

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КРАСНОЯРСКИЙ
НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»
ИНСТИТУТ ЛЕСА ИМ. В.Н. СУКАЧЕВА СО РАН – ОБОСОБЛЕННОЕ
ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ
ФИЦ КНЦ СО РАН
(ИЛ СО РАН)

УДК 581.5

Рег. № НИОКТР АААА-А17-117101820003-0



УТВЕРЖДЕНО
Врио директора ФИЦ КНЦ СО РАН,
д.с.-х.н.
С.П. Ефремов
« 22 » января 2020 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

БИОРАЗНООБРАЗИЕ КОРЕННЫХ ХВОЙНЫХ И ПРОИЗВОДНЫХ
ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ
(промежуточный за 2019 год)

Направление фундаментальных исследований
Программа ФНИ VI.52.2.1
Приоритетное направление 52 «Биологическое разнообразие»
Раздел VI «Биологические науки» Подраздел 52 «Биологическое разнообразие»

Инв. № 0356-2019-0024

Руководитель НИР,
Главный научный сотрудник,
д.б.н., проф.

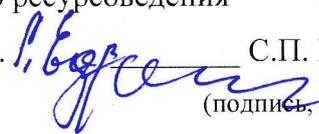
С.П. Ефремов
С.П. Ефремов

Красноярск, 2020

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы:

Главный научный сотрудник лаборатории
фитоценологии и лесного ресурсоведения

ИЛ СО РАН, д.б.н., проф.  С.П. Ефремов (введение, заключение, раздел 2)

(подпись, дата) 19.12.2019г.

Ответственные исполнители темы:

Заведующий лабораторией лесной
генетики и селекции ИЛ СО РАН,
д.б.н., проф.



Е.Н. Муратова (раздел 1)

(подпись, дата)

19.12.2019г.

Заведующий лабораторией
фитоценологии и лесного
ресурсоведения ИЛ СО РАН, д.б.н.



А.В. Пименов (раздел 2)

(подпись, дата)

19.12.2019г.

Директор Западно-Сибирского
отделения ИЛ СО РАН, д.с.-х.н.



В.В. Тараканов (раздел 3)

(подпись, дата)

30.12.2019

Нормоконтроль



Н. С. Кузьмик

РЕФЕРАТ

Отчет 40 стр. 3 ч., 15 рис., 6 табл.

Ключевые слова: хвойные, полиморфизм, кариотип, соматический эмбриогенез, генетические маркеры, клоновые плантации, фитоценоотические сукцессии.

В отчете представлены основные результаты лесобиологических исследований, суть которых заключается в фитоценоотической индикации биоразнообразия фоновых и экзогенно нарушенных лесных экосистем по признакам их происхождения, формационно-возрастного статуса, стадиям сукцессий и категориям нарушенности; исследовании структуры искусственных и стихийно модифицированных лесов в сравнении с коренными аналогами естественного ряда развития на схожих эдафотопках; оценке генетико-селекционных ресурсов лесообразующих видов на основе анализа полиморфизма популяций и совершенствования методов репродуктивной биотехнологии.

В качестве важнейшего достижения по проекту в целом за 2019 г. позиционированы результаты кариологического исследования популяций субарктической расы лиственницы сибирской (*L. sibirica* var. *polaris* Dylis) и лиственницы Гмелина (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.) на п-ове Таймыр диагностированы значимые межвидовые различия по длине хромосом диплоидного набора; частоте встречаемости миксоплоидов ($2n = 24, 36; 2n = 24, 48; 2n = 24, 36, 48$); локализации вторичных перетяжек; встречаемости хромосомных перестроек; степени асимметрии кариотипа. Впервые для хвойных проведено кариологическое изучение полиплоидных клеток. Установлено, что тетраплоидные клетки *L. gmelinii* по сравнению с триплоидными характеризуются более асимметричным кариотипом и меньшей длиной хромосом, формула кариотипа триплоидной клетки – $2n = 9 m + 9 sm$, тетраплоидной – $2n = 12 m + 12 sm$. Результаты кариологического анализа согласуются с представлениями о том, что совместное произрастание *L. gmelinii* и *L. sibirica* на Таймыре в прошлом привело к их вероятному скрещиванию и формированию в данном регионе таймырской формы *L. gmelinii* гибридогенного происхождения

По каждому из 3 блоков проекта (генетико-селекционные факторы биоразнообразия лесов; экотопические факторы биоразнообразия лесов; биоразнообразие фоновых и антропогенно модифицированных лесов) представлены наиболее значимые результаты за 2019 год (всего 27 результатов). Приведен перечень работ, которые в соответствии с государственным заданием вошли в Отчет за 2019 год: 32 публикации в периодических научных журналах и материалах конференций с DOI (в том числе 14 статей в изданиях, индексируемых Web of Science и Scopus).

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 5 |
| ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ | 6 |
| Важнейший результат фундаментальных исследований по проекту в целом | 6 |
| Важнейший результат ориентированных исследований по проекту в целом | 7 |
| 1. Генетико-селекционные факторы биоразнообразия лесов | 8 |
| 2. Экологические факторы биоразнообразия лесов | 16 |
| 3. Биоразнообразие фоновых и антропогенно модифицированных лесов | 24 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 28 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А. СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ДАННОМУ ЭТАПУ ПРОЕКТА В 2019 Г. В СООТВЕТСТВИИ С ГОСУДАРСТВЕННЫМ ЗАДАНИЕМ | 29 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б | 35 |

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий отчет является промежуточным (за третий год выполнения) по теме: «Биоразнообразии коренных хвойных и производных лесных экосистем».

Актуальность выполнения данной темы обусловлена тем, что леса таежного биома Сибири относятся к группе растительных сообществ с особо долговременным и сложным циклом развития, что определяет специфику их научного изучения. В настоящее время состояние лесов Сибири по целому ряду критериев квалифицируется как захваченное процессами разбалансирования функциональной роли. Наибольшую тревогу вызывает сокращение локальных ареалов и экосистемного разнообразия коренных типов леса, отличающихся от иных вариантов характерным эволюционным совершенством и адаптивной пластичностью по отношению к травмирующим факторам. В силу этого становятся актуальными работы по расширенному обновлению и систематизации научных сведений о лесных экосистемах по признакам их происхождения, устойчивости развития, биоразнообразия, продукционной эффективности и эдафотопической приуроченности.

Концепция проекта базируется на методологии междисциплинарных исследований иерархии признаков биоразнообразия и поливариантности структуры лесных формаций, обусловленных текущим и прогнозируемым влиянием топоэкологических, микроклиматических и репродуктивных факторов лесообразовательного процесса. Совокупно они образуют взаимосвязанную комбинацию интегрированных целей проекта: 1) фитоценологическую индикацию биоразнообразия фоновых и экзогенно нарушенных лесных экосистем по признакам их происхождения, формационно-возрастного статуса, стадиям сукцессий и категориям нарушенности; 2) экологическое параметрирование почвенных процессов в эталонных лесах плакорных и гидроморфных условий произрастания; 3) исследование структуры искусственных и стихийно модифицированных лесов в сравнении с коренными аналогами естественного ряда развития на схожих эдафотопах; 4) оценка генетико-селекционных ресурсов лесобразующих видов на основе анализа полиморфизма популяций и совершенствования методов репродуктивной биотехнологии.

Кадровый потенциал исполнителей проекта (всего 66 научных работников) включает: 10 – докторов и 29 – кандидатов наук, 4 аспирантов.

Возможные области применения результатов исследований: рационализация структурной организации лесов и способов ускоренного лесовыращивания;

совершенствование региональной природоохранной политики; целевая индикация весомых и невосомых полезностей леса в производственных и рекреационных целях.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Важнейший результат фундаментальных исследований по проекту в целом

В результате кариологического исследования популяций субарктической расы лиственницы сибирской (*L. sibirica* var. *polaris* Dylis) и лиственницы Гмелина (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.) на п-ове Таймыр диагностированы значимые межвидовые различия по длине хромосом диплоидного набора; частоте встречаемости миксоплоидов ($2n = 24, 36; 2n = 24, 48; 2n = 24, 36, 48$); локализации вторичных перетяжек; встречаемости хромосомных перестроек; степени асимметрии кариотипа (рис. 1). Впервые для хвойных проведено кариологическое изучение полиплоидных клеток. Установлено, что тетраплоидные клетки *L. gmelinii* по сравнению с триплоидными характеризуются более асимметричным кариотипом и меньшей длиной хромосом, формула кариотипа триплоидной клетки – $2n = 9 m + 9 sm$, тетраплоидной – $2n = 12 m + 12 sm$. Результаты кариологического анализа согласуются с представлениями о том, что совместное произрастание *L. gmelinii* и *L. sibirica* на Таймыре в прошлом привело к их вероятному скрещиванию и формированию в данном регионе таймырской формы *L. gmelinii* гибридогенного происхождения.

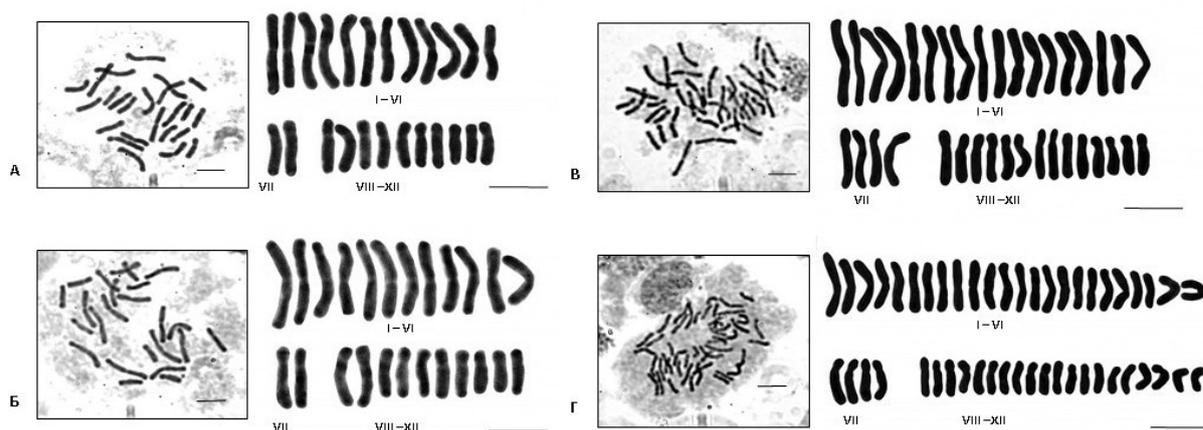


Рис. 1. Метафазы и хромосомные наборы лиственниц, произрастающих на Таймыре: А – лиственница сибирская (*L. sibirica*), $2n = 2x = 24$; Б – лиственница Гмелина (*L. gmelinii*), $2n = 2x = 24$; В – *L. gmelinii*, $2n = 3x = 36$; *L. gmelinii*, $2n = 4x = 48$. I-XII – номера хромосом. Масштабная линейка – 10 μ m.

Авторы: Седельникова Т.С., в.н.с., д.б.н., Пименов А.В., зав. лаб., д.б.н.

Публикация: Sedel'nikova T.S., Pimenov A.V. Karyological Study of Siberian Larch Species *Larix sibirica* and *Larix gmelinii* in Taimyr // Cytology and Genetics. 2019. Vol. 53. N 3. P. 202–211. DOI: 10.3103/S0095452719030046

Важнейший результат ориентированных исследований по проекту в целом

Разработана биотехнология получения *in vitro* эмбриогенных культур лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.), устойчивых к инфекционным заболеваниям (грибным, бактериальным, вирусным). В результате выращивания эмбриогенных культур лиственницы сибирской на питательной среде АИ с различными концентрациями антимикробных пептидов микроспориального происхождения двух видов рода *Trichoderma*: *T. citrinoviride* (штамм ТУV1 4/11) и *T. vivide* (штамм 346) *in vitro* в клеточных культурах лиственницы диагностированы: значительная стимуляция роста пролиферирующих эмбриогенных клеточных линий, стимуляция роста корней и образование каллусных наплывов в области корня (**рис. 2**). Биотехнологии выращивания эмбриогенных культур и устойчивых к инфекциям растений-регенерантов с пептидами микроспориального и растительного происхождения является пионерной в мировом масштабе, нацелена на развитие нового научного направления – «клонального лесоводства». Использование данной технологии позволит получить за 1 год с одной клеточной линии от 85250 до 465000 сеянцев. Сотрудниками Института готовится патентная защита метода получения устойчивых к инфекционным заболеваниям растений-регенерантов для плантационного лесовыращивания в России.

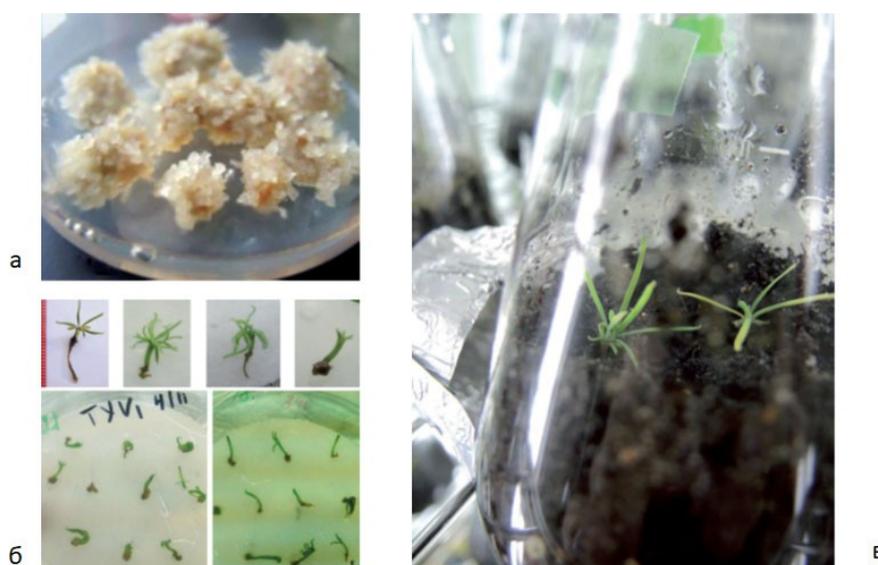


Рис. 2. Технологические этапы получения растений-регенерантов лиственницы сибирской, устойчивых к грибным патогенам: а – эмбриогенная культура; б. – регенеранты на стадии прорастания; в – адаптация регенерантов в стерильной почве.

Автор: Третьякова И.Н., в.н.с., д.б.н., проф.

