. - С. 28-32.
21. Матвеев, П.М. Использование огня при лесовосстановлении на гарях / П.М. Матвеев // Лиственница и ее комплексная переработка: сб. ст. - Красноярск, 1987. - С. 79-84.
22. Матвеев, П.М. Последствия пожаров в лиственничных биогеоценозах на многолетней мерзлоте: автореф. дис. ... док. с.-х. наук: 06.03.03 / П.М. Матвеев. - Йошкар-Ола, 1992. - 49 с.
23. Матвеев, П.М. Послепожарное возобновление лиственницы в различных поясах зоны распространения многолетней мерзлоты / П.М. Матвеев, А.П. Абаимов // Лиственница и комплексная переработка: сб. ст. - Красноярск, 1985. - С. 28-34.
24. Матвеев, П.М. Особенности тушения лесных пожаров в зоне распространения многолетней мерзлоты / П.М. Матвеев, А.М. Матвеев // Лиственница (проблемы комплексной переработки): сб. ст. - Красноярск, 1984. - С. 41-44.
25. Матвеев, П.М. Послепожарный отпад и возобновление лиственницы на многолетней мерзлоте [Текст] / П.М. Матвеев, В.А. Усольцев // Экология. - 1991. - № 4. - С. 3-15.
26. Прокушкин, С.Г. Экологические последствия пожаров в лиственничниках северной тайги Красноярского края [Текст] / С.Г. Прокушкин, Н.Д. Сорокин, П.А. Цветков // Лесоведение. - 2000. - № 4. - С. 9-15.
27. Софронов, М.А., Пирологическое районирование в таежной зоне [Текст] / М.А. Софронов, А.В. Волокитина; под общ. ред. Э.Н. Валендика. - Новосибирск: Наука, 1990. - 204 с.
28. Софронов М.А. Пирологическое районирование притундровых лесов Сибири / М.А. Софронов, А.В. Волокитина // Проблемы притундрового лесоводства: сб.ст. - Архангельск, 1995. - С. 90-103.
29. Тарабукина, В.Г. Влияние пожаров на мерзлотные почвы [Текст] / В.Г. Тарабукина, Д.Д. Савинов; под общ. ред. Г.Ф. Колосова. - Новосибирск: Наука, 1990. - 120 с.
30. Уткин, А.И. Органический углерод лиственничных лесов России [Текст] / А.И. Уткин, Д.Г. Замолдчиков, О.В. Честных // Хвойные бореальной зоны. - Вып. 1. - Лиственница. - Красноярск, 2003. - С. 66-76.
31. Фёдоров, Е.Н. Зональные особенности комплексов напочвенных горючих материалов в лиственничниках зеленомошных южной и северной тайги Средней Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03 / Е.Н. Федоров. - Красноярск, 2000. - 24 с.
32. Фуряев, В.В. Влияние пожаров на формирование лесов центральной части бассейна Подкаменной Тунгуски / В.В. Фуряев // Биологические проблемы Севера. - тез. докл. VI симпоз. - вып 5. - Якутск, 1974. - С. 105-108.
33. Фуряев, В.В. Лесные пожары в районе падения Тунгусского метеорит / В.В. Фуряев // Проблемы метеоритики: сб. ст. - Новосибирск, 1975. - С. 72-87.
34. Фуряев, В.В. Влияние пожаров на формирование лесов междуречья Хушмо и Кимчу (бассейн р. Подкаменная Тунгуска) / В.В. Фуряев // Проблемы лесной пирологии: сб. ст. - Красноярск, 1975. - С. 220-238.

35. Фуряев, В.В. Дистанционные методы оценки состояния и формирования таежных лесов после пожаров / В.В. Фуряев // Методы дистанционных исследований для решения природоведческих задач: сб. ст. - Новосибирск. - Наука. - Сибирское отделение, 1986. - С. 147 - 159.
36. Цветков, П.А. Возобновление на горяч в лиственничниках центральной Эвенкии [Текст] / П.А. Цветков // Лесоведение. - 1990. - № 1. - С. 62-67.
37. Цветков, П.А. Некоторые особенности природы пожаров в лесах Эвенкии / П.А. Цветков // Лесные пожары и борьба с ними: сб. ст. - Красноярск, 1991. - С. 191-204.
38. Цветков, П.А. О высоте нагара в лиственничниках Эвенкии [Текст] / П.А. Цветков // Лесоведение. - 1994. - № 4. - С. 90-93.
