

Салцевич Юлия Викторовна

**ОСОБЕННОСТИ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ НА НАРУШЕННЫХ
УЧАСТКАХ ЛЕСНЫХ ЗЕМЕЛЬ ПРЕДГОРЬЕВ ВОСТОЧНОГО САЯНА**

4.1.6 – Лесоведение, лесоводство, лесные культуры,
агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Красноярск – 2024

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева»

Научный руководитель:	доктор сельскохозяйственных наук, доцент Буряк Людмила Викторовна
Научный консультант	кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Агеев Александр Александрович
Официальные оппоненты:	Вараксин Геннадий Сергеевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», лаборатория таксации и лесопользования, ведущий научный сотрудник; Секерин Илья Михайлович, кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», кафедра лесоводства, доцент.
Ведущая организация:	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр "Карельский научный центр Российской академии наук"

Защита диссертации состоится 29 марта 2024 г. в 12⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета 24.2.424.02 при ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» по адресу: 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, ауд. 401.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» (www.usfeu.ru).

Автореферат разослан «___» февраля 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
канд. с.-х. наук, доцент

Магасумова
Альфия Гаптрауфовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Леса занимают более 1/3 площади поверхности земной суши, что соответствует 4,06 млрд. га. За последние 30 лет вследствие пожаров, вспышек насекомых-вредителей и болезней, а также вырубки лесных насаждений было уничтожено порядка 420 млн га лесов (ФАО, 2022). На территории Российской Федерации к мощным факторам, значительно изменяющим функционирование и состояние лесов, относятся лесные пожары, рубки и насекомые-вредители (Гераськина и др., 2021). Многими исследователями отмечается затруднение естественного лесовосстановления и даже обезлесивание нарушенных участков лесных земель. Прогнозируется, что изменение климата и возрастание антропогенных нагрузок приведет к дальнейшему увеличению степени нарушенности лесов. При этом отмечается, что наиболее чувствительны к изменениям лесные экосистемы юга Сибири (Malevsky-обуславливает актуальность исследований, направленных на выявление закономерностей естественного лесовосстановления на нарушенных участках лесных земель юга Сибири, и разработку оптимальных способов и технологий, обеспечивающих успешное лесовосстановление. Исследования лесовосстановления в горных лесах юга Сибири, как менее устойчивых к воздействию различного вида нарушений (пожаров, рубок, вредных организмов, ветровалов), имеют особую экологическую значимость.

Степень разработанности темы исследования. Проблеме лесовосстановления на нарушенных участках лесных земель посвящено значительное количество работ (Мелехов, 1948; Санников, 1973; Бузыкин, Пшеничникова, 1980; Шешуков, 1988; Заблоцкий и др., 2003; Луганский и др., 2005; Седых, 2009; Симонов и др., 2010; Арцыбашев, 2014; Селиховкин, Смирнов, 2015; Черных и др., 2018; Белов, Вараксина, 2018; Бердникова и др., 2018; Медведева, 2020; Буряк и др., 2022), предложены способы и технологии лесовосстановления, технологии выращивания посадочного материала в том числе с применением биостимуляторов. Однако в предгорьях Восточного Саяна закономерности естественного лесовосстановления на нарушенных участках лесных земель изучены недостаточно, для каждого лесного района не предложены оптимальные способы и технологии лесовосстановления, которые бы обеспечили успешное лесовосстановление нарушенных участков лесных земель, недостаточно изучен вопрос, связанный с интенсификацией выращивания посадочного материала, необходимого для обеспечения мероприятий по искусственному лесовосстановлению.

Цель работы. Выявление закономерностей естественного лесовосстановления на нарушенных участках лесных земель в предгорьях Восточного Саяна, разработка предложений по искусственному лесовосстановлению на лесных участках, где невозможно обеспечить естественное лесовосстановление.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи:**

Изучить состояние нарушенных участков лесных земель, в том числе состояние древостоев и других компонентов насаждений.

Выявить особенности естественного лесовосстановления в зависимости от вида нарушения и лесорастительных условий.

Разработать предложения, обеспечивающие интенсификацию выращивания посадочного материала основных лесообразующих пород характерных для предгорья Восточного Саяна, вырастить посадочный материал для закладки опытных лесных культур.

Предложить оптимальные способы и технологии лесовосстановления нарушенных территорий, создать опытные лесные культуры на нарушенных участках лесных земель в предгорьях Восточного Саяна.

Научная новизна. Впервые выявлены закономерности естественного лесовосстановления на нарушенных пожарами, насекомыми-вредителями и рубками участках лесных земель в лесных формациях предгорий Восточного Саяна.

Разработаны предложения по интенсификации технологии выращивания посадочного материала приоритетных лесобразующих пород предгорий Восточного Саяна, обеспечивающие получение семян с высокими качественными характеристиками.

Предложены оптимальные способы и технологии искусственного лесовосстановления, учитывающие лесорастительные особенности, вид и давность нарушения, состояние нарушенных участков лесных земель и выявленные закономерности естественного возобновления.

Теоретическая и практическая значимость. Выявлены особенности естественного лесовосстановления на нарушенных различными факторами участках лесных земель для наиболее представленных в предгорьях Восточного Саяна лесных формаций.

Разработаны предложения по интенсификации технологий выращивания посадочного материала хвойных пород с открытой и закрытой корневыми системами с применением комплексов биопрепаратов, способные сократить срок выращивания стандартного посадочного материала и получить семена с улучшенными качественными показателями.

Предложены оптимальные способы и технологии, которые могут обеспечить успешное лесовосстановление нарушенных участков лесных земель в регионе исследований.

Методология и методы исследования. Методологической основой исследования явились работы отечественных и зарубежных ученых в области изучения процесса естественного лесовозобновления на нарушенных участках лесных земель, а также интенсификации технологии выращивания посадочного материала с открытой и закрытой корневой системами. В исследовании использовались базовые методы научно-технического познания и обработки данных.

Выполнен комплекс лабораторных и наземных исследований с использованием методов, принятых в лесоведении, лесной таксации, лесной пирологии и защите леса. Выполнены опытные работы по выращиванию посадочного материала и созданию лесных культур с использованием научных и практических методов, принятых в лесокультурном деле.

Положения, выносимые на защиту.

В предгорьях Восточного Саяна на значительной площади нарушенных участков лесных земель вследствие разрастания травяного покрова, характеризующегося высоким запасом, отмечается затруднение или полное отсутствие естественного лесовосстановления, что обуславливает необходимость проведения мероприятий по искусственному лесовосстановлению.

При выращивании посадочного материала ели сибирской с открытой корневой системой использование технологической схемы, включающей комплексное применение биопрепаратов Феровит / Гетероауксин / Гетероауксин, Цитовит / Эпин / Гетероауксин, Вода / Гетероауксин / Гетероауксин, Вода / Эпин / Гетероауксин и биопрепарата Вэрваль, позволяет получить посадочный материал с улучшенными качественными характеристиками и сократить срок выращивания в лесном питомнике до 2-х лет.

Выращивание посадочного материала с закрытой корневой системой в открытом грунте с применением биопрепаратов для сосны обыкновенной Циркон (0,02 %) и Феровит (0,15 %), для лиственницы Рибав (0,001 %), НВ-101 (0,05 %) и Эпин (0,002 %),

для березы Рибав (0,001 %) позволяет получить сеянцы с улучшенными качественными характеристиками, имеющие высокие показатели приживаемости и сохранности на лесокультурной площади.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов подтверждается достаточным объемом экспериментального материала, собранного в процессе проведения научных исследований, в полевых и лабораторных условиях с использованием научно-обоснованных методик. Значительный объем исходных данных обработан современными методами математической статистики, использованием прикладных программ и программных пакетов.

Основные результаты исследований по теме диссертации доложены на Международных конференциях (Красноярск, 2017-2019; Гомель, 2022), Всероссийских конференциях (Красноярск, 2018-2019; Иркутск, 2022; Санкт-Петербург, 2023), Международных лесных форумах (Воронеж, 2021; Красноярск, 2022). С использованием материалов исследования автора и с его участием разработаны и внедрены в производство рекомендации по выращиванию посадочного материала и созданию лесных культур хвойных пород. По материалам исследования был выполнен проект для участия в конкурсе научных и опытно-исследовательских проектов аспирантов, молодых ученых научно-исследовательских институтов и организаций, находящихся в ведении Рослесхоза, который занял 1-е место в номинации «Лесовосстановление и лесоразведение» (2021 г.).

Диссертационная работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания по проекту «Фундаментальные основы защиты лесов от энтомо- и фитовредителей в Сибири» (№ FEFE-2020-0014).

Публикации. По материалам диссертационного исследования опубликовано 13 работ, в том числе 2 статьи в изданиях, включенных в Перечень ВАК России и рекомендованных по научной специальности 4.1.6., 2 статьи в журналах, индексируемых в Web of Science и Scopus, 2 свидетельства о регистрации базы данных, методические рекомендации и справочник (в соавторстве).

Личный вклад автора заключается в непосредственном участии во всех этапах исследования. Им осуществлено формирование цели и задач диссертационной работы, составлены методика и программа работ, осуществлен сбор и обработка полевого материала, проведен анализ и обработка экспериментальных данных, а также сформулированы выводы.

Объем и структура работы. Диссертация включает 225 страниц и состоит из введения, семи глав, заключения, списка использованной литературы из 334 наименований, включая 11 источников на иностранных языках. Содержит 26 таблиц, 55 рисунков, 3 приложения.

Благодарности. Автор глубоко признателен директору Филиала ФБУ ВНИИЛМ «Центр лесной пирологии» кандидату технических наук Р.В. Котельникову за всестороннюю помощь и поддержку в выполнении работы, коллективу КГБУ «Саянское лесничество», в особенности В.Н. Тихонову (директор Саянского лесничества до 2022 г.) и А.В. Епанчинцеву (и.о. директора Саянского лесничества) за содействие создания опытных участков лесных культур на территории лесничества. Также автор выражает искреннюю благодарность инженерам-исследователям В.С. Иванову, А.Н. Головиной (Филиал ФБУ ВНИИЛМ «Центр лесной пирологии») и студентам СибГУ им. М.Ф. Решетнева (Институт лесных технологий) за помощь при выполнении научных и опытных полевых работ.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА**

Изучением состояния участков лесных земель, нарушенных пожарами, вырубками, ветровалами, насекомыми-вредителями занимались многие исследователи (Курбатский, 1985; Заблоцкий и др., 2003; Симонов и др., 2010; Селиховкин, Смирнов, 2015; Бердникова и др., 2018; Медведева, 2020; Буряк и др., 2022; Иванова и др., 2022 и т.д.). Значительная доля исследований направлена на изучение естественного лесовосстановления в нарушенных пожарами, рубками и воздействием насекомых-вредителей насаждениях (Фуряев, 1970; Санников, 1973; Пак, Петрова, 2002, Пшеничникова, 2008; Сергиенко, Соколова, 2012; Савченкова, 2014; Бакшеева и др., 2021; и др.). Практически всеми авторами подчеркиваются зонально-географические особенности процесса лесовосстановления и необходимость региональных исследований.

В целях лесовосстановления на нарушенных участках лесных земель осуществляют комплекс работ, используя для этих целей посадочный материал (ПМ) с открытой и закрытой корневой системой. Исследования показывают, что применение стимуляторов роста является перспективным методом получения высококачественных сеянцев в более короткие сроки (Пентелькина, Острошенко, 2005; Проказин и др., 2013; Острошенко и др., 2016; Ананьев и др., 2017; Романчук, Юренин, 2018; Скюзарева, Чернодубов, 2019; Устинова, 2019). Но при этом агрохимикаты имеют специфичность и очень узкий положительный диапазон стимулирующей концентрации по отношению к отдельному виду растений. В связи с чем крайне важно обобщать знания о росте и развитии конкретного растения и применяемыми биопрепаратами.

2 РАЙОН, ОБЪЕКТЫ, ПРОГРАММА И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Район исследований – предгорья Восточного Саяна, включающий 4 лесничества Красноярского края: Саянское, Уярское, Маганское и Манское. Лесной район – Алтае-Саянского горно-таежный.

Объектами исследования являются участки лесных земель, нарушенные пожарами, рубками и насекомыми-вредителями, а также участки ненарушенных лесных насаждений, расположенные в березовой, осиновой, кедровой, пихтовой, еловой, сосновой и лиственничной формациях, в том числе участки лесных культур, пройденные пожарами. Всего за период с 2018 по 2022 гг. была заложена 41 пробная площадь.

Кроме того, объектами исследования стали: технологии лесовосстановления нарушенных участков лесных земель; сеянцы ели сибирской с открытой корневой системой (ОКС), сеянцы сосны обыкновенной, лиственницы сибирской и березы повислой с закрытой корневой системой (ЗКС), выращенные с применением комплексов биопрепаратов; участки опытных лесных культур, созданные из выращенного посадочного материала с ОКС и ЗКС на территории Саянского лесничества.

Программа исследований разработана в соответствии с поставленными задачами, для решения которых использовались различные методики, широко применяемые в лесоводственной и лесокультурной практике.

Закладка, описание пробных площадей и таксация древостоев проводилась в соответствии с общепринятыми методиками (Сукачев, Зонн, 1961; Анучин, 1982; Лесоустроительная инструкция, 2022). Учет подроста осуществлялся в соответствии с Правилами лесовосстановления (2021) и рекомендациями А.И. Бузыкина и А.В. Побединского (1963), характеристика травяно-кустарничкового яруса с использованием шкалы Друде (Блукет, Емцев, 1974). Определение запасов напочвенного покрова проводилось по методике Н.П. Курбатского (1970), оценка санитарного

состояния насаждений осуществлялась в соответствии с Правилами санитарной безопасности (2020).

Сеянцы ели сибирской с ОКС с применением комплексов биопрепаратов выращивались в течение 4-х лет. Для предпосевной обработки семян использовались следующие биопрепараты и их концентрации: «Феровит» (В) – 0,01 %, «Цитовит» (С) – 0,01 % (Будыкина и др., 2010; Пушкина и др., 2010), «Циркон» (D) – 0,02 %, и «Вэрваль» (V) – 0,25; 0,5; 1,0 % при экспозиции семян в растворах в течение 3 часов. Контроль – семена, замоченные в дистиллированной воде температурой $24\pm 2^{\circ}\text{C}$ на 24 часа. Внекорневая обработка всходов производилась водными растворами стимуляторов «Эпин-экстра» (E) и «Гетероауксин» (F) концентрацией 0,002 %, и сеянцев на 2-й год стимулятором «Гетероауксин» (F) (0,002 %). Ежегодно в период вегетации с интервалом 14 дней проводилась фиксация роста надземной части сеянцев от прикорневой шейки до верхушечной апикальной точки роста. Измерение длины корневой системы и биомассы частей растений (Khan et al., 2020; Mitra, 2021) проводилось в течение трех лет по завершению вегетационного периода.

Выращивание сеянцев сосны обыкновенной, лиственницы сибирской и березы повислой с ЗКС осуществлялось в кассетах размером $520\times 40\times 90$ мм, параметры ячейки – $3,8\times 3,8\times 90$ мм, объем одной ячейки 80 мл, всего 06 ячеек (8×12 шт.). В качестве субстрата был использован готовый грунт торговой марки «Агрикола» (рН 6.0). Подготовка семян перед посевом осуществлялась с использованием биостимуляторов и их концентраций в следующих вариантах: для сосны Вэрва с концентрациями 0,15 % (Ps11); 0,20 % (Ps1); 0,25 % (Ps2), Феровит – 0,1 % (Ps7); 0,15 % (Ps8); Рибав – 0,001 % (Ps9); Циркон – 0,02 % (Ps4); Эпин – 0,002 % (Ps3) с экспозицией в растворах 3 часа, НВ-101 – 0,05 % (Ps10) – 5 часов; для лиственницы Вэрва с концентрациями 0,25 % (Ls20), Феровит 0,1 % (Ls16); 0,15 % (Ls17); Рибав 0,001 % (Ls13), Циркон 0,02 % (Ls19), Эпин 0,002 % (Ls15) с экспозицией в растворах 3 часа, НВ-101 0,05 % (Ls14) – с экспозицией 5 часов. Контроль для сосны (Ps5, Ps6) и лиственницы (Ls18, Ls12) – семена, прошедшие снегование в течение 40 дней. После появления массовых всходов – подкормка удобрением «Акварин хвойный» всех опытных вариантов и одного варианта, семена которого подготовлены методом снегования (Ps6 и Ls12). В 1-й декаде сентября применялся системный фунгицид «Ракурс» (4 мл на 5 л воды). На протяжении 2-х лет выращивания в период вегетации с интервалом 14 дней проводилась фиксация роста надземной части сеянцев.

Сеянцы березы с ЗКС в открытом грунте выращивались в течение одного вегетационного сезона. Подготовка семян опытного варианта осуществлялась в водном растворе биопрепарата Рибав (R) концентрацией 0,001 % в течение 3 часов, контрольного варианта в дистиллированной воде (K) на 3 часа. После появления всходов и до окончания вегетационного периода каждые две недели производилось измерение высоты надземной части сеянцев.

Оценка содержания хлорофилла *a*, хлорофилла *b* и каротиноидов в хвое 2-летних сеянцев ели сибирской производилась методом измерения оптической плотности на спектрофотометре ПЭ-5400УФ в соответствии с методикой А.А. Шлык (1971).

Используя выращенные опытные сеянцы с ОКС и ЗКС заложены два участка опытных культур: 1 участок, 4-летние сеянцы ели с ОКС, схема посадки: $4,0\times 0,65$ м, вручную, 3 га, 10Е; 2 участок, 2-летние сеянцы сосны и лиственницы с ЗКС, схема посадки: $4,0\times 0,8$, вручную, 0,3 га, 8С2Лц. Ежегодно в осенний период проводилась инвентаризация и замер линейного прироста центральных побегов.

Статистический анализа данных выполнялся в программе «STATISTICA 13 Advanced Linear/Nonlinear Models» (Stat Soft. Inc., USA). Данные проверялись на

нормальность распределения. При условии нормального распределения количественных переменных – для поиска зависимости между несколькими вариантами применялся - дисперсионный анализ, двумя – критерий Стьюдента; при ненормальном распределении для нескольких групп – критерий Краскела-Уоллиса, для двух групп – U-критерий Манна-Уитни; для независимых выборок и установления зависимости качественных переменных – критерий согласия Пирсона (χ^2); при множественном сравнении конкретных групп применялся тест Тьюки; для выявления связи между зависимыми и независимыми переменными - коэффициент ранговой корреляции Спирмена; для сравнительного анализа использовались усредненные значения (μ) с указанием стандартного отклонения (\pm Std. Dev).

3 ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ НАРУШЕННЫХ УЧАСТКОВ ЛЕСНЫХ ЗЕМЕЛЬ

При обследовании лесных насаждений в предгорьях Восточного Саяна было выявлено, что нарушение древостоев в данном регионе происходит, в основном, за счет влияния природных (пожары, воздействие насекомых-вредителей, ветровалы) и антропогенных (пожары, рубки) факторов.

3.1 Оценка состояния древостоев. Ненарушенные насаждения всех изученных лесных формаций региона по санитарному состоянию характеризуются как здоровые насаждения, средневзвешенная категория санитарного состояния варьируется от 1,27 до 1,36. Естественный отпад в древостоях составляет от 3 до 5 % от их запаса и, как правило, происходит за счет перестойных деревьев.

В насаждениях, пройденных пожарами, средневзвешенная категория состояния варьируется от 1,28 (без признаков ослабления) до 2,87 (сильно ослабленные) в зависимости от вида и силы пожара. Отпад деревьев в древостоях после воздействия низовых беглых и устойчивых пожаров средней силы и сильных составил от 8 до 50 % от их общего запаса. На склонах с крутизной уклона в 10-15°, где развивались беглые пожары от средней силы до сильных (в осиновой формации) и устойчивые пожары средней силы (в кедровой и лиственничной формации) отмечается наибольший отпад. Полнота жизнеспособной части древостоев после воздействия сильных низовых пожаров снижается до 0,2-0,4. Лесные культуры (от 4 до 30 лет), пройденные пожаром, вне зависимости от характеристик пожара полностью погибают, чему способствует значительная высота травяного покрова (50-180 см).

Насаждения, пройденные выборочными рубками, на исследуемых пробных площадях в настоящее время имеют низкую полноту (0,3) и характеризуются как «ослабленные» и «сильно ослабленные» лесные насаждения. Средневзвешенная категория санитарного состояния оставленной части древостоев в березовой формации – $1,68 \pm 0,13$ и $2,76 \pm 0,17$, в еловой – $2,56 \pm 0,25$.

В древостоях, пройденных рубками и пожарами, в особенности, расположенных на склонах, древостои дополнительно изрежены вследствие ветровалов.

В пихтовых и кедровых насаждениях, поврежденных уссурийским полиграфом и сибирским шелкопрядом, наблюдаются значительные изменения в составе древостоев, их полноте и запасае. В составе древостоев увеличивается доля светлохвойных и мелколиственных пород. Полнота в древостоях, поврежденных шелкопрядом, снижается более чем на 60 % и не превышает 0,3, а в насаждениях, нарушенных полиграфом, полнота жизнеспособной части древостоев составляет от 0,1 до 0,6. Лесные насаждения характеризуются как усыхающие и погибшие, средневзвешенная категория санитарного состояния составляет от 3,56 до 4,73.

В целом можно отметить, что в регионе наблюдается ухудшение санитарного состояния всех нарушенных насаждений. При этом худшим состоянием характеризуются древостои, поврежденные шелкопрядом сибирским и уссурийским полиграфом.

3.2 Характеристика напочвенного покрова. Успешность естественного возобновления во многом определяется степенью развития живого напочвенного покрова и подлеска (Мелехов, 1948; Курбатский, Иванова, 1987; Софронов, Волокитина, 1990; Иванова и др., 2014). Подлесок во всех категориях нарушенных участков, кроме полиграфников, слабо развит (не более 70-90 шт./га). В насаждениях, поврежденных уссурийским полиграфом, не редко, более 80 % проективного покрытия напочвенного покрова представлено малиной обыкновенной.

В предгорьях Восточного Саяна наиболее распространены разнотравные и крупнотравные типы леса, также встречаются насаждения зеленомошных, зеленомошно-разнотравных и мшисто-разнотравных групп типов леса.

Крупнотравные и разнотравные типы леса характеризуются развитием густого трехъярусного и двухъярусного травяного покрова. В зеленомошных насаждениях распространены мох этажный и Шребера, различные виды разнотравья и мелкотравья, брусника, черника.

Увеличение освещенности за счет значительного отпада деревьев на нарушенных участках лесных земель дает возможность для распространения сорных видов трав: осота розового, одуванчика обыкновенного, лютика едкого, происходит разрастание вейника наземного. На части нарушенных участков, даже пройденных пожарами (вследствие мозаичности распространения весенних пожаров), отмечается увеличение проективного покрытия сфагновыми мхами. Вследствие этого на нарушенных участках отмечается и увеличение запасов живого напочвенного покрова (рисунок 1).

В ненарушенных насаждениях запасы напочвенного покрова варьируются от 18,58 до 31,84 т/га, при этом основная часть запаса (47–65 %) приходится на подстилку. В темнохвойных насаждениях отмечаются значительные запасы живого напочвенного покрова (7,5 и 8,5 т/га, соответственно), в ельниках – с доминированием мхов (7,15±1,24 т/га). Наименьший запас напочвенного покрова (12,47±3,08 т/га) отмечается на участках, занятых лесными культурами, созданными на заброшенном сенокосе, где еще не успела развиться лесная подстилка и более 75 % приходится на травяной покров (рисунок 1).

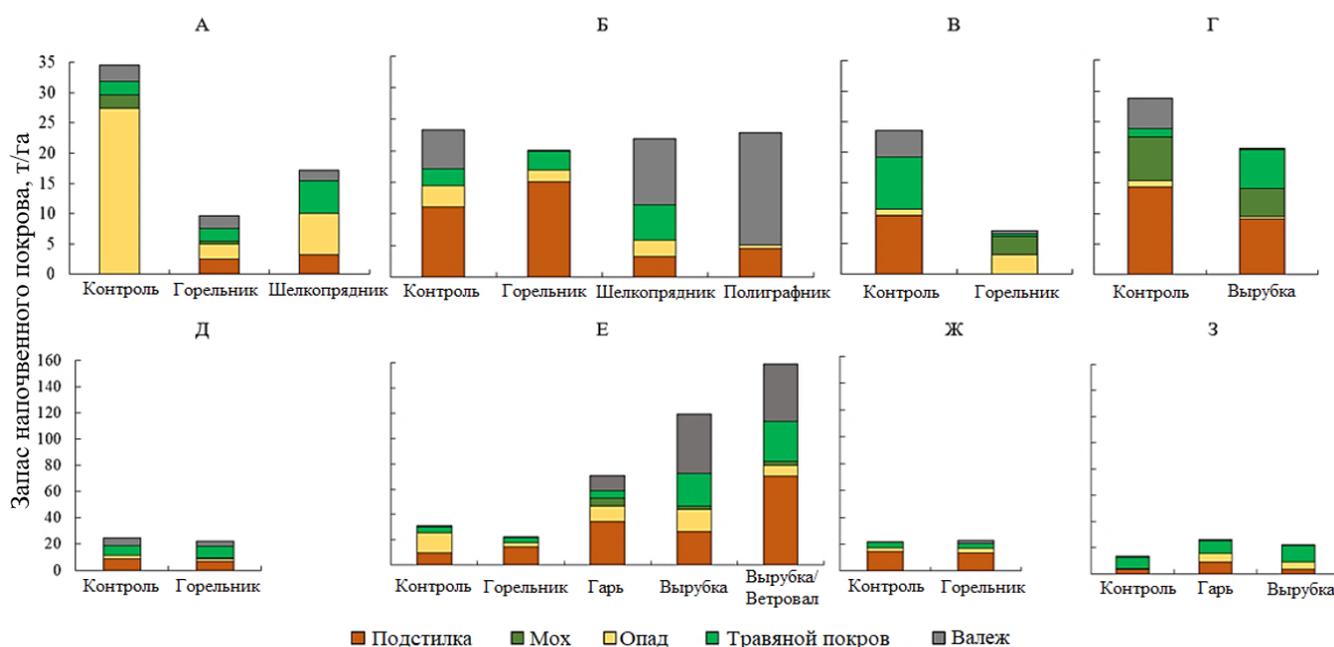


Рисунок 1 – Запас напочвенного покрова в зависимости от лесной формации и категории нарушенности участка, где: А – кедровая формация, Б – пихтовая, В – сосновая, Г – еловая, Д – лиственничная, Е – березовая, Ж – осиновая, З – лесные культуры

После воздействия пожаров запасы напочвенного покрова как правило снижаются, прежде всего – за счет прогорания опада и подстилки. В насаждениях и на части лесных культур, пройденных весенними беглыми низовыми пожарами от слабой до средней силы, запасы напочвенного покрова составляют от 15 до 28 т/га, а на участках горельников кедровой и сосновой формаций с частными низовыми пожарами (до ежегодных) запас напочвенного покрова не превышает 6,5 т/га (рисунок 1). На свежем горельнике сосновой формации значительную часть запаса составляют мхи и свежий опад ($3,04 \pm 0,17$ т/га и $3,1 \pm 0,22$ т/га, соответственно). Наличие на горельниках мхов связано с преобладанием беглых весенних пожаров и мозаичным прогоранием напочвенного покрова.

На части участков гарей вследствие неполного прогорания подстилки, накопления опада и разрастания травяного покрова запасы напочвенного покрова возрастают. Так на участке гари в березовой формации запасы напочвенного покрова составляют 56,8 т/га, что почти в 2 раза превышает запас в ненарушенных березняках (30,2 т/га).

На несплошных вырубках, после которых произошел ветровал в березовой формации отмечается наибольший запас напочвенного покрова ($113,0 \pm 26,77$ и $72,22 \pm 28,95$ т/га) (рисунок 1). Травяной покров двух- и трехъярусный с проективным покрытием 90-100 % и запасом 28-34 т/га. На вырубке в еловой формации отмечается наличие мощного мохового покрова (мха сфагнума) ($4,0 \pm 0,12$ т/га) и разрастание трав ($10,87 \pm 2,36$ т/га). На участке вырубок с лесными культурами также происходит разрастание травяного покрова, на который приходится более 40 % от общего запаса напочвенного покрова ($21,61 \pm 7,17$ т/га).

В насаждениях, поврежденных шелкопрядом, за счет быстрого разложения подстилки запасы напочвенного покрова как правило не превышают 20 т/га, при этом запасы травяного покрова составляют 4,6-5,5 т/га. В пихтовых насаждениях, поврежденных полиграфом, максимальный запас напочвенного покрова 19,6 - 34,1 т/га, отмечается на участках, где вспышка уссурийского полиграфа длится 7-10 лет. Большая часть запаса приходится на подстилку 53-69 %.

В целом, можно отметить, что в регионе исследований практически на всех нарушенных участках лесных земель независимо от вида повреждения наблюдается разрастание густого трехъярусного травяного покрова, характеризующегося значительными запасами (до 30 т/га травяного покрова в березовой формации в категории рубка/ветровал), а на участках кедровой, лиственничной, сосновой и еловой формациях – сохранение значительных запасов мохового покрова (сфагнума). На части нарушенных участков отмечается нарастание запасов опада и подстилки за счет опавшей с поврежденных деревьев хвои и травяной ветоши.

4 ОЦЕНКА ЕСТЕСТВЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ

Естественное возобновление леса является одним из фундаментов, который предопределяет будущие характеристики насаждений. Этому вопросу посвящено много трудов (Морозов, 1900, 1970; Ткаченко, 1911, 1955; Тюрин, 1925; Мелехов, 1948; Побединский, 1965; Шешуков, 1984; Цветков, 2007; Буряк, 2022), которые были направлены на восстановления лесов. Исследователями указывается, что особое внимание лесовозобновлению необходимо уделять на нарушенных участках лесных земель (Софронов, 1967; Закревский, 1988; Гугелев, 1993; Ишутин, 2004; Пак, Бобринев, 2009; Назаренко, Гамсахурдия, 2010; Иванова и др., 2014; Гниненко, Баранчиков, 2021).

В ненарушенных насаждениях (рисунок 2) во всех изученных лесных формациях наблюдается недостаточное количество подроста или практически полное его отсутствие. Это обусловлено тем, что большая часть исследованных насаждений характеризуются высокой полнотой и продуктивностью, и необходимостью в

подростающем поколении отсутствует.

После воздействия пожаров во всех лесных формациях отмечается некоторое увеличение количества подроста, по сравнению с ненарушенными насаждениями, однако его количества недостаточно для успешного лесовосстановления или естественное возобновление протекает со сменой хвойных пород на мелколиственные (рисунок 2). Большая часть подроста на гарях и горельниках представлена послепожарным поколением. Наибольшее количество послепожарного подроста (более 9 тыс. экз./га) отмечено в лиственничниках и лесных культурах (более 7 тыс. шт./га), что обусловлено меньшим разрастанием травяного покрова вследствие меньшего богатства и увлажненности почв.

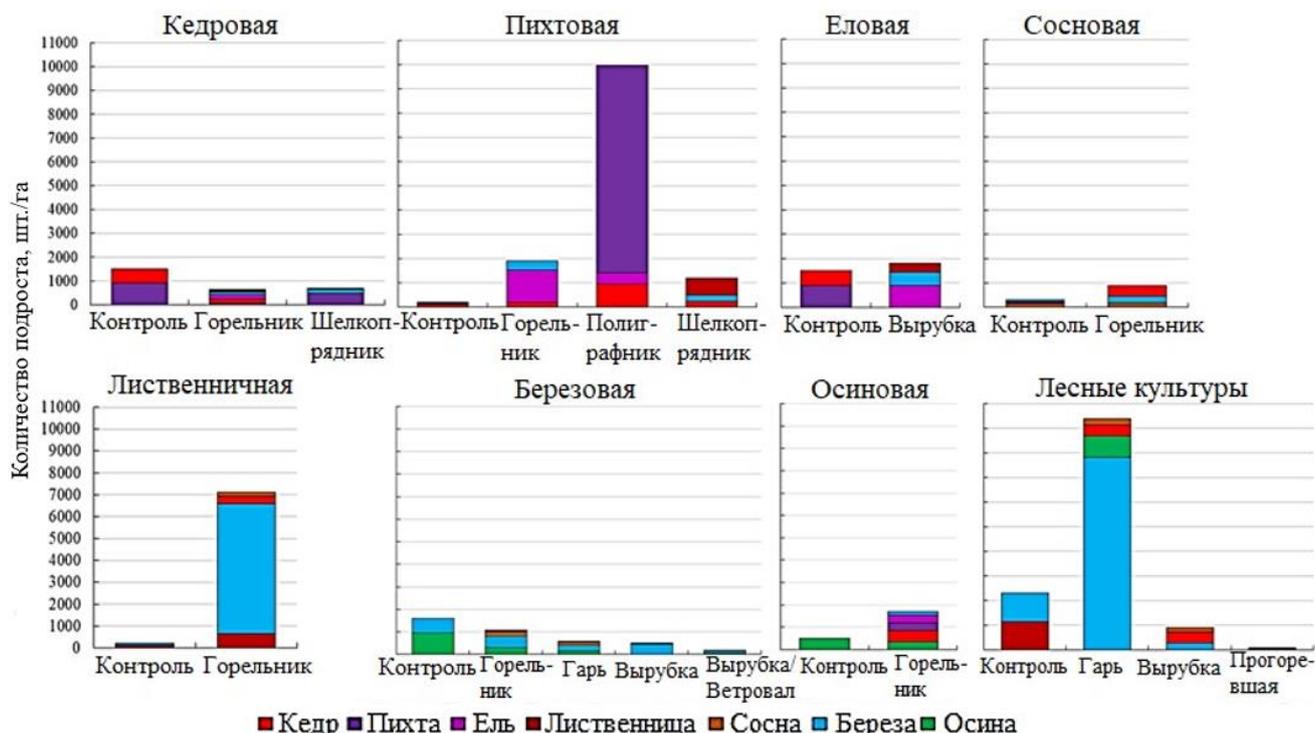


Рисунок 2 – Характеристика лесовосстановления в зависимости от лесной формации и категории участка

На большей части участков гарей и горельников отмечается неравномерное размещение подроста. Вследствие сильного задернения участки всходы отсутствуют. Значительная часть крупного подроста повреждена при пожарах.

В березовых и еловых насаждениях после проведения выборочных рубок естественное возобновление происходит без смены пород, но количества подроста недостаточно для успешного лесовосстановления (0,5 и 1,8 тыс. шт./га, соответственно). Размещение подроста неравномерное по площади. Основная часть подроста представлена предварительным поколением.

На участках лесных земель, нарушенных шелкопрядом, подроста также недостаточно для успешного естественного лесовосстановления (0,7-1,2 тыс.шт./га), при этом следует отметить, что на нарушенных участках встречается и крупный темнохвойный подрост, поселившиеся до гибели древостоев и не поврежденный шелкопрядом. Больше количество исследуемого подроста в этих формациях относится к среднему по категории крупности (49-53 %) с высокой долей благонадежного подроста (98-99 %). Подрост чаще размещен неравномерно или группами. Вследствие зарастания участков травяным покровом всходов лесных пород не отмечалось.

Успешному естественному лесовосстановлению на нарушенных участках лесных земель региона препятствует разрастание густого многоярусного травяного покрова,

характеризующегося большими запасами, а также неполное прогорание мощного мохового покрова на переувлажненных почвах.

Успешное естественное лесовосстановление в регионе отмечается только в пихтовых насаждениях, поврежденных уссурийским полиграфом, как в насаждениях с малой степенью нарушения материнского полога, так и при 100 %-й гибели взрослых древостоев. Количество подроста достигает 10 тыс. шт./га при 100 %-й встречаемости (рисунок 2). Часть подроста этих пород поселилась в насаждении еще до возникновения вспышки насекомого-вредителя и вследствие поэтапного поселения подроста темнохвойных пород на нарушенных участках формируются темнохвойные молодняки, включающие подрост различных возрастных поколений и категорий крупности. Доля благонадежного подроста составляет 97 – 100 %, при этом лучшими качественными характеристиками отличается подрост пихты.

Исследования показали, что успешному росту и развитию лесных культур в регионе препятствует поселение в рядах хвойных культур густого березового подроста. Кроме того, поселившийся на нарушенных участках лесных земель подрост и созданные лесные культуры зачастую уничтожаются лесными пожарами.

В складывающихся условиях в предгорьях Восточного Саяна существует необходимость в проведении мероприятий по искусственному лесовосстановлению, а также в обеспечении мер, направленных на охрану естественных молодняков и лесных культур от пожаров, и уход за лесными культурами.

5 ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЮ НАРУШЕННЫХ УЧАСТКОВ

Биостимуляторы оказывают положительный эффект на рост ПМ хвойных и лиственных пород (Галдина, 2012; Проказин и др., 2013; Егорова, 2016; Яхин и др., 2016). Проведены исследования по опытному выращиванию ПМ с ОКС и ЗКС основных лесообразующих пород целесообразных для создания лесных культур в условиях Алтае-Саянского горно-таежного района.

5.1 Выращивание посадочного материала ели сибирской с открытой корневой системой. В лабораторных условиях в вариантах обработки семян ели препаратами Феровит, Циркон, Цитовит не выявлено значимого различия по показателям всхожести и энергия прорастания, в сравнении с контрольным вариантом ($p\text{-value} > 0,05$). Всхожесть семян в этих вариантах на 9-й день достигла 100 %. В варианте с Вэрва-ель (концентрация 0,25 мл/л) отмечено прорастание семян уже на второй день после обработки, на третьи сутки всхожесть семян составила 100 % ($\chi^2=5,0$ при $p\text{-value} < 0,05$). В вариантах с Вэрва-ель в концентрациях 0,5 и 1,0 мл/л 100 %-й всхожести семена достигли на 7-й день.

Эффект от применения препаратов более явно стал наблюдаться в период развития проростков. На 14 день длина проростков в вариантах Феровит ($5,6 \pm 0,4$ см) и Цитовит ($5,1 \pm 0,3$ см) значимо отличались от контроля ($4,4 \pm 0,2$ см) ($p\text{-value} < 0,05$). Наибольшей ростовой кинетикой обладали проростки варианта Вэрва-ель (0,25): уже на 9-й день длина составила $6,47 \pm 0,28$ см ($p\text{-value} < 0,05$). Циркон показал обратное, ингибирующее воздействие на ростовые процессы ($3,1 \pm 0,2$ см).

В опытных посевах, наиболее ранние всходы (на 14-й день) появились в вариантах Вэрва-ель (0,25), Феровит и Цитовит. В вариантах контроль и Циркон всходы появились на 22-й день.

По результату 4-х летнего выращивания получена опытная партия ПМ (6300 шт.), наибольшей высоты достигли сеянцы в вариантах Вэрва-ель (0,25) V ($22,9 \pm 1,3$ см), с дополнительной внекорневой обработкой стимуляторами Гетероауксин (F) и Эпин (E) в вариантах Феровит (BF) ($20,6 \pm 1,4$ см), BFF ($17,8 \pm 0,6$ см), BEF ($17,5 \pm 0,6$ см), с Водой

(AFF) ($15,6 \pm 0,5$ см), AEF ($15,9 \pm 0,8$ см) и Цитовитом (CEF) ($17,7 \pm 0,8$ см) значительно превышающие контроль (A – $14,7 \pm 0,5$ см) ($df=13$, $N=280$, $F=149,6$, $p\text{-value} < 0,001$ с последующей процедуры множественного сравнения Тьюки, $p\text{-value} < 0,001$) (рисунок 3).

Сеянцы, выращенные с использованием Вэрва-ель (0,25 %) уже на второй год, достигли высоты $10,9 \pm 0,7$ см, что соответствует требованиям по высоте (на рисунке 3 обозначено горизонтальной красной линией), предъявляемые к стандартному ПМ ели для лесного района, где проводились исследования.

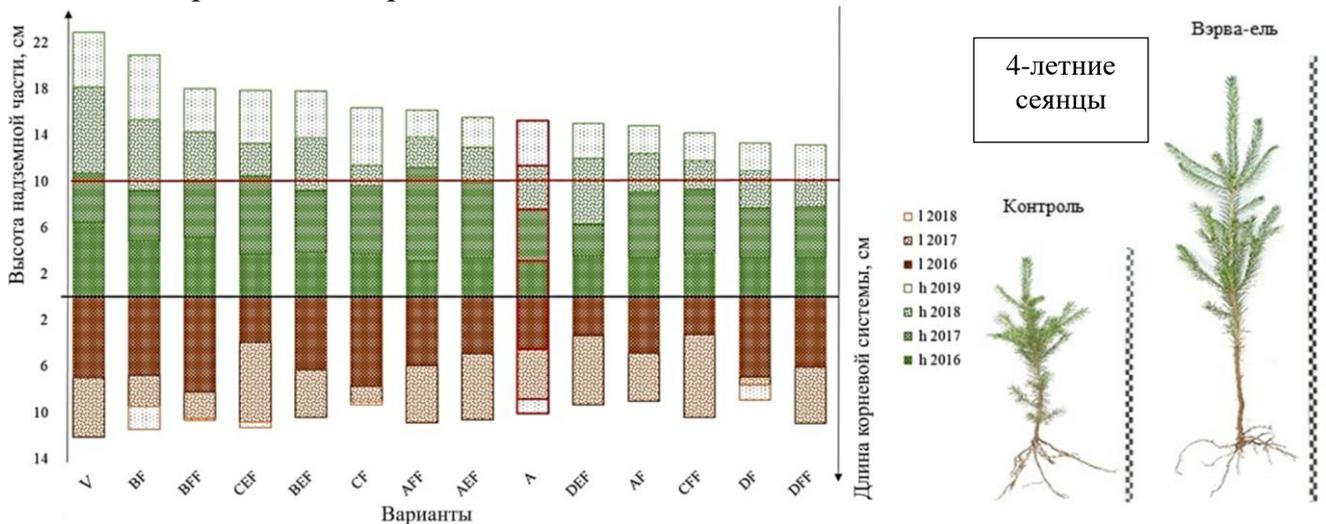


Рисунок 3 – Динамика ежегодного линейного прироста сеянцев ели с ОКС

По параметру диаметр стволика достоверно значимое различие между вариантами ($df=13$, $N=420$, $F=36,0$, $p\text{-value} < 0,001$ с последующей процедуры множественного сравнения Тьюки, $p\text{-value} < 0,001$) существует только между вариантом Вэрва-ель ($4,6 \pm 0,1$ мм) и остальными вариантами (от $2,4$ до $2,9 \pm 0,1$ мм).

При оценке значений биомассы сеянцев опытных вариантов в 3-х летнем возрасте выявлено значимое различие между Вэрва-ель (0,25) ($23,41 \pm 3,11$ гр.) и остальными вариантами ($p\text{-value} < 0,05$), где, для сравнения, опытный вариант превышает контрольный на 128 % (и $10,29 \pm 2,47$ гр. сухого вещества). Опытные варианты (BF, CEF, AF, AEF) превышают контроль в среднем на 15 %.

Отмечено, в течение вегетационного сезона у сеянцев ели наблюдается два периода активного прироста в высоту. Первый, в середине июня, со средним темпом прироста $0,32$ мм в сутки, второй, более интенсивный – в конце июля - начало августа $0,85$ мм в сутки.

5.2 Выращивание сеянцев с закрытой корневой системой в открытом грунте с применением биопрепаратов. Альтернативным вариантом выращивания ПМ с ЗКС в тепличных комплексах может стать технология выращивания сеянцев с ЗКС в условиях открытого грунта. Срок выращивания такого типа посадочного материала зависит от культивируемой породы.

Выращивание сеянцев сосны и лиственницы. С применением стимуляторов роста и комплекса удобрений за 2 года была получена опытная партия ПМ (1382 шт.). Во всех вариантах для сосны, кроме Верва 0,25 % (Ps2), применение стимуляторов оказало существенное положительное влияние на рост (K-Wallis: $df=10$, $N=605$, $H=436,8$, $p\text{-value} < 0,001$; с последующей процедуры множественного сравнения Тьюки, $p\text{-value} < 0,05$), где лучшим результатом стали варианты с применением Циркона (0,02 %) (Ps4) - $14,8 \pm 0,07$ см, Феровит (0,15 %) (Ps8) - $14,8 \pm 0,08$ см (рисунок 4а). Для лиственницы также, применение стимуляторов