Результат опубликован: *Tret'yakova I.N., Park M.E., Baranova A.A., Lisetskaya I.A., Shuklina A.S., Rogozhin E.A., Sadykova V.S.* Use of antimicrobial peptides secreted by *Trichoderma* micromycetes to stimulate embryogenic cultures of *Larix sibirica* // Russian Journal of Developmental Biology. 2018. Vol. 49. N 6. P. 370–380. DOI: 10.1134/S1062360419010053

Основные результаты по блокам проекта за 2019 год:

1. Генетико-селекционные факторы биоразнообразия лесов

I. Выявлено, что большинство тестируемых климатипов сосны обыкновенной по средним показателям размеров хвои подтверждают свой ранг в двух-трех испытаниях географических культур (два участка в Приангарье и Забайкалье). На **рис. 3** представлено разделение климатипов на крайние группы с помощью стандартного отклонения. Результаты исследования морфологии хвои могут быть диагностическими признаками внутривидовых таксонов сосны обыкновенной.

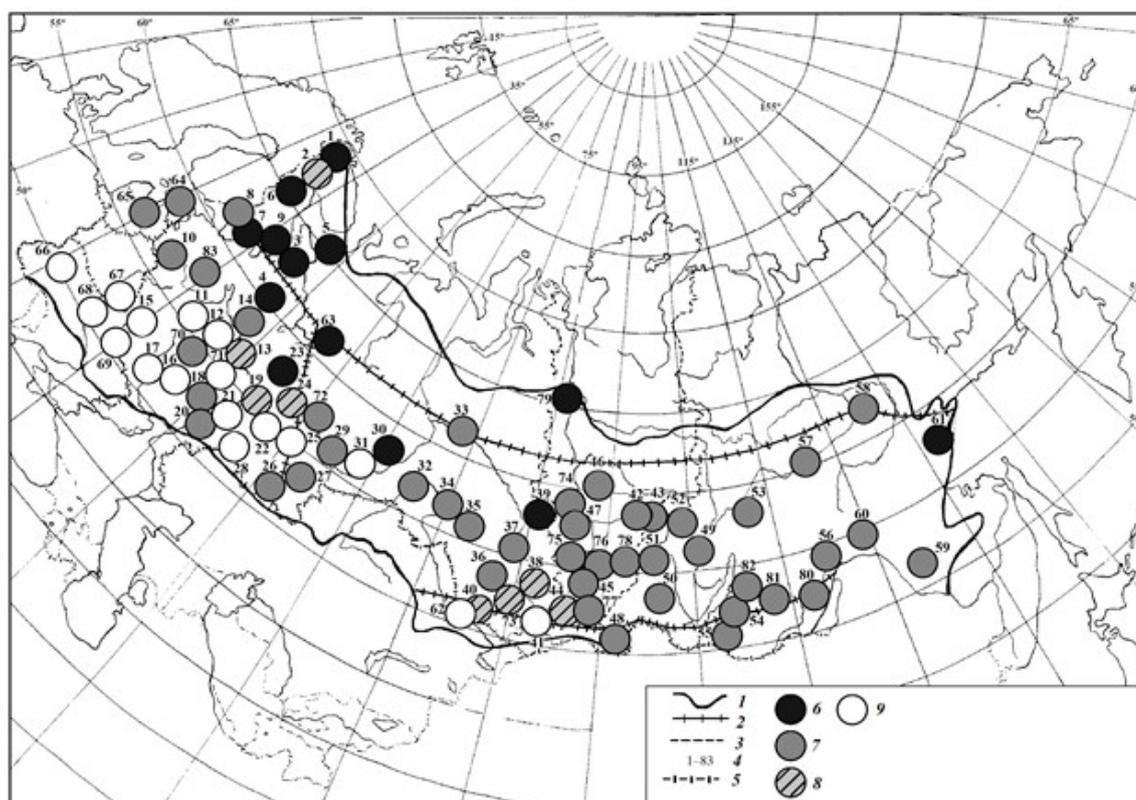


Рис. 3. Группы климатипов сосны обыкновенной по средней длине хвои в географических культурах на песчаной почве: 1 – ареал вида; 2 – граница подвидов; 3 – граница Красноярского края; 4 – авторский номер климатипов; 5 – государственная граница; 6 – короткая хвоя (< 23.1 мм); 7 – средняя (23.1–31.3 мм); 8 – длинная хвоя (> 31.3 мм); 9 – нет данных.

II. В результате селекционной оценки (сохранности, роста и семеношения) клонов кедрового сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) и кедрового европейского (*P. cembra* L.) на прививочной плантации в экспериментальном хозяйстве «Погорельский бор» выделены

лучшие и перспективные клоны для создания селекционных объектов. Заложена новая испытательная прививочная плантация второго поколения лучших клонов кедр сибирского и кедр европейского, привитых на кедр сибирский. Все прививки адаптировались к условиям красноярской лесостепи и в последние два года (2018, 2019 гг.) дали хорошие приросты (*табл. 1*). Выявлено, что вегетативное потомство кедровых сосен второго поколения на кедре сибирском в качестве подвоя, отражает наследственно обусловленные отселектированные признаки материнских клонов (рост, семеношение).

Таблица 1. Морфометрические показатели вегетативного потомства кедровых сосен в Красноярской лесостепи (год создания – 2014)

| Клоны | Высота, м | Прирост, см <u>2019 г.</u> 2018 г. | Диаметр, см | Количество веток в мутовке в 2018 (шт.) | Количество верхушечных почек в 2019 (шт.) |
|--|--------------|---|----------------|--|--|
| Кедр сибирский | | | | | |
| Красноярский, Козульский | 1.50±0.09 | <u>16.2±2.06</u> 23.4±2.23 | 1.54±0.09 | 3.8±0.40 | 3.4±0.34 |
| Красноярский, Байкитский | 1.55±0.09 | <u>14.8±1.76</u> 23.9±2.0 | 1.40±0.15 | 5.2±0.74 | 4.7±0.53 |
| Томский, Тимирязевский | 1.49±0.14 | <u>14.5±1.09</u> 21.5±3.04 | 1.57±0.22 | 4.2±0.42 | 4.6±0.80 |
| Тюменская, Сургутский | 1.57±0.08 | <u>13.6±1.85</u> 21.2±2.0 | 1.49±0.12 | 4.2±0.61 | 4.4±0.58 |
| Вост.- Казахстанский, Лениногорский | 1.30±0.06 | <u>13.4±1.05</u> 16.5±2.04 | 1.13±0.06 | 6.0±0.80 | 4.4±0.61 |
| Кедр европейский | | | | | |
| Карпаты, Усть-Чернянский | 1.48±0.08 | <u>15.7±1.06</u> 20.4±1.65 | 1.47±0.08 | 3.9±0.50 | 3.8±0.39 |

III. Диагностированы особенности радиального прироста климатипов *Larix sibirica* Ledeb. из различных высотных поясов гор Южной Сибири, *L. gmelinii* Rupr. из Забайкальских и Зейских провинций Восточной Сибири, *L. leptolepis* Gord., интродуцированных с о-ва Сахалин в географических культурах, заложенных с в 1964-1966 гг. на экспериментальной базе ИЛ СО РАН «Погорельский бор». Кластерный анализ полученных древесно-кольцевых хронологий позволил разделить хронологии на пять кластеров по динамике радиального прироста (*рис. 4*). Сделан вывод о том, что горные климатипы лиственницы сибирской более резко реагируют на вариации климатических факторов среды, по сравнению с равнинными климатипами лиственниц сибирской и

Гмелина. Для хронологий со сходной динамикой радиального прироста прослеживается сходная реакция на эколого-климатические параметры.

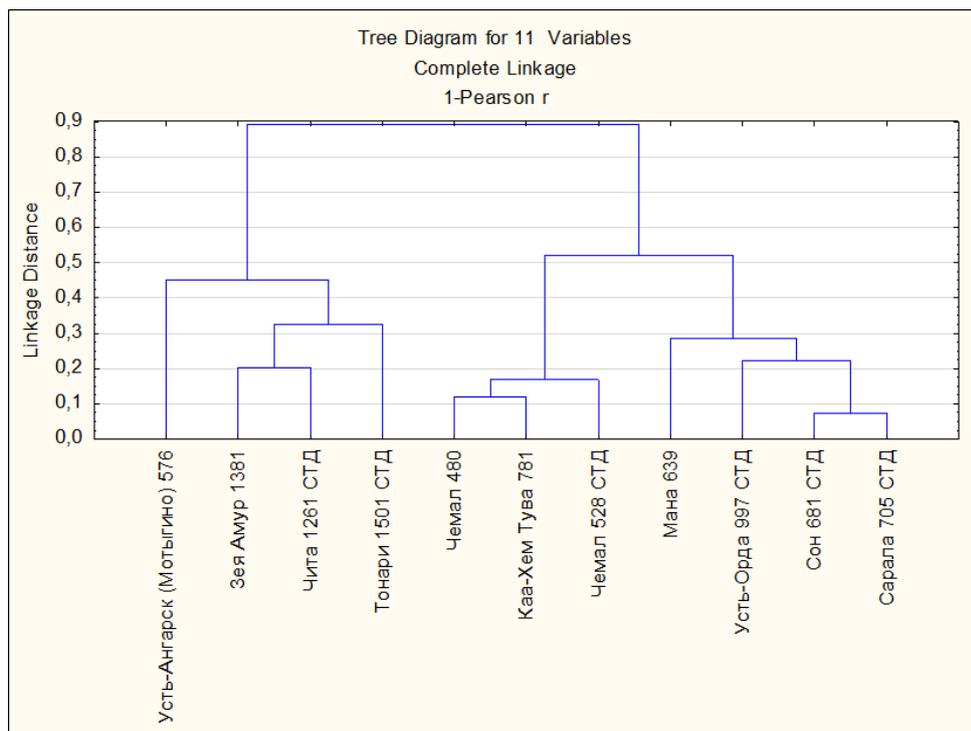


Рис. 4. Кластерный анализ древесно-кольцевых хронологий климатипов лиственницы

IV. Установлено, что размеры пыльцы ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) на юге Средней Сибири характеризуются достаточно низким уровнем изменчивости и низким уровнем нарушений пыльцы. Аномальные пыльцевые зерна выявлены у 41.2% обследованных деревьев, доля у отдельных из них не превышала 8.16%. Таким образом, фенотипическая пластичность, достаточно низкий процент аномальных пыльцевых зерен, функциональные свойства пыльцы ели сибирской свидетельствуют об оптимальных для вида условиях, которые в настоящее время сложились в популяциях юга Средней Сибири.

V. По материалам многолетних исследований (1991-2019 гг.) был проведен анализ архитектуры кроны деревьев пихты сибирской *Abies sibirica* Ledeb. в горных экосистемах Южной Сибири (хр. Хамар-Дабан, Западный и Восточный Саян, Кузнецкий Алатау, северо-восточный Алтай). Исследования показали, что, у здоровых деревьев плагиотропизм ветвей сохраняется на протяжении всей жизни дерева. В нарушенных экосистемах (на высотах 680 м над ур. м. и выше) у усыхающих деревьев угол прикрепления ветвей значительно увеличивается – до 90-112° – в средней части кроны (мужской ярус) и 90–130° – в нижней (вегетативный ярус), плагиотропизм меняется на положительный геотропизм. Наблюдаются также изменения морфологических и

анатомических особенностей строения древесины и хвои. Процессы усыхания хвои и ветвей практически во всех горных экосистемах (за исключением северо-восточного Алтая) наблюдаются в подверхушечной части дерева, где локализуется мужской генеративный ярус. Степень усыхания положительно коррелирует с возрастом дерева $y=0,0141x+0,0806$ и отрицательно с общей протяженностью кроны $y= -0,0681x+20,8499$ (рис. 5). Изменения архитектуры кроны (утрата геотропической реакции ветвей) отмечены не только в нарушенных горных экосистемах, но также в равнинных и низкогорных биоценозах, у деревьев, в значительной степени пораженных ржавчинным раком (*Melampsorella cerastii* Wint.), либо старшего возраста (более 270-290 лет). Полученные результаты позволяют предложить, что утрата геотропической реакции является универсальным фенотипическим признаком нарушения гомеостаза дерева. В таком случае, по мере старения, либо при воздействии различных стрессовых факторов, организм постепенно утрачивает способность сопротивления к действию гравитации.

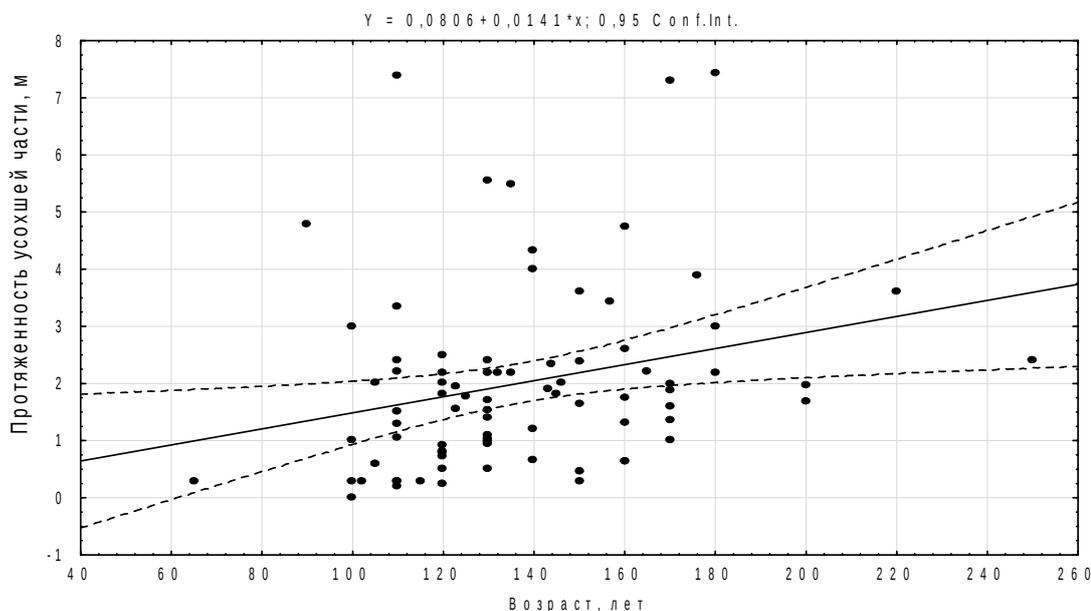


Рис. 5. Диаграмма рассеивания зависимости протяженности усохшей части (м) от возраста дерева (лет).

VI. Исследованы числа хромосом в семенном потомстве лиственницы сибирской – деревьев популяционного сбора, а также модельных деревьев, представляющих типичные формы и формы, различающиеся по габитусу и морфологическим особенностям женской генеративной сферы. Семена для исследования были собраны в естественных популяциях лиственницы сибирской, произрастающих на территории Ширинского района Республики Хакасия. Выявлено, что изменчивость числа хромосом (миксоплоидия) наиболее часто встречается в проростках семян, собранных с модельных деревьев мелкошишечных и кустовидных форм, несущих «ведьмину метлу». В метафазных

клетках семенного потомства модельного дерева, несущего «ведьмину метлу», выявлены фрагменты и остаточное ядрышко в метафазе митоза, модельных деревьев крупношишечной и мелкошишечная форм и деревьев популяционного сбора – фрагменты, модельного дерева, формирующего шишки с выступающими семенными чешуями – ацентрическое кольцо. Полученные результаты свидетельствуют о том, что изменчивость числа хромосом и хромосомные перестройки наиболее характерны для семенного потомства деревьев с нарушениями габитуса и морфологии женской генеративной сферы.

VII. Определены хромосомные числа, частота и спектр хромосомных мутаций и количество ядрышек в интерфазных ядрах у 3 видов *Picea*: *P. abies* L. (Украина, с. Ростань, г. Донецк, Донецкий ботанический сад); *P. obovata* (Тыва, Пий-Хемский р-н, окр. с. Уюк, Монголия, п. Баян-уул); *P. mariana* (Э/х «Погорельский бор», окр. г. Красноярск (рис. 6, 7).

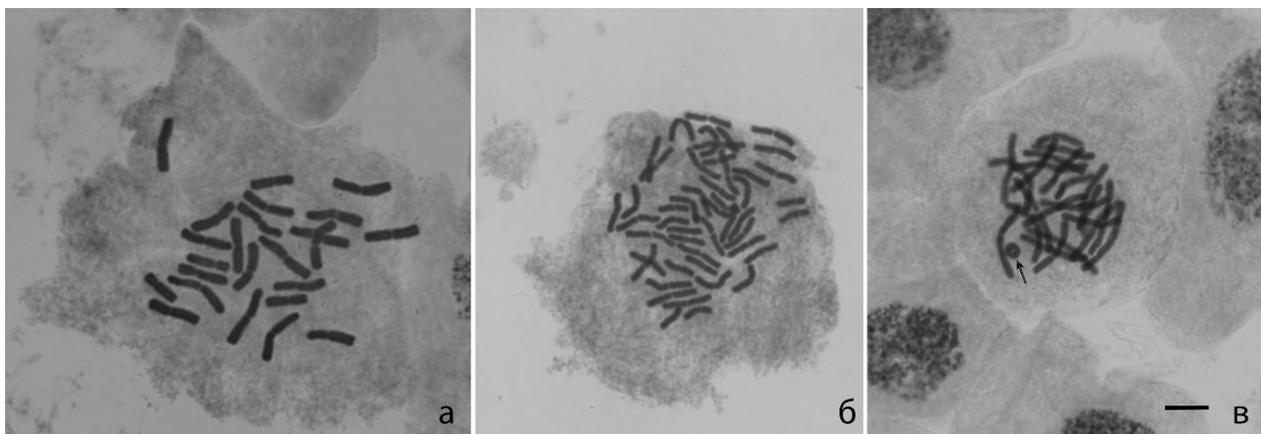


Рис. 6. Метафазные пластинки *Picea obovata*: а - типичная диплоидная ($2n=24$), б – тетраплоидная ($2n=48$), в – с ацентрическим кольцом (указано стрелкой). Окраска ацетогематоксилином. Масштабная линейка 10 мкм.

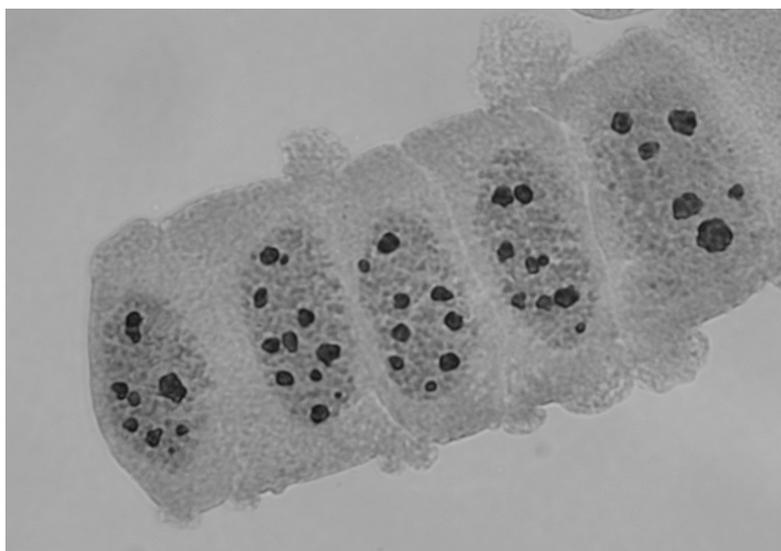


Рис. 7. Разное число ядрышек в интерфазных ядрах *Picea obovata* из Монголии. Окраска 50 % азотнокислым серебром, для контраста использовался ацетокармин. Об. х60.

VIII. На основе анализа изменчивости ядерных микросателлитных локусов получены данные о генетической структуре, параметрах внутри- и межпопуляционного разнообразия, степени дифференциации популяций ели сибирской (*Picea obovata*) из различных частей ее ареала (Новосибирская, Иркутская, Магаданская области, Красноярский край, Республики Алтай, Бурятия, Хакасия, Тыва, Монгольская Народная Республика) (**рис. 8**). Установлено, что все девять проанализированных у ели сибирской микросателлитных локусов ядерного генома (UAPgAG150A, UAPgAG150B, UAPgAG105, SpAGG3, EATC2C06, EATC1B02, EATC1E03, Pa_33, Pa_36) обнаруживают изменчивость. Исследованные популяции различаются как по числу, так и по частотам аллелей. Изолированная популяция ели сибирской, расположенная на крайнем Северо-Востоке России (Магаданский заповедник), характеризуется самым низким уровнем генетического разнообразия среди изученных популяций и значительно дифференцируется от них по частотам аллелей микросателлитных локусов. Проведенное исследование не подтверждает таксономическую самостоятельность ели с голубой окраской хвои в качестве разновидности ели сибирской. Необходимы дополнительные, по возможности более обширные исследования, в том числе с привлечением других генетических маркеров, в частности маркеров митохондриальной ДНК.

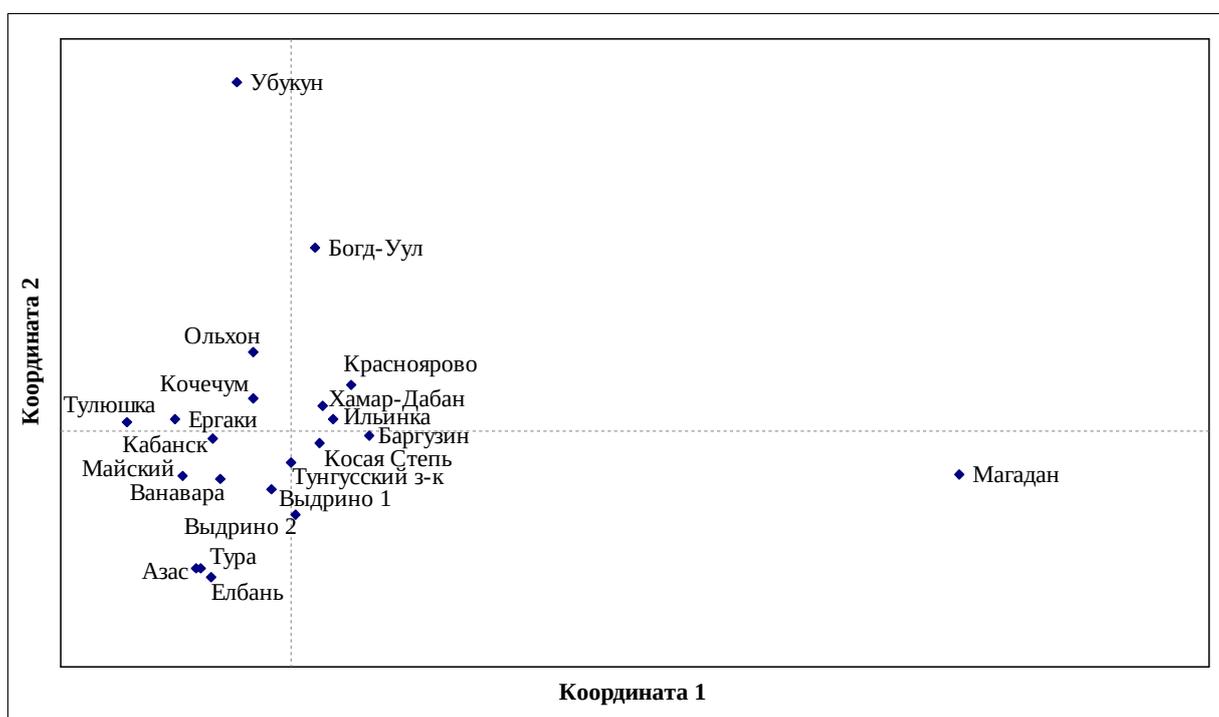


Рис. 8. Ординация изученных популяций ели сибирской на плоскости двух координат по данным РСА-анализа матрицы генетических расстояний D Нея (Nei, 1972), вычисленных по частотам аллелей 9 ядерных микросателлитных локусов

IX. В 2019 г. осуществлены важные этапы геномных и транскриптомных исследований лиственницы сибирской *Larix sibirica*. Для сборки генома (модельное дерево из дендрария Института леса им. В.Н. Сукачева) использовались четыре парноконцевых (PE, paired end) и три сцепленноконцевых (MP, mate pair) библиотек ДНК с разной длиной вставки. Достигнуто увеличение среднего покрытия генома ридами, в частности MP-ридами с большой длиной вставки (от 2 до 10 тыс. н.о.). Для геномной сборки проведен качественный отбор ридов и отсев загрязнений, в результате чего среднее покрытие генома лиственницы ридами составило 92,28X. После устранения избыточности был выполнен ряд работ по улучшению качества сборки: 1) очистка от ошибочных последовательностей сборки (контаминации, адаптеры) при помощи баз UniVec, UniVecCore, Illumina и открытого ПО BLAST, также произведена проверка в NCBI. При этом удалено 10681 последовательностей, содержащих ошибки; 2) скаффолдинг с применением открытых программ BESST (Sahlin et al., 2014) и Bowtie2 (Langmead, Salzberg, 2012), параметры запуска программы BESST для получения наилучшего результата выбирались эмпирическим путем. Было собрано 228571 новых скаффолдов; 3) закрытие пропусков (гэпов) в геноме (gap closing) с помощью ПО Sealer (Paulino et al., 2015; Simpson et al., 2009), было закрыто 61037 пропусков (гэпов) типа NNN; 4) применён скаффолдинг с использованием РНК ридов. Для этого применялось открытое ПО Bowtie2 и RaScaf (Song, Shankar, Florea, 2016). На геном выравнено в среднем 92% РНК ридов. В результате объединено в скаффолды 3622 последовательностей.

X. Проведены работы по выявлению микросателлитных локусов (SSRs) в геноме пихты сибирской (*Abies sibirica*). Для дизайна праймеров были взяты данные полногеномного секвенирования, опубликованные шведскими коллегами (Nystedt et al., 2013). Сборка контигов производилась при помощи CLC Assembly Cell. Отбор контигов, содержащих микросателлитные повторы, проводился при помощи программного обеспечения GMATo V1.2 (Wang, Lu, Luo, 2013), предназначенного для поиска tandemных повторов в геномных сборках большого размера. Всего для пихты было отобрано 264864 контига, содержащих SSR-повторы. Для отбора уникальных праймеров их последовательности были выравнены при помощи BLAST против исходных контигов A.

sibirica. На большем числе образцов пихты отобраны 18 наиболее перспективных пар праймеров, амплифицирующих средне- и высокополиморфные локусы (табл. 2).

Таблица 2. Микросателлитные локусы с устойчивой специфической амплификацией в выборках *A. sibirica*

| # | ## | Type | SEQ-ID | SSR | PRODUCT-SIZE | FW-PRIMER | TM | RV-PRIMER | TM | |
|----|----|-------|-------------------|-----------|--------------|-------------------------|------|-------------------------|------|------------------------|
| 1 | 1 | tri | As_43741:1-666 | (TCA)15 | 219 | CTCAAAGGTAGTGTCTCAGTG | 60,4 | CAATGATGACAATGATGTTGGC | 61,2 | полим. (на 4 образцах) |
| 2 | 2 | tri | As_99437:1-1470 | (ATG)17 | 228 | GGGAGATTGATTATGTGGATCA | 58,7 | CATGCAAGGGGACTAATATCTTG | 59,0 | полим. (на 4 образцах) |
| 3 | 3 | tri | As_279869:1-3671 | (TTA)15 | 253 | ACGAAGGTGAAGGTTCTATCA | 60,0 | TTAAGGGGAATTGTTGTTGGTA | 60,4 | полим. (на 4 образцах) |
| 4 | 4 | tri | As_301948:1-441 | (ATC)16 | 214 | CAATGATGATGGACTAGATGGA | 57,5 | AAGTCTGATGGTTATGCTTGT | 57,7 | полим. (на 4 образцах) |
| 5 | 5 | tri | As_1177607:1-1384 | (TAA)17 | 188 | GTGATCTATGCCTCCAATGA | 59,2 | ACTGGTCAATGGTTTGAATG | 59,8 | полим. (на 4 образцах) |
| 6 | 6 | tri | As_1563074:1-6690 | (ATT)18 | 142 | GTGAGGAGGAGATTGTAAGTC | 59,3 | CAGATGAGTACGAACCACTACCC | 59,9 | полим. (на 4 образцах) |
| 7 | 1 | tetra | As_563614:1-2499 | (ATAG)12 | 157 | AAGTTGTTTGTATCCCTCTCGAC | 59,6 | CATGTAATGCTCCAATCAGGAA | 60,0 | полим. (на 4 образцах) |
| 8 | 2 | tetra | As_721750:1-1680 | (TATG)10 | 147 | CCCTTACCTCCCTAACACTTGA | 59,5 | GGCAAGATAGATGATTGACACC | 58,5 | полим. (на 4 образцах) |
| 9 | 3 | tetra | As_2280886:1-3766 | (TGTA)10 | 201 | CACTAAAAGAGGAGCCATGTCC | 60,1 | GACACCTGCAATCACCAGAC | 60,6 | полим. (на 4 образцах) |
| 10 | 4 | tetra | As_2687764:1-1285 | (TATG)10 | 222 | GATGAGAGATGCTTGTGAATCC | 58,7 | GGAGTTATCATGGAAGTGGAA | 59,7 | моном. (есть 2 из 4) |
| 11 | 5 | tetra | As_2996373:1-392 | (ATAC)11 | 272 | TCGCTCCACACTGACCAC | 60,9 | TTACACACAAAAGGCTCACAC | 60,1 | полим. (на 4 образцах) |
| 12 | 6 | tetra | As_3602348:1-1506 | (CATA)10 | 278 | GTGCGAGAATGTTGAATTGCT | 60,3 | CATGGATGGAGAGGACAAGTTT | 60,4 | моном. (есть 3 из 4) |
| 13 | 1 | penta | As_347605:1-3836 | (GAAAA)6 | 253 | AAGGTTCTTAAATCCAACCCC | 59,6 | GACTTGAGGATGAGGTTCTTGC | 60,3 | моном. (есть 3 из 4) |
| 14 | 2 | penta | As_1133359:1-4548 | (GATTT)6 | 238 | GGATGCGAGGTTTCATTTATTC | 59,7 | CCAGAAGATTCGACATGGAAA | 60,1 | полим. (на 4 образцах) |
| 15 | 3 | penta | As_2288295:1-373 | (AGATA)6 | 172 | TGTTTTCCAGATTTGTGAGTGC | 60,2 | AGTCCCCTTGACCTACTTTGTG | 60,4 | полим. (на 4 образцах) |
| 16 | 1 | hexa | As_1898225:1-2162 | (TCTCA)9 | 270 | ATGCTGCCATTGAGAATTAGT | 60,0 | ACCGCTCTCCCTTACTTTCT | 59,8 | полим. (на 4 образцах) |
| 17 | 2 | hexa | As_1970306:1-2261 | (GCAAGA)7 | 248 | TTTGACTGAGATTTGGGC | 58,6 | CGATTATGAAAGAATGGGTAGC | 57,8 | моном. (на 4 образцах) |
| 18 | 3 | hexa | As_3666591:1-3369 | (TATTCC)7 | 258 | CGTCTTCTCACTTTGTGTTGTC | 59,8 | TCCPTTGCCATGTTTCATGT | 59,0 | моном. (на 4 образцах) |

XI. Подведены итоги 4-летнего (2016-2019 гг.) исследования сезонного развития, качества пыльцы и семян у сосны горной (*Pinus mugo* Turra), произрастающей с 1980 года (29 лет) в дендрарии Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН (мкр Академгородок, Красноярск). Установлены начало и продолжительность роста побегов, величина их годового прироста, сроки пыления и формирования семян. Установлено, что пыльца *Pinus mugo* имеет высокую жизнеспособность – 91.3 %. Длина пыльцевых трубок на пятый день проращивания составляла от 28.3 до 76.7 мкм. Гистохимический анализ пыльцевых зерен, показал, что положительную реакцию на основное питательное вещество – крахмал дают 97.1 % пыльцевых зерен. Установлено, что 17.2 % семян – мелкие и недоразвитые. При посеве нормально развитых семян в грунт всхожесть составила 54 %. Сделано заключение о том, что *Pinus mugo* в условиях Красноярска проявляет высокую зимостойкость и образует нормально развитые жизнеспособные семена, а стения данного вида можно рекомендовать к выращиванию в питомниках для использования в озеленении Красноярска.

XII. Проведено комплексное исследование изменчивости 35 природных популяций можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis* L.) в широком

географическом масштабе с помощью анатомо-морфологических и генетических методов – аллозимным методом и путем анализа изменчивости хлоропластной ДНК. Установлен высокий уровень изменчивости как морфолого-анатомических, так и генетических признаков, что приводит к большим трудностям при изучении внутривидовой таксономии вида. Подтвержден особый таксономический статус *J. communis* s.l., произрастающего на Кавказе, вероятно, подвидового уровня или, даже, самостоятельного вида (*J. oblonga* Vieb.). Североамериканский *J. communis* var. *depressa* и дальневосточный *J. communis* var. *saxatilis* не отличаются по морфолого-анатомическим и ядерным маркерам, но различаются по хлоропластным, и, вероятно, являются родственными генетическими линиями, которые в сходных экологических условиях приобрели внешнее конвергентное сходство. Отличить их можно только генетическими методами. *J. communis* var. *communis* и *J. communis* var. *saxatilis*, растущие в Европе и Азии, не дифференцируются генетически, но имеют статистически значимые отличия по ряду морфологических и анатомических параметров хвои и преобладающей жизненной форме. Вероятно, данные разновидности можжевельника являются экотипами, которые приобрели отличия в морфологии и анатомии, произрастая в разных экологических условиях.

XIII. В рамках плана работ по развитию коллекции растений Дендрария ИЛ СО РАН, включенной в информационно-поисковую систему «Ботанические коллекции России и сопредельных государств» (<http://garden.karelia.ru/look/index.shtml>) и в систему поиска растений международного совета ботанических садов по охране растений BGCI (<https://www.bgci.org/garden.php?id=4992&ftrCountry=RU&ftrKeyword=V.N.+Sukachev+Institute+of+Forest&ftrBGCImem=&ftrIAReg=>), в 2019 г. собраны образцы семян 81 вида древесных растений, составлен текущий список семян для обмена (DELECTUS SEMINUM), в соответствии с заявками отправлено 105 образцов семян в адрес 12 российских и 2 зарубежных ботанических садов и дендрариев.

2. Экопические факторы биоразнообразия лесов

I. Изучена высотно-поясная дифференциация и выполнена объективная группировка торфяных почв по системе показателей гумусного состояния (**рис. 9**) методами многомерного статистического анализа – кластерный, дискриминантный, канонический (**рис. 10**). Установлены наиболее информативные признаки сходства и/или различия кластеров. Значимые для дискриминации показатели состояния органического вещества формируют две дискриминантные функции. Первая обладает наибольшими дискриминирующими возможностями различать кластеры (80%) и включает показатели,

которые характеризуют глубину преобразования торфяных почв: степень гумификации ($\Sigma\text{ГК} + \Sigma\text{ФК}$), тип гумуса (отношение $\text{C}_{\text{ГК}}/\text{C}_{\text{ФК}}$), соотношение фракций гумусовых веществ ($\text{C}_{0.02 \text{ н NaOH}}/\text{C}_{0.1 \text{ н NaOH}}$). Функцией 1 дискриминируются кластеры торфяных почв высокогорья: мерзлотные олиготрофные альпийско-тундрового пояса (1460 м над ур. м.) и олиго-мезотрофные субальпийского пояса (1087 м). Вторая дискриминантная функция обеспечивает меньшую долю различия (16%) и включает показатели исходного состояния растений-торфообразователей: гемицеллюлозы и целлюлоза. Функцией 2 дискриминируются кластеры торфяных почв лесного пояса: мезоэутрофные горно-таежного пояса (832 м) и эутрофные подтаежно-лесостепного пояса (622–573 м над ур. м.). Гумусное состояние горных торфяных почв соответствует их диагностике по принципу насыщенности основаниями и величине рН, а также отражает общие признаки горного почвообразования – увеличение гумусированности с высотой, установленной ранее для почв минерального ряда. Область применения результатов: научное обоснование районирования и хозяйственного использования горных торфяных болот, а также торфогеохимического поиска рудных месторождений.

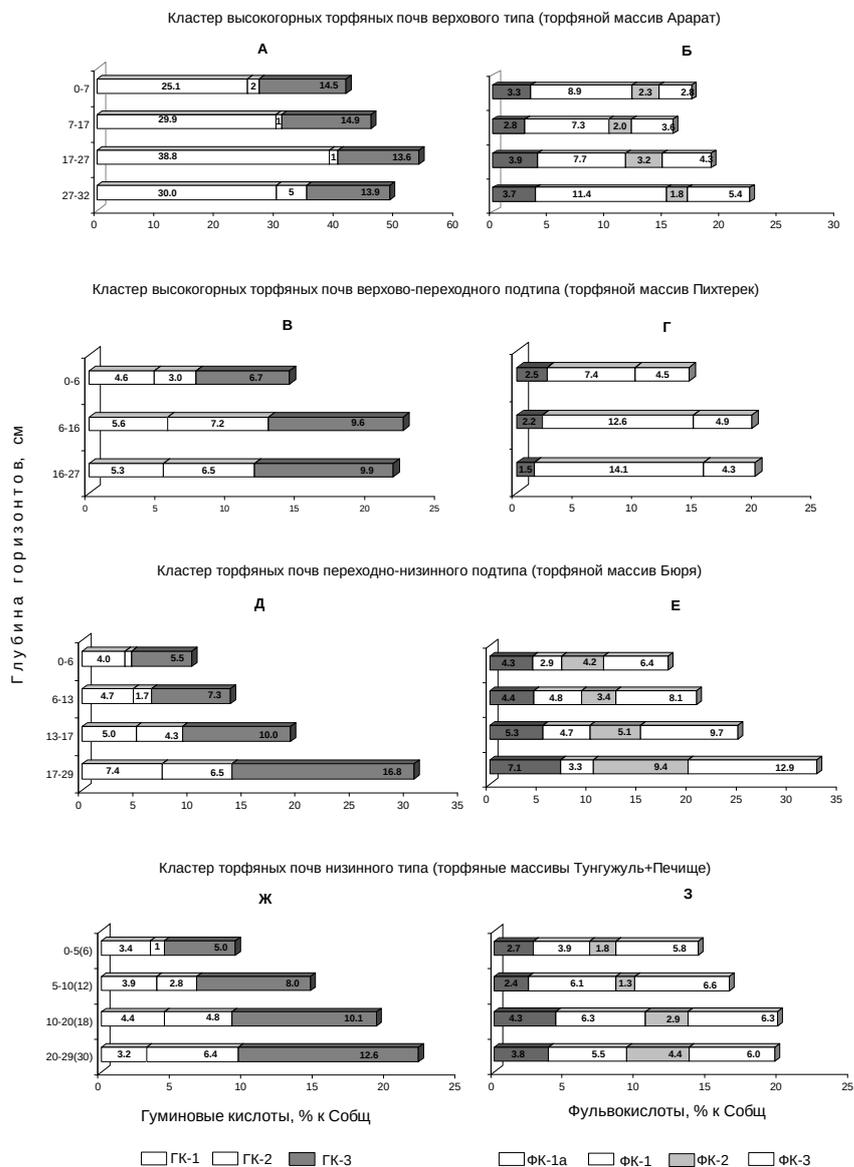


Рис. 9. Фракционный состав гуминовых кислот (А, В, Д, Ж) и фульвокислот (Б, Г, Е, З) кластеров горных торфяных почв.

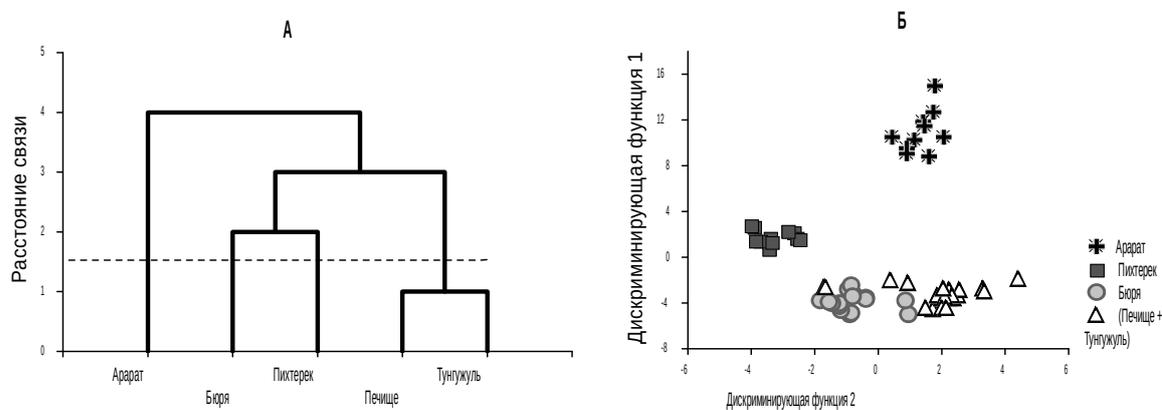


Рис. 10. Вертикальная древовидная диаграмма торфяных массивов по состоянию органического вещества (А) и размещение сгруппированных объектов в координатах двух канонических дискриминантных функций (Б).

II. Изучены характеристики живого напочвенного покрова в контрольном и антропогенно нарушенном сосняках Красноярской лесостепи. Установлено, что в настоящее время концентрации токсичных элементов в растениях не достигают избыточных значений, при которых происходит нарушение гомеостаза. Это позволяет предположить, что изменения в напочвенном покрове (*табл. 3*), отмеченные в настоящее время по отношению к состоянию напочвенного покрова в 2002 г., в большей мере обусловлены рекреационной, нежели техногенной нагрузкой.

Таблица 3. Характеристика напочвенного покрова в 2002 г (в числителе) и 2017 г (в знаменателе)

| Показатели | Пробные площади | | | |
|--|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| | ПП 1 (Березовка) | ПП 2 (Есаулово) | ПП 3 (Юкеево) | ПП 4 (Погорелка) |
| Индекс Шеннона | <u>1.41</u> 2.59 | <u>1.79</u> 2.06 | <u>3.02</u> 3.27 | <u>3.0</u> 3.11 |
| Коэффициент Сёренсена– Чекановского* | 0.55 | 0.72 | 0.75 | 0.91 |
| Индекс синантропизации | <u>33.3</u> 14.71 | <u>9.52</u> 8.0 | <u>9.09</u> 19.15 | <u>2.27</u> 0 |
| Стадия деградации напочвенного покрова | <u>III</u> II | <u>II</u> II | <u>I</u> II | <u>I</u> I |

Примечание* Коэффициент Сёренсена–Чекановского показывает сходство видового состава между 2002 и 2017 гг.

III. На примере ключевых территорий горных районах юга Сибири с использованием ГИС и ДДЗ разработаны среднемасштабные лесные карты нового содержания, отражающие не только формационный состав, но и ландшафтно-зональную принадлежность лесных массивов. разработаны приемы и методы использования спутниковых систем дистанционного зондирования в сочетании с ГИС-технологиями в целях совершенствования методов инвентаризации, мониторинга, изучения географии лесного покрова, меняющейся под воздействием внешних факторов (рис. 11). Это позволяет перейти к внедрению в практику лесоуправления качественной природной основы, востребованной на всех уровнях лесного планирования - от планов освоения лесных участков до лесных планов субъектов Российской Федерации.

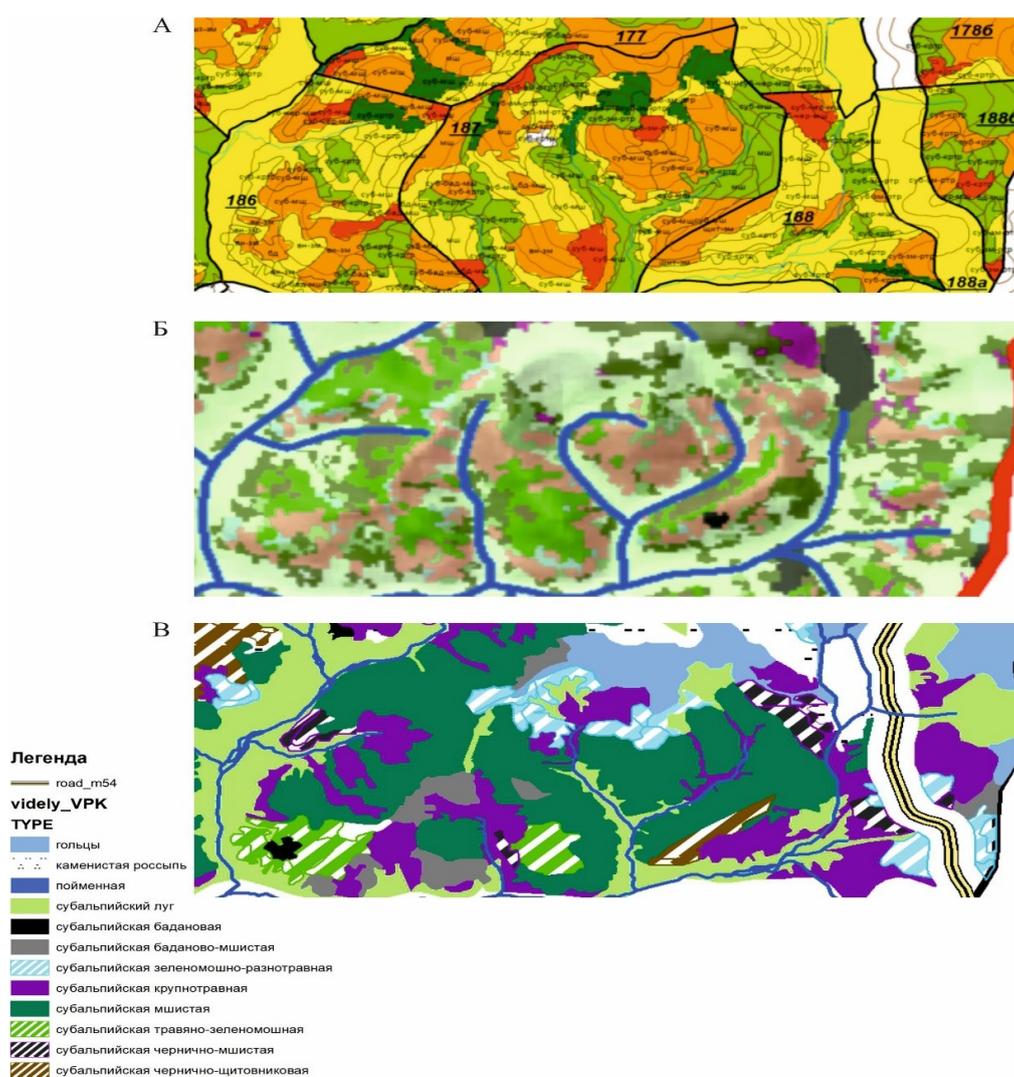


Рис. 11. Пример анализа ландшафтно-типологической структуры растительного покрова на части ключевого полигона «Танзыбейский»: А – орографическая структура полигона (по крутизне и форме склонов); Б – идентификация растительного покрова на основе обработки материалов съемки Sentinel; В – типологическая структура полигона.

IV. Проведена оценка послепожарного восстановления живого напочвенного покрова на начальной стадии пирогенной сукцессии (1–8 лет) после экспериментальных низовых пожаров в смешанных лиственнично-сосновых сообществах в подзоне южной тайги (Нижнее Приангарье). Выявлено, что на начальной стадии пирогенной сукцессии видовое разнообразие (индекс Шеннона) было выше после пожаров низкой и высокой интенсивности, чем после средней. Интенсивность пожара оказала существенное влияние на снижение проективного покрытия видов травяно-кустарничкового яруса и мохового покрова, которое увеличивается со временем после пожарного периода. Ведущим фактором формирования элементов мозаики является неоднородность выгорания живого напочвенного покрова (при низкой и средней интенсивности пожара). Низовые пожары высокой интенсивности привели к полной трансформации горизонтальной структуры напочвенного покрова. Снижение сомкнутости древостоя при высокой интенсивности пожаров привело к увеличению проективного покрытия и встречаемости инициального вида (*Epilobium angustifolium*). На начальной стадии пирогенной сукцессии на месте погибшего мохового покрова сформировались производные микрогруппировки с участием инициальных видов (*Epilobium angustifolium*, *Calamagrostis epigeios*, *Marchantia polymorpha*) (рис. 12).

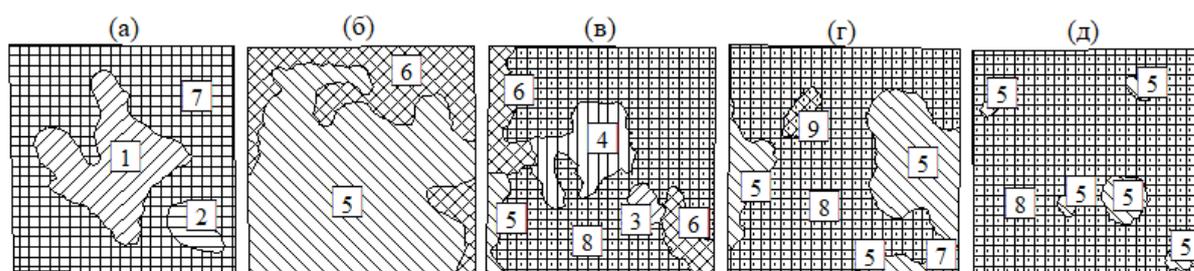


Рис. 12. Изменение горизонтальной структуры живого напочвенного покрова до и после пожара высокой интенсивности (а – до пожара; б – через год; в – через 2 года; г – через 3 года; д – через 5 лет после пожара). *Примечание:* Микрогруппировки: 1 – бруснично-зеленомошная; 2 – бруснично-осоковая; 3 – вейниковая; 4 – вейниково-кипрейная; 5 – разнотравная; 6 – разнотравно-вейниковая; 7 – разнотравно-зеленомошная; 8 – разнотравно-кипрейная; 9 – разнотравно-осоковая.

V. Проведена реконструкция истории локальных лесных пожаров и их интенсивности в девственных лесах средней тайги Енисейского левобережья (60°53–89°38). Установлено, что на левобережье р. Сым в пределах исследованной территории низко интенсивные пожары отмечены во время 8015, 6795, 2675, 2280, 1780, 1550 лет назад (л. н.). В правобережной части долины р. Дубчес в ее нижнем течении, низко интенсивные пожары имели место во время 7790, 7412, 5958, 5745, 5030, 2339, 1351, 1099 л. н., а пожары высокой интенсивности – во время 12237, 7174, 5940, 5427, 4914, 2187,

2072, 1957 л. н. Наибольшее количество пожаров как низко– так и высоко интенсивных характерно для атлантического периода голоцена. Пожары на болотах способствовали активизации лесообразовательного процесса. Послепожарные сукцессии были представлены березовыми и березово-сосновыми травяными фитоценозами.

VI. Построена предварительная классификация лесных фитоценозов в районе с. Байкит (подзона средней тайги Средней Сибири, бассейн р. Подкаменная Тунгуска). Всего выделено 5 фитоценозов. 3 фитоценоза темных хвойных лесов (лиственничники с елью и кедром голубично-разнотравно-зеленомошные (Лгрз), кедрово-еловые (и производные березовые) чернично-травяно-зеленомошные леса (Кчтз), елово-березовые хвощево-вейниково-разнотравные леса (Ехвр)) предварительно отнесенных к порядку *Piceetalia excelsae*. 2 фитоценоза светлых хвойных лесов (лиственничники кустарничково-зеленомошные (Лкз), лиственничники хамедафново-сфагновые (Лхс)) предварительно отнесены к порядку *Ledo palustris-Laricetalia gmelinii*. DCA-ординация показала достоверные отличия фитоценозов по двум основным осям (**рис. 13**), предположительно ось 1 показывает отношение типов сообществ к освещению, а ось 2 – их отношение к трофности почв.

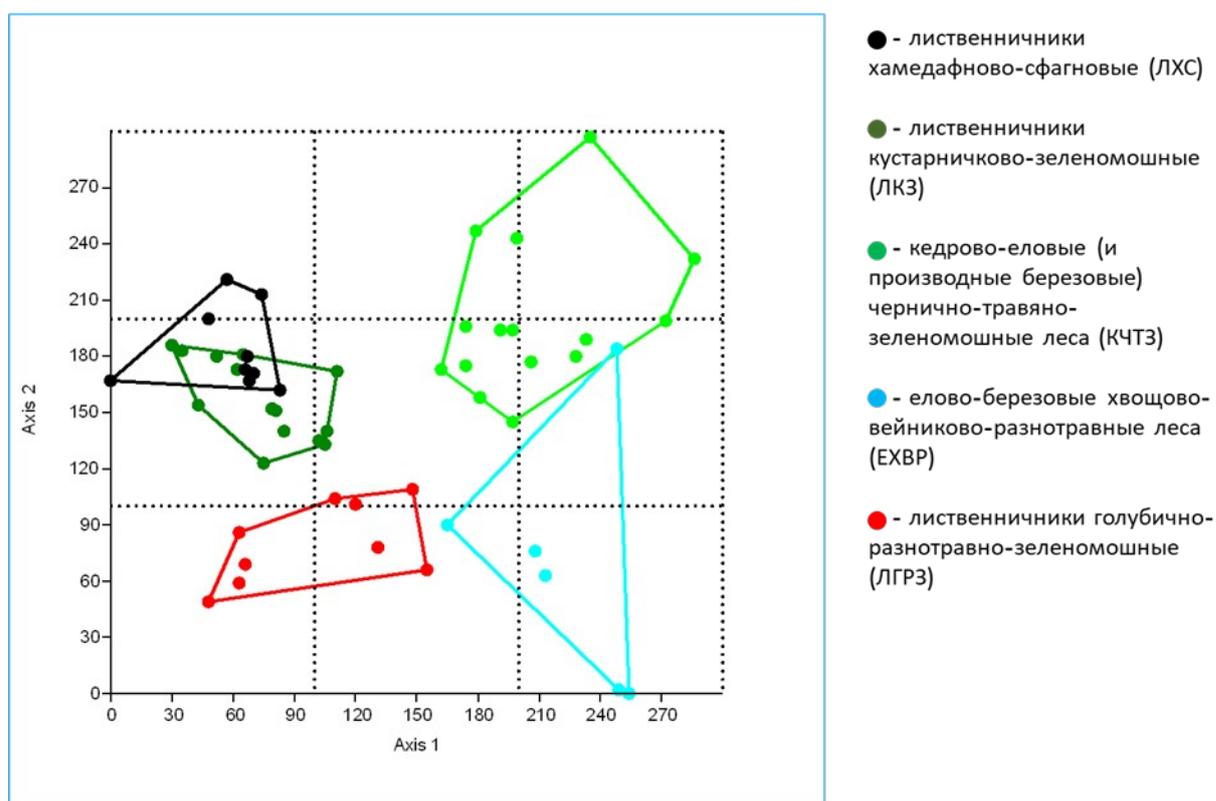


Рис. 13. DCA-ординация типов лесных сообществ (фитоценозов) в районе пос. Байкит (подзона средней тайги Средней Сибири).

VII. Установлено, что семейственно-видовой невзвешенный спектр локальной эпигейной бриофлоры района пос. Тура, Эвенкия (**табл. 4**) в целом сходен с таковыми для бореальных локальных и региональных флор Сибири, с преобладанием видов *Sphagnaceae* и *Dicranaceae*. При этом во взвешенном спектре абсолютно преобладает *Hylocomiaceae* за счет повсеместного доминирования в лесах *Pleurozium schreberi* и *Hylocomium splendens*, второе место занимает *Aulacomniaceae* за счет активности в основном *Aulacomnium palustre* во влажных и заболоченных лиственничниках, а многовидовые *Dicranaceae* и *Sphagnaceae* отодвигаются на 3–4 места, вследствие небольшого обилия в конкретных фитоценозах, либо редкой встречаемости самих фитоценозов (болот). Семейства *Amblystegiaceae*, *Polytrichaceae*, *Pylaisiaceae* занимают средние части спектров, как по числу видов, так и по их активности. Также обращает на себя внимание появление в нижней части взвешенного спектра *Rhytidiaceae* и *Ptilidiaceae* за счет, как доминирования в локальных условиях (*Rhytidium rugosum* в лесах на крутых южных склонах), так и повсеместной встречаемости с небольшим обилием (*Ptilidium ciliare*) с единственными видами.

Таблица. 4. Семейственно-видовые спектры локальной эпигейной бриофлоры в районе пос. Тура, Эвенкия

| Семейство | ∑ видов | % | № | Семейство | ∑ акт-ти | % |
|---------------------------|---------|-------|----|------------------------|----------|-------|
| <i>Sphagnaceae</i> | 13 | 16,05 | 1 | <i>Hylocomiaceae</i> | 64 | 32,49 |
| <i>Dicranaceae</i> | 10 | 12,35 | 2 | <i>Aulacomniaceae</i> | 18 | 9,14 |
| <i>Amblystegiaceae</i> | 7 | 8,64 | 3 | <i>Dicranaceae</i> | 17 | 8,63 |
| <i>Calliergonaceae</i> | 5 | 6,17 | 4 | <i>Sphagnaceae</i> | 14 | 7,11 |
| <i>Grimmiaceae</i> | 5 | 6,17 | 5 | <i>Polytrichaceae</i> | 11 | 5,58 |
| <i>Polytrichaceae</i> | 5 | 6,17 | 6 | <i>Amblystegiaceae</i> | 10 | 5,08 |
| <i>Pylaisiaceae</i> | 4 | 4,94 | 7 | <i>Rhytidiaceae</i> | 9 | 4,57 |
| <i>Ditrichaceae</i> | 3 | 3,7 | 8 | <i>Pylaisiaceae</i> | 8 | 4,06 |
| <i>Mielichhoferiaceae</i> | 3 | 3,7 | 9 | <i>Ptilidiaceae</i> | 7 | 3,55 |
| <i>Hylocomiaceae</i> | 3 | 3,7 | 10 | <i>Calliergonaceae</i> | 6 | 3,05 |

VIII. Проведена сравнительная палеоботаническая (палеокарпологическая) оценка динамики фитоценотической структуры растительного покрова 2-х климатических фаций горной системы Западный Саян в позднем голоцене. На основе анализа палеокарпологического материала, подкрепленного определениями абсолютного возраста по ^{14}C , были выделены эколого-ценотические спектры фитоценозов разного гипсометрического уровня по временным отрезкам позднего голоцена. Это позволило определить трансформации структуры высотно-поясных типов растительности, обусловленные главным образом циклами климатических изменений (**табл. 5**).

Таблица 5. Динамика типов растительности Западного Саяна в разных климатических фациях в позднем голоцене

| Временные отрезки позднего голоцена, лет назад | Время датированное по ¹⁴ С, лет назад | Влажная | | Недостаточно влажная | |
|--|--|---|--|---|--|
| | | метры над уровнем моря | | | |
| | | 1800 | 1900 | 1800 | 1900 |
| Современный | | Кедровник подгольцовый с лиственницей кустарниково-ерниково-моховой $1\sum T > 10^{\circ}\text{C} = 500^{\circ}\text{C}$ $2\sum P_{\text{мм}}/\text{год} = 1350\text{мм}$ | Кедровое редколесье ерниково-моховое $\sum T > 10^{\circ}\text{C} = 350^{\circ}\text{C}$ $\sum P_{\text{мм}}/\text{год} = 1350\text{мм}$ | Степь лугово-разнотравная $\sum T > 10^{\circ}\text{C} = 600^{\circ}\text{C}$ $\sum P_{\text{мм}}/\text{год} = 450\text{мм}$ | Степь злаковая $\sum T > 10^{\circ}\text{C} = 550^{\circ}\text{C}$ $\sum P_{\text{мм}}/\text{год} = 450\text{мм}$ |
| 0 - 500 | | Редколесье лиственничное с кедром ерниково-разнотравное | Тундра лугово-ерниковая $\sum T > 10^{\circ}\text{C} = 300^{\circ}\text{C}$ $\sum P_{\text{мм}}/\text{год} = 950\text{мм}$ | Степь лугово-разнотравная с колками из сосны $\sum T > 10^{\circ}\text{C} = 600^{\circ}\text{C}$ $\sum P_{\text{мм}}/\text{год} = 350\text{мм}$ | Лесостепь лиственничная разнотравная $\sum T > 10^{\circ}\text{C} = 650^{\circ}\text{C}$ $\sum P_{\text{мм}}/\text{год} = 550\text{мм}$ |
| 500 -1000 | 890±40 | Лиственничник подгольцовый с кедром мохово-ерниковый $\sum T > 10^{\circ}\text{C} = 600^{\circ}\text{C}$ $\sum P_{\text{мм}}/\text{год} = 450\text{мм}$ | Тундра мохово-ерниковая $\sum T > 10^{\circ}\text{C} = 500^{\circ}\text{C}$ $\sum P_{\text{мм}}/\text{год} = 550\text{мм}$ | Лесостепь лиственничная осоково-разнотравная $\sum T > 10^{\circ}\text{C} = 700^{\circ}\text{C}$ $\sum P_{\text{мм}}/\text{год} = 550\text{мм}$ | Сосняк остепененный разнотравный $\sum T > 10^{\circ}\text{C} = 500^{\circ}\text{C}$ $\sum P_{\text{мм}}/\text{год} = 750\text{мм}$ |
| 1000 -2000 | 1350±50 2000±10 0 | Лиственнично-кедровый с березой разнотравно-злаковый $\sum T > 10^{\circ}\text{C} = 600^{\circ}\text{C}$ $\sum P_{\text{мм}}/\text{год} = 500\text{мм}$ | Редколесье лиственничное разнотравно-кустарничковое | Степь лугово-злаковая $\sum T > 10^{\circ}\text{C} = 600^{\circ}\text{C}$ $\sum P_{\text{мм}}/\text{год} = 450\text{мм}$ | Лесостепь лиственнично-березовая разнотравная $\sum T > 10^{\circ}\text{C} = 650^{\circ}\text{C}$ $\sum P_{\text{мм}}/\text{год} = 550\text{мм}$ |
| 2000 -2500 | 2465±75 | Лиственничник подгольцовый ольховниково-ерниковый $\sum T > 10^{\circ}\text{C} = 350^{\circ}\text{C}$ $\sum P_{\text{мм}}/\text{год} = 900\text{мм}$ | Тундра ерниковая $\sum T > 10^{\circ}\text{C} = 300^{\circ}\text{C}$ $\sum P_{\text{мм}}/\text{год} = 950\text{мм}$ | Лиственничник с ивой разнотравно-осоковый $\sum T > 10^{\circ}\text{C} = 600^{\circ}\text{C}$ $\sum P_{\text{мм}}/\text{год} = 750\text{мм}$ | Лиственничник разнотравно-кустарниковый $\sum T > 10^{\circ}\text{C} = 550^{\circ}\text{C}$ $\sum P_{\text{мм}}/\text{год} = 750\text{мм}$ |

Примечания: ¹ $\sum T > 10^{\circ}\text{C}$ – сумма температур выше десяти градусов по Цельсию в градусах по Цельсию, $\sum P_{\text{мм}}/\text{год}$ – среднее годовое количество осадков в миллиметрах [5]; ² – радиоуглеродные датировки выполнены в лаборатории радиоуглеродного анализа ИЛИД СО АН СССР, ³Института геологии и минералогии им В.С. Соболева СО РАН

Реконструкция динамики фитоценотической структуры растительного покрова для юго-западной части Западного Саяна показала, что при выраженном тренде климата в сторону ослабления или повышения континентальности, ответные реакции природных экосистем как на локальном, так и на региональном уровне неоднозначны. В южной климатической фации преобразования структуры высотно-поясных типов растительности зависели главным образом от степени увлажнения и представляли собой чередование разных вариантов степей и лесостепей и подтаежных комплексов.

3. Биоразнообразие фоновых и антропогенно модифицированных лесов

I. Дана оценка продуктивности и видового разнообразия фитоценоза, сформировавшегося на опытном участке лесной рекультивации, созданном на неэксплуатируемой песчаной части площадки кустового бурения месторождения нефти ОАО "Сургутнефтегаз", размещённой на грядово-озерковом болотном комплексе в зоне средней тайги в Сургутском Полесье. Установлено, что мелиорация торфами и отходами бурения бедных песчаных субстратов в сочетании с посадками древесных растений, прежде всего видов ив, приводит к ускоренному формированию сомкнутых берёзово-ивовых древостоев с примесью хвойных пород (табл. 4). Благоприятные условия для формирования древесных фитоценозов создаются также и на межделяночном пространстве, где густота подроста составляет 38 тыс.шт./га. Сделан вывод о том, что создание культур ив и других видов древесных растений из числа «пионерных», а также «мозаичная» мелиорация песков ускоряют процесс естественного зарастания площадок бурения нефтяных скважин в Сургутском Полесье (*рис. 14*).



Рис. 14. Инициация лесообразовательного процесса посадкой пионерных видов древесных растений и частичной мелиорацией песков на месте техногенной пустоши. Опыт заложен 20 лет назад. Куст №6 Тянского м/р нефти ОАО "Сургутнефтегаз".

II. Создана цифровая эколого-геоморфологическая карта ленточных боров Алтая, учитывающая пространственные границы популяций, установленные методом ДНК-анализа. Анализ изменчивости митохондриальной ДНК свидетельствует в пользу Южно-Уральского происхождения сосны, как в ленточных борах, так и, вероятно, на значительной части территории Западной Сибири. Её популяционная структура на территории ленточных боров сформировалась, по-видимому, в голоцене, преимущественно под влиянием эколого-географических факторов, важнейшими из которых были сухость климата, уровень грунтовых вод и наличие местных изоляционных барьеров, снижающих обмен генами. Цифровая карта эколого-геоморфологической характеристики ленточных боров Кулунды масштаба 1: 500 000 представлена в электронной версии и составлена с помощью лицензионной компьютерной программы ArcGIS (версия 10.5.0.6491) при интерпретации материалов дистанционного зондирования. Стандартный размер карты – А0, книжной ориентации, высотой 118,88 см и шириной 84,1 см (рис. 15).



Рис. 15. Фрагмент карты эколого-геоморфологической характеристики ленточных боров Кулунды

III. С целью инвентаризации и выбора эффективных методов лесовосстановления для поддержания оптимального уровня биоразнообразия лесных экосистем в лесостепной зоне Средней Сибири проведено изучение генетического разнообразия аллозимов (изоферментов) в популяциях сосны обыкновенной и оценке влияния вариантов рубок на показатели генетического разнообразия у подроста. Установлено, что наибольший негативный эффект от рубок проявился в сокращении аллельного разнообразия аллозимов, при этом лучшая сохранность и даже более высокие показатели генетического разнообразия по сравнению с контролем наблюдались на участке, пройденном 10 лет назад низовым пожаром, с выборочной рубкой интенсивностью 35%. Сделано заключение о целесообразности внедрения в практику лесного хозяйства предварительного контролируемого выжигания участков сосняков, планируемых к рубке, в пожаробезопасный период в некоторых типах леса и лесорастительных условий лесостепей. В целом проведённые исследования показали, что наряду с такими составляющими лесохозяйственного мониторинга, как лесопожарный и санитарно-защитный, необходимо организовать дополняющий их генетический мониторинг популяций основных лесообразующих древесных видов.

IV. Дана геоботаническая характеристика разнообразия пойменных лесных сообществ на различных стадиях их сукцессий в подтайге и северной лесостепи (р. Обь, Томская обл., Новосибирская обл.). Установлено, что в подзоне подтайги (Болотнинский район Новосибирской области, Кожевниковский район Томской области) пойменные леса подтаежного отрезка р. Оби представлены 4 формациями: топольниками (*P. alba*, *P. nigra*), ветляниками (*Salix alba*), елово-березовыми лесами и березняками; в подзоне северной лесостепи (Колыванский р-н Новосибирской обл.) представлены ветляниками, осокорниками, белотопольниками, серотопольниками, березняками и сосняками. На южнотаежном отрезке р. Оби впервые детально изучены евтрофные кочкарные (*Carex juncella*, *Carex cespitosa*) березово (*Betula pubescens*)-кустарниковые (*Salix rosmarinifolia*, *Spiraea salicifolia*, *Salix cinerea*) болота, относящиеся в эколого-флористической классификации к ассоциации Carici juncellae-Salicetum rosmarinifoliae класса Alnetea glutinosae (**табл. 6**). Показано, что ареал ассоциации охватывает 830-километровый отрезок поймы Оби от подтайги до средней тайги: от Шегарского р-на Томской области до г. Сургута. На большинстве отрезков обской поймы стабильны объем локальной сосудистой ценофлоры субассоциации (52–53 вида) и средняя видовая насыщенность сообществ сосудистыми растениями (20–21 вид на 100 м²). В то же время с юга на север в составе сообществ наблюдаются изменения, интерпретированные как

внутриценотический отклик сообществ ассоциации на плавные изменения экологического режима поймы при движении в географическом пространстве с юга на север.

Таблица 6. Общая характеристика сообществ асс. *Carici juncellae-Salicetum rosmarinifoliae* на разных отрезках течения р. Оби (по: Таран, Dyachenko, 2019).

| Административные районы | Шегарский | Кривошеинский | Александровский | Сургутский (ХМАО) |
|--|-----------|---------------|-----------------|-------------------|
| Природная подзона | подтайга | южная тайга | средняя тайга | |
| Литературные источники | [1] | [6] | [2, 3] | [4, 5] |
| Общее число описаний | 8 | 5 | 12 | 12 |
| В том числе описаний со мхами | 8 | 5 | 9 | 12 |
| Средняя площадь описания, м ² | 25–100 | 100 | 100 | 100 |
| Средняя высота деревьев, м | 3–4 | 5–9 | 7 | 10 |
| Среднее ОПП древостоя, % | 9 | 7 | 15 | 16 |
| Среднее ОПП кустарников, % | 58 | 34 | 21 | 22 |
| Среднее ОПП травостоя, % | 62 | 48 | 26 | 33 |
| Среднее ОПП мхов (ярус D), % | 3 | 14 | 30 | 27 |
| Среднее ОПП кочек, % | нд | 20 | 38 | 46 |
| Средняя высота кочек, см | 30–40 | 59 | 47 | 41 |
| Среднее ЧВ сосудистых | 20.8 | 27.2 | 19.8 | 20.8 |
| Общее ЧВ сосудистых | 53 | 39 | 52 | 52 |
| Среднее ЧВ мхов | 4.0 | 18.2 | 10.9 | 18.5 |
| Общее ЧВ мхов | 11 | 28 | 38 | 54 |
| Общее ЧВ печеночников | 0 | 2 | 1 | 6 |

Примечание. ХМАО – Ханты-Мансийский автономный округ. Литература: 1 – Lapshina, 2006; 2 – Таран, 2009; 3 – Таран и др., 2006; 4 – Таран, Тюрин, 2006; 5 – Таран и др., 2005; 6 – Таран, Dyachenko, 2019; «нд» – нет данных; ЧВ – число видов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научный результат за 2019 год по проекту «Биоразнообразие коренных хвойных и производных лесных экосистем» включает основные достижения по 3 блокам: 1) генетико-селекционные факторы биоразнообразия лесов; 2) экологические факторы

биоразнообразия лесов; 3) биоразнообразии фоновых и антропогенно модифицированных лесов (всего представлено в отчете 27 достижений).

В качестве важнейшего достижения по проекту в целом за 2019 г. позиционированы результаты кариологического исследования популяций субарктической расы лиственницы сибирской (*L. sibirica* var. *polaris* Dylis) и лиственницы Гмелина (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.) на п-ове Таймыр диагностированы значимые межвидовые различия по длине хромосом диплоидного набора; частоте встречаемости миксоплоидов ($2n = 24, 36; 2n = 24, 48; 2n = 24, 36, 48$); локализации вторичных перетяжек; встречаемости хромосомных перестроек; степени асимметрии кариотипа. Впервые для хвойных проведено кариологическое изучение полиплоидных клеток. Установлено, что тетраплоидные клетки *L. gmelinii* по сравнению с триплоидными характеризуются более асимметричным кариотипом и меньшей длиной хромосом, формула кариотипа триплоидной клетки – $2n = 9 m + 9 sm$, тетраплоидной – $2n = 12 m + 12 sm$. Результаты кариологического анализа согласуются с представлениями о том, что совместное произрастание *L. gmelinii* и *L. sibirica* на Таймыре в прошлом привело к их вероятному скрещиванию и формированию в данном регионе таймырской формы *L. gmelinii* гибридогенного происхождения

Возможные области применения результатов целевых исследований: рационализация и экспертиза методов неистощительного лесопользования и управления ресурсами леса; совершенствование региональной природоохранной политики; использование весомых и невесомых полезностей леса в образовательных, туристических, общественно-воспитательных, заготовительных и других рекреационных целях.

По каждому из 3 блоков проекта (генетико-селекционные факторы биоразнообразия лесов; экологические факторы биоразнообразия лесов; биоразнообразии фоновых и антропогенно модифицированных лесов) представлены наиболее значимые результаты за 2019 год (всего 27 результатов). Приведен перечень работ, которые в соответствии с государственным заданием вошли в Отчет за 2019 год: 32 публикации в периодических научных журналах и материалах конференций с DOI (в том числе 14 статей в изданиях, индексируемых Web of Science и Scopus).

ПРИЛОЖЕНИЕ А.

ПЕРЕЧЕНЬ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМАТИКЕ ПРОЕКТА В СООТВЕТСТВИИ С

ГОСУДАРСТВЕННЫМ ЗАДАНИЕМ 2019 Г. (ВСЕГО 32):

WEB OF SCIENCE, SCOPUS (14):

1. Бажина Е.В., Седаева М.И., Муратова Е.Н. Мейоз при микроспорогенезе у ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) в условиях юга Средней Сибири // Онтогенез. – 2019. – Т. 50, № 3. – С. 170-180. DOI: [10.1134/S0475145019030029](https://doi.org/10.1134/S0475145019030029). Переводной вариант: Vazhina E.V., Cedaeva M.I., Muratova E.N. Meiosis during microsporogenesis in Siberian spruce (*Picea obovata* Ledeb.) in the south of Central Siberia // Russian Journal of Developmental Biology. – 2019. – Vol. 50, N 3. – P. 113–123. DOI: [10.1134/S1062360419030020](https://doi.org/10.1134/S1062360419030020).
2. Ветрова В.П., Баркалов В.Ю., Синельникова Н.В., Барченков А.П. О таксационном статусе лиственниц Камчатки и Курильских островов на основе морфологии семенных чешуй шишек // Ботанический журнал. – 2018. – Т. 102, № 12. – С. 1565–1587. DOI: [10.1134/S0006813618120050](https://doi.org/10.1134/S0006813618120050).
3. Ефремова Т.Т., Аврова А.Ф. Регрессионные модели кислотно-основных свойств торфяных болот как оперативные критерии их классификации по химическому принципу // Сибирский экологический журнал. – 2019. – № 4. – С. 397–409. DOI [10.15372/SEJ20190403](https://doi.org/10.15372/SEJ20190403). Переводной вариант: Efremova T.T., Avrova A.F. Regression models of acid-base properties of peat swamps as operational criteria for their chemical classification // [Contemporary Problems of Ecology](https://doi.org/10.1134/S1995425519040024). – 2019. – Vol. 12, N 4. – P. 321–331. DOI: [10.1134/S1995425519040024](https://doi.org/10.1134/S1995425519040024).
4. Ефремова Т.Т., Ефремов С.П., Мелентьева Н.В., Аврова А.Ф. Формализованный анализ гумусного состояния горных торфяных почв на уровне высотных поясов // Почвоведение. – 2019. – № 8. – С. 923–934. DOI: [10.1134/S0032180X19080070](https://doi.org/10.1134/S0032180X19080070). Переводной вариант: Efremova T.T., Efremov S.P., Melent'eva N.V., Avrova A.F. Formal criteria for the humus status of mountainous peat soils in altitudinal zones // Eurasian Soil Science. – 2019. – Vol. 52, N 8. – P. 892–902. DOI: [10.1134/S1064229319080076](https://doi.org/10.1134/S1064229319080076).
5. Коновалова М.Е., Данилина Д.М. Структура ценопопуляций ключевых видов черневых кедровых лесов Западного Саяна на климаксовой стадии развития // Экология. – 2019. – №3. – С. 189–195. DOI: [10.1134/S1067413619030081](https://doi.org/10.1134/S1067413619030081). Переводной вариант: Konovalova M.E., Danilina D.M. Cenopopulation structure of key species in climax Siberian pine chern forests of the Western Sayan Mountains // Russian Journal of Ecology. – 2019. – Vol. 50. – N 3. – P. 234–240. DOI: [10.1134/S1067413619030081](https://doi.org/10.1134/S1067413619030081).
6. Милютин Л.И., Новикова Т.Н. Дискуссионные проблемы лесной генетики и селекции // Лесоведение. – 2019. – № 6. – С. 585–589. DOI: [10.1134/S0024114819060068](https://doi.org/10.1134/S0024114819060068).

7. Орешкова Н.В., Бондар Е.И., Путинцева Ю.А., Шаров В.В., Кузьмин Д.А., Крутовский К.В. Разработка ядерных микросателлитных маркеров с длинными (трех-, четырех-, пяти- и шестинуклеотидными) мотивами для трех видов лиственницы на основе полногеномного de novo секвенирования лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) // Генетика. – 2019. – Т. 55, № 4. – С. 418–425. DOI: [10.1134/S001667581904009X](https://doi.org/10.1134/S001667581904009X).
Переводной вариант: **Oreshkova N.V., Bondar E.I., Putintseva Yu.A., Sharov V.V., Kuzmin D.A., Krutovsky K.V.** Development of nuclear microsatellite markers with long (tri-, tetra-, penta-, and hexanucleotide) motifs for three larch species based on the de novo whole genome sequencing of Siberian Larch (*Larix sibirica* Ledeb.) // Russian Journal of Genetics. – 2019. – Vol. 55, N 4. – P. 444–450. DOI: [10.1134/S1022795419040094](https://doi.org/10.1134/S1022795419040094)
8. Седельникова Т.С., Пименов А.В. Кариологическое исследование сибирских видов лиственниц *Larix sibirica* and *Larix gmelinii* на Таймыре // Цитология и генетика. – 2019. – Т. 53, № 3. – С. 25–37. Переводной вариант: Sedel'nikova T.S., Pimenov A.V. Karyological Study of Siberian Larch Species *Larix sibirica* and *Larix gmelinii* in Taimyr // Cytology and Genetics. – 2019. – Vol. 53, N 3. – P. 202–211. DOI: [10.3103/S0095452719030046](https://doi.org/10.3103/S0095452719030046)
9. Тихонова И.В., Корец М.А. Изучение адаптивной нормы реакции популяций основных лесобразующих видов хвойных в Средней Сибири на основе косвенных данных // Журнал общей биологии. – 2019. – Т. 80, № 1. – С. 68–80. DOI: [10.1134/S0044459619010068](https://doi.org/10.1134/S0044459619010068)
10. Тихонова Н.А., Тихонова И.В. Вододерживающая способность хвои в популяциях основных лесобразующих видов хвойных в лесах таежной зоны Сибири // ИВУЗ «Лесной журнал». – 2019. – № 5. – С. 83–94. DOI: [10.17238/issn0536-1036.2019.5.83](https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2019.5.83)
11. Третьякова И.Н., Пак М.Э., Баранова А.А., Лисецкая И.А., Шуклина А.С., Рогожин Е.А., Садыкова В.С. Использование антимикробных пептидов микромицетов рода *Trichoderma* для выхода эмбриогенной культуры *Larix sibirica* // Онтогенез. – 2019. – Т. 50, № 1. – С. 41–52. DOI: [10.1134/S0475145019010051](https://doi.org/10.1134/S0475145019010051). Переводной вариант: Tret'yakova I.N., Park M.E., **Baranova A.A., Lisetskaya I.A., Shuklina A.S., Rogozhin E.A., Sadykova V.S.** Use of antimicrobial peptides secreted by *Trichoderma* micromycetes to stimulate embryogenic cultures of *Larix sibirica* // Russian Journal of Developmental Biology. – 2018. – Vol. 49, N 6. – P. 370–380. DOI: [10.1134/S1062360419010053](https://doi.org/10.1134/S1062360419010053).
12. Schepaschenko D., Chave J., Phillips O., Lewis S., Davies S., Réjou-Méchain M., Sist P., Scipal K., Perger C., Hérault B., Labrière N., Hofhansl F., Affum-Baffoe K., Aleinikov A., Alonso A., Amani C., Araujo-Murakami A., Armston J., Arroyo L., Ascarrunz N., Azevedo C., Baker T., Bałazy R., Bedeau C., Berry N., Bilous A., Bilous S., Bissiengou P., Blanc L.,

Bobkova K., Braslavskaya T., Brienen R., Burslem D. F. R. P., Condit R., Sanchez A. C., Danilina D., del Castillo Torres D., Derroire G., Descroix L., Sotta E., d'Oliveira M., Dresel C., Erwin T., Evdokimenko M., Falck J., Feldpausch T., Foli E., Foster R., Fritz S., Garcia-Abril A. D., Gornov A., Gornova M., Gothard-Bassébé E., Gourlet-Fleury S., Guedes M., Hamer K., Susanty F. H., Higuchi N., Honorio Coronado E., Hubau W., S. Hubbell, Ilstedt U., Ivanov V., M. Kanashiro, Karlsson A., Karminov V., Killeen T., Koffi Konan J., Konovalova M., Kraxner F., Krejza J., Krisnawati H., Krivobokov L., Kuznetsov M., Lakyda I., Lakyda P., Licona J. C., Lucas R., Lukina N., Lussetti D., Malhi Y., Manzanera J., Marimon B. S., Marimon-Junior B. H., Martinez R., Martynenko O., Matsala M., Matyashuk R., Mazzei L., Memiaghe H., Mendoza C., Mendoza A., Morozyuk O., Mukhortova L., Musa S., Nazimova D., Okuda T., Oliveira L., Ontikov P., Osipov A., Pietsch S., Playfair M., Poulsen J., Radchenko V., Rodney K., Rozak A., Ruschel A., Rutishauser E., See L., Shchepashchenko M., Shevchenko N., Shvidenko A., Singh J., Silveira M., Sonké B., Souza C., Stereńczak K., Stonozhenko L., Sullivan M., Szatniewska J., Taedoung H., ter Steege H., Tikhonova E., Toledo M., Trefilova O., Valbuena R., Valenzuela Gamarra L., Vasiliev S., Vedrova E., Verhovets S., Vidal E., Vladimirova N., Vleminckx J., Vos V., Vozmitel F., Wanek W., West T. A. P., Woell H., Woods J., Wortel V., Yamada T., Zamah Shari N. H., Zo-Bi I. The Forest observation system, building a global reference dataset for remote sensing of forest biomass // Scientific Data (Springer Nature). – 2019. – Vol. 6. – P. 198. – DOI: [10.1038/s41597-019-0196-1](https://doi.org/10.1038/s41597-019-0196-1)

13. Semerikov V.L., Semerikova S.A., Putintseva Y.A., Oreshkova N.V., Krutovsky K.V. Mitochondrial DNA diversity in the Siberian conifers indicates multiple post-glacial colonization centers // Canadian Journal of Forest Research. – 2019. – Vol. 49, N 8. – P. 875–883. DOI: [10.1139/cjfr-2018-0498](https://doi.org/10.1139/cjfr-2018-0498)

14. Tretyakova I.N., Kudoyarova G.R., Park M.E., Kazachenko A.S., Shuklina A.S., Akhiyarova G.R., Korobova A.V., Veselov S.U. Content and immunohistochemical localization of hormones during *in vitro* somatic embryogenesis in long-term proliferating *Larix sibirica* cultures // Plant cell, tissue and organ culture (PCTOC). Journal of Plant Biotechnology. – 2019. – Vol. 136, N 3. – P. 511–522. DOI: [10.1007/s11240-018-01533-y](https://doi.org/10.1007/s11240-018-01533-y).

ПРОЧИЕ ПУБЛИКАЦИИ В НАУЧНЫХ ЖУРНАЛ И В МАТЕРИАЛАХ КОНФЕРЕНЦИЙ С DOI:

15. Гончарова И.А., Скрипальщикова Л.Н., Барченков А.П. Видовой состав и запасы фитомассы напочвенного покрова в антропогенно нарушенных сосняках красноярской лесостепи // Растительные ресурсы. – 2019. – Т. 55, № 3. – С. 409–421. DOI: [10.1134/S0033994619030087](https://doi.org/10.1134/S0033994619030087)

16. Гончарова И.А., Скрипальщикова Л.Н., Барченков А.П. Структура растительного покрова в пригородных березняках г. Красноярска // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: сборник научных статей по материалам XVIII межд. конференции. – Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2019. – С. 242–245. DOI: [10.14258/pbssm.2019049](https://doi.org/10.14258/pbssm.2019049)
17. Карпенко Л.В. Качественная оценка торфа северной части Сым-Дубчесского междуречья // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 4. – С. 55–61.
18. Карпенко Л.В., Прокушкин А.С. Реконструкция пожаров в девственных лесах средней тайги Приенисейской Сибири в голоцене // Сибирский лесной журнал. – 2019. – № 5. – С. 61–69. DOI: [10.15372/SJFS20190508](https://doi.org/10.15372/SJFS20190508)
19. Муратова Е.Н., Седельникова Т.С., Пименов А.В., Горячкина О.В. Кариологические и цитогенетические исследования хвойных бореальной зоны классическими и новыми методами // Фактори експериментальної еволюції організмів: зб. наук. пр. / НАН України, Інститут молекулярної біології і генетики. К.: Укр. т-во генетиків і селекціонерів ім. М.І. Вавилова. – 2019. – Т. 25. – С. 74–79. DOI: [10.7124/FEEEO.v25.1142](https://doi.org/10.7124/FEEEO.v25.1142).
20. Пахарькова Н.В., Кузьмина Н.А., Кузнецова Г.В., Кузьмин С.Р. **Диагностика устойчивости представителей рода *Pinus* к периодическим повышением температуры в зимне-весенний период // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2019. – Вып. 227. – С. 88–106. DOI: [10.21266/2079-4304.2019.227.88-106](https://doi.org/10.21266/2079-4304.2019.227.88-106).**
21. Пименов А.В. История и перспективы ботанического ресурсоведения в Институте леса им. В.Н. Сукачева // Сибирский лесной журнал. – 2019. – № 4. – С. 4–9. DOI: [10.15372/SJFS20190401](https://doi.org/10.15372/SJFS20190401)
22. Седельникова Т.С. Научное наследие сотрудников Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН: о книгах Г.А. Богдановой, Ю.М. Муратова «Брусника в лесах Сибири» и В.Л. Черепнина «Пищевые растения Сибири» // Сибирский лесной журнал. – 2019. – № 4. – С. 89–93. DOI: [10.15372/SJFS20190409](https://doi.org/10.15372/SJFS20190409).
23. Сулейманова Ж.Р., Назимова Д.И., Корец М.А. Ландшафтно-экологический подход в рекреационном лесопользовании в горах на юге Красноярского края // Сибирский лесной журнал. – 2019. – № 2. – С. 3–15. DOI: [10.15372/SJFS20190201](https://doi.org/10.15372/SJFS20190201)

24. Тихонова И.В., Экарт А.К., Зацепина К.Г., Кравченко А.Н. Изменчивость аллозимов и уровень инбридинга в возрастных группах южно-таежных и лесостепных популяций сосны обыкновенной в Средней Сибири // Сибирский лесной журнал. – 2019. – №. 5. – С. 70–79. DOI: [10.15372/SJFS20190509](https://doi.org/10.15372/SJFS20190509).
25. Шуклина А.С., Третьякова И.Н. Соматический эмбриогенез видов рода *Pinus* в культуре *in vitro* // Успехи современной биологии. – 2019. – Т. 139, № 2. – С. 184–195. DOI: [10.1134/S004213241902008X](https://doi.org/10.1134/S004213241902008X).
26. Bazhina E.V. Pollen viability of White birch (*Betula pendula* Roth.) in polluted areas of Siberia // Environmental analysis and ecology studies. – 2019. – Vol. 5, N 1. – P. 471–473. DOI: [10.31031/EAES.2019.05.000603](https://doi.org/10.31031/EAES.2019.05.000603).
27. Danilina D.M., Nazimova D.I., Konovalova M.E. Diversity of *Pinus sibirica* forest types in different bioclimatic sectors of Sayan Mountains // «Results and prospects of geobotanical research in Siberia», dedicated to the 75th anniversary of the laboratory of ecology and geobotany of CSBG SB RAS. BIO Web of Conferences. – 2019. – Vol. 16, 00045. DOI: [10.1051/bioconf/20191600045](https://doi.org/10.1051/bioconf/20191600045)
28. Muratova E.N. Chiasma frequency and their distribution in Gymnosperms – A review // The International Journal of Plant Reproductive Biology. – 2019. – Vol. 11, N 2. – P. 128–138. DOI: [10.14787/ijprb.2019.11.2](https://doi.org/10.14787/ijprb.2019.11.2).
29. Tretyakova I.N., Park M.E., Oreshkova N.V., Kulagin D.V., Konstantinov A.V., Padutov V.E. The genetic variability of proliferative cell lines of *Larix sibirica* // Current Challenges in Plant Genetics, Genomics, Bioinformatics, and Biotechnology. Proc. of the Fifth International Scientific Conference (PlantGen2019). – Novosibirsk, 2019. – P. 215. DOI: [10.18699/PlantGen2019-197](https://doi.org/10.18699/PlantGen2019-197).
30. Таран Г.С. Association Carici juncellae–Salicetum rosmarinifoliae (Alnetea glutinosae) on the south taiga section of the Ob River floodplain // Environmental dynamics and global climate change. V. 10. No. 1. P. 38–46. <https://journals.eco-vector.com/EDGCC/article/view/11388>. [10.17816/edgcc11388](https://doi.org/10.17816/edgcc11388).
31. Таран Г.С. Флористические находки в поймах Иртыша и Оби (Тюменская и Томская области) // Систематические заметки по материалам Гербария им. П.Н. Крылова Томского государственного университета. 2019. № 119. С. 36–43. http://journals.tsu.ru/zametki/&journal_page=archive&id=1865 10.17223/20764103.119.4
32. Тараканов В.В., Дубовик Д.С., Роговцев Р.В., Зацепина К.Г., Бугаков А.В., Гончарова Т.В. Состояние и перспективы развития генетико-селекционного комплекса хвойных пород в Сибири (на примере Новосибирской области) // Вестник Поволжского

государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология.
Природопользование. 2019. № 3 (43). С. 5–24. 10.25686/2306-2827.2019.3.5

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.

МОНОГРАФИЯ:

Казьмин С.П. Основа рационального природопользования Западной Сибири. – Красноярск: ИЛ СО РАН, 2019. – 212 с. Отв. редактор д.г.н. А.В. Поздняков (формат 60x90/8, уч. изд. листов 20,5; усл. печ.л. 26,5; тираж 500 экз.).

ПЕРЕЧЕНЬ КОНФЕРЕНЦИЙ В КОТОРЫХ УЧАСТВОВАЛИ С УСТНЫМИ ДОКЛАДАМИ ИСПОЛНИТЕЛИ ПРОЕКТА (16):

1. Всероссийская конференция с международным участием, посв. 75-летию ИЛ СО РАН «Лесные экосистемы бореальной зоны: биоразнообразие, биоэкономика, экологические риски». Красноярск, 26–31 августа 2019 г.
2. Всероссийская научно-практическая конференция, посв. 75-летию лаборатории экологии и геоботаники ЦСБС СО РАН «Итоги и перспективы геоботанических исследований в Сибири». Новосибирск, 13–16 мая 2019 г.
3. Всероссийская научно-практическая конференция «Актуальные проблемы гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических исследований». Воронеж, Воронежский государственный университет, 25–26 октября 2019 г.
4. XXII Международная научная конференция «Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений». Красноярск, СибГУ, 26 апреля 2019 г.
5. Региональный учебно-научный семинар для студентов, магистрантов, аспирантов и преподавателей СибГУ «Современные селекционно-генетические исследования», Красноярск, 20 марта 2019 г.
6. Научно-практическая конференция, посв. 110-летию со дня рождения д.с.-х.н. З.И. Лучник «Актуальные вопросы декоративного садоводства: наследие З.И. Лучник». Барнаул, 11–12 июля 2019 г.
7. XIII Сибирское совещание и Школа молодых ученых по климато-экологическому мониторингу. Томск, 15–19 октября 2019 г.
8. VII Международная научно-практическая конференция молодых ученых «Экология и мелиорация агроландшафтов: перспективы и достижения молодых ученых». Волгоград, 6–9 ноября 2019 г.
9. Рабочее совещание «Ленточные боры Алтайского края и Новосибирской области». Новосибирск, 07–08 февраля 2019 г.
10. VI Съезд биофизиков России. Сочи, 16–21 сентября 2019 г.

11. Вторая международная научная конференция «Современные фундаментальные проблемы классификации растительности». Ялта, 15–20 сентября 2019 г.

12. Международная научная конференция-совещание «Сохранение лесных генетических ресурсов». Щучинск, Казахстан. 16–20 сентября 2019 г.

13. Международный научный семинар «Стратегия и методы ботанических садов по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия природной флоры - VI». Минск, Беларусь, 15–23 июня 2019 г.

14. XXII Fifth International Scientific Conference «Plant Genetics, Genomics, Bioinformatics, and Biotechnology (PlantGen2019)», Novosibirsk, Russia, June 24–29, 2019.

15. 28th Meeting of the European Vegetation Survey «Vegetation Diversity and Global Change». Madrid, Spain. 2–6 September, 2019.

16. Совещание органов исполнительной власти субъектов СФО РФ, уполномоченных в области лесных отношений, представителей филиалов ФБУ «Рослесозащита», ФГБУ «Рослесинфорг», научно-исследовательских, образовательных учреждений и бизнеса «Лесовосстановление на территории Сибирского федерального округа. Реализация федерального проекта «Сохранение лесов». Департамент лесного хозяйства СФО, Томск. 08-09 августа 2019 г.

**ПЕРЕЧЕНЬ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПРОГРАММ И ПРОЕКТОВ,
РУКОВОДИТЕЛЯМИ (ОТВЕТСТВЕННЫМИ ИСПОЛНИТЕЛЯМИ) КОТОРЫХ
ЯВЛЯЮТСЯ ИСПОЛНИТЕЛИ ПРОЕКТА (15):**

1. Проект программы Президиума РАН № 45 (№ 0356-2018-0056) «Взаимосвязь климатических и экосистемных процессов на территории лесоболотных комплексов Западной Сибири» (организации исполнители: ИМКЭС СО РАН, ИЛ СО РАН, ИПА СО РАН; Блок ИЛ СО РАН «Динамика структурного разнообразия лесоболотных экосистем в климатических и антропогенных сценариях развития» (отв. исполнитель: д.б.н., проф. С.П. Ефремов);

2. Государственный контракт № 0119200000119000262.2019.78745 на оказание услуг по подготовке документации для создания особо охраняемой природной территории – памятника природы краевого значения «Баджейские пещеры» (отв. исполнитель: к.б.н. М.Е. Коновалова);

3. Государственный контракт № 0119200000119000263.2019.78751 на оказание услуг по подготовке документации для создания особо охраняемой природной территории – государственного природного микрозаказника краевого значения «Манское займище» (отв. исполнитель: к.б.н. М.Е. Коновалова);

4. Проекта РФФИ № 18-04-01068_а «Современное состояние и прогноз изменения растительного покрова лесотундры, северной и средней тайги Средней Сибири в связи с современными природными и антропогенными процессами» (руководитель: к.б.н. Л.В. Кривобоков);

5. Проект РФФИ № 18-05-00781_а Классификация и картографирование разнообразия горных кедровых лесов для целей прогноза и многоцелевого природопользования (Алтае-Саянская горная область) (руководитель: д.б.н., проф. Д.И. Назимова);

6. Проект РФФИ и БелРФФИ [18-54-00010](#) Молекулярно-генетические маркеры соматического эмбриогенеза у хвойных (руководитель: д.б.н., проф. И.Н. Третьякова);

7. Проект РФФИ и ККФПНИНТД 19-44-240009 Регенерационный потенциал эмбрионных культур хвойных *in vitro*, обработанных антимикробными пептидами грибного и растительного происхождения (руководитель: д.б.н., проф. И.Н. Третьякова);

8. Проект РФФИ и ККФПНИНТД 18-44-243004 Изучение влияния биологически активных пептидов растительного и микробного происхождения на рост и развитие хвойных *in vitro* в раннем онтогенезе (руководитель: к.б.н. М.Э. Пак);

9. Проект РФФИ и ККФПНИНТД 18-44-240002 Изучение генетического разнообразия популяций основных лесообразующих хвойных видов в пригородных лесах крупных промышленных центров Сибири (руководитель: к.б.н. И.В. Тихонова);

10. Проект РФФИ и ККФПНИНТД 19-44-240006 Генетический и репродуктивный потенциал реликтовых популяций *Tilia* в Красноярском крае (руководитель: к.б.н. А.К. Экарт);

11. Проект РФФИ и ККФПНИНТД 19-44-240005 Изучение процессов, происходящих в зоне контакта привоя и подвоя у гетеропластических прививок хвойных (сосны группы *Сембрае*) (руководитель: к.б.н. Г.В. Кузнецова);

12. Грант ФСИ (Фонда содействия инновациям) по теме «Разработка биотехнологии соматического эмбриогенеза для плантационного лесовыращивания лиственницы сибирской в условиях культуры *in vitro*». Договор №13527ГУ/2018 от 20.07.2018 (код 0040522), заявка №46185 в рамках конкурса «УМНИК» (руководитель: к.б.н. М.Э. Пак).

13. Договор №1 с ООО «ЛХК «Алтайлес» Исследование лесообразовательного процесса с целью организации рационального лесопользования и охраны биологического разнообразия в ленточном бору Алтайского края, арендуемом (субарендуемом) ООО "Алеусский лес" (входящим в структуру ООО ЛХК "Алтайлес") на территории Панкрушихинского лесничества (руководитель: д.б.н. В.Н. Седых).

14. Договор №3/2019 с ООО «Терра Проект» Выполнение научно-исследовательских работ по камеральному дешифрированию космических снимков с установлением границ лесотаксационных выделов и изучению возможностей применения данных ресурсных спутников Земли для подготовительного этапа работ по таксации лесов на территории Алданского лесничества Республики Саха (Якутия) (руководитель: к.г.н. Д.С. Дубовик).

15. Договор №НИИ/743-П/ТР-14-03-2019 с ООО «НИИ Транснефть» Разработка технологии биологической очистки замазученной древесно-кустарниковой растительности в местах аварийных разливов нефти (руководитель: д.с.-х.н. В.В. Тараканов).

ПЛАНЫ ПО ПРОЕКТУ «БИОРАЗНООБРАЗИЕ КОРЕННЫХ ХВОЙНЫХ И ПРОИЗВОДНЫХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ» НА 2019 ГОД:

Блок № 1 «Генетико-селекционные факторы биоразнообразия лесов»

а) сравнительный анализ внутривидового разнообразия сосны обыкновенной в географических культурах по маркерным признакам вегетативных и генеративных органов; б) лесоводственно-ботаническое обоснование пионерного выделения горного экотипа пихты сибирской; в) индикация генетического разнообразия и структуры популяций ели сибирской по изменчивости ядерных микросателлитных локусов; г) исследование хромосомных чисел и хромосомных нарушений у внутривидовых форм лиственницы сибирской и сосны обыкновенной на северных и южных пределах произрастания; д) изучение вариативности наследуемых признаков в искусственных фитоценозах кедровых сосен; е) разработка биотехнологии получения *in vitro* эмбриогенных культур сосны сибирской кедровой для плантационного лесовыращивания.

Блок № 2 «Экотопические факторы биоразнообразия лесов»

а) анализ эталонных параметров биоразнообразия девственных темнохвойных лесов ключевых полигонов Алтае-Саянского экорегиона; б) оценка роли долевого разнообразия гидрофильных и гидрофобных компонентов в системе гумусовых веществ лесных болот различных типов водно-минерального питания; в) диагностика функционального разнообразия покровных тканей стволов лиственницы сибирской и сосны обыкновенной в контрастных условиях произрастания; г) оценка зональных и секторных эколого-географических закономерностей распределения растительного покрова в южнотаежной подзоне бассейнов Ангары и Подкаменной Тунгуски.

Блок № 3 «Биоразнообразие фоновых и антропогенно модифицированных лесов»

а) обоснование изменчивости уровней биоразнообразия фоновых и техногенных лесов в Сургутском Полесье; б) создание цифровой эколого-геоморфологической карты ленточных боров Алтая, учитывающей пространственные границы популяций, установленные методом ДНК-анализа; в) инвентаризация и выбор эффективных методов лесовосстановления для поддержания оптимального уровня биоразнообразия лесных экосистем в лесостепной зоне; г) оценка результирующего влияния гетероидовых прививок на семенную продуктивность сосны сибирской кедровой.