39. Цветков, П.А. Лесовозобновительная роль пожаров в северотаежных лиственничниках Средней Сибири [Текст] / П.А. Цветков // Сибирский экологический журнал. - 1996. - Том. III. - № 1. - С. 61-66.
40. Цветков, П.А. Пирологическая характеристика лиственничных лесов Эвенкии [Текст] / П.А. Цветков // Лесное хозяйство. - 1998. - № 6. - С. 45-46.
41. Цветков, П.А. Пиропитные свойства лиственницы Гмелина [Текст] / П.А. Цветков // Лесное хозяйство. - 2004. - № 1. С. 43-46.
42. Цветков, П.А. Запасы горючих материалов в лесах северо-востока Эвенкии [Текст] / П.А. Цветков // Лесное хозяйство. - 2001. - № 4. - С. 33-35.
43. Цветков П.А. Пирогенные свойства лиственницы Гмелина в северной тайге Средней Сибири: автореф. дисс. ... докт. биол. наук: 06.03.03 / П.А. Цветков. - Красноярск. - 2005. - 40 с.
44. Цветков, П.А. Послепожарное возобновление в северотаежных лиственничниках [Текст] / П.А. Цветков, Г.М. Цветкова // Лесное хозяйство. - 1995. - № 6. - С. 44-47.
45. Цветков, П.А. Состояние и перспективы охраны северных лесов (на примере Эвенкии) / П.А. Цветков, А.Г. Цыкалов // Лесной комплекс Сибири. - Красноярск, 1990. - С. 65-68.
46. Цветков, П.А. Определение горимости лесов Эвенкии по материалам космической фотосъемки / П.А. Цветков, А.Г. Цыкалов // Аэрокосмический мониторинг таежных лесов. - Красноярск, 1990а. - С. 54-56.
47. Цыкалов, А.Г. Природа пожаров в лесах на вечной мерзлоте центральной Эвенкии: автореф. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03 / А.Г. Цыкалов. - Красноярск, 1991. - 26 с.
48. Щербаков, И.П. Лесные пожары в Якутии и их влияние на природу леса [Текст] / И.П. Щербаков, О.Ф. Забелин, Б.А. Карпель и др. - Новосибирск: Наука. - 1979. - 224 с.
49. Abaimov A.P., Kanazawa Y., Prokushkin S.G., Zyryanova O.A. Postfire transformation of larch ecosystems in Siberian permafrost zone // Proc. of the Fifth Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1996. - Japan, Tsukuba, 1997. - P. 129-137.
50. Abaimov A.P., Zyryanova O.A., Prokushkin C.G. Long-term Investigations of Larch Forests in Cryolithic Zone of Siberia: Brief History, Resent Results and Possible Changes Under Global Warming // Eurasian J. For. Res. 5-2; 95-106, 2002.
51. Fukuyama K., Vinokurov N., Maximov T.S., Isaev A.P., Takahashi K. Effects of wild fire on soil micro-arthropods in Siberian permafrost area // Proc. of the Third Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1998. Tsukuba, Japan, 1999. - P. 99-105.
52. Sawamoto T., Hatano R., Yajima T., Takahashi K., Isaev A.P., Maximov T.C., Ivanov B.I. Soil Respiration in Siberian-Naiga Ecosystems with Different History of Forest Fire // Proc. of the Sixth Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1997. Japan, Tsukuba, 1998. - P. 107-111.
53. Sofronov M.A., Volokitina A.V., Kajimoto T. On the investigation of postfire biomass dynamics in the northern ecosystems of Siberia // Proc. of the Third Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1995. Sapporo, Japan, 1999.
54. Sofronov M.A., Volokitina A.V., Kajimoto Takuya and Uemura Shigeru. The Ecological Role of Moss-Lichen Cover and Thermal Amelioration of Larch Forest Ecosystems in the Northern Part of Siberia // Eurasian J. For. Res. 7-1: 11-19, 2004.
55. Takahashi K. and Abaimov A.P. A big forest fire in permafrost area of eastern Siberia // Proc. of the Third Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1994. - Japan, Tsukuba, 1995. - P. 109-112.
56. Zyryanova O.A., Bugaenko T.N., Bugaenko N.N., Matsuura Y. Plant Species Composition Dynamics on the Initial Stages of Postfire Progressive Successions in Siberian Cryolithic Zone // Proc. of the Third Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1998. Tsukuba, Japan, 1999. - P. 59-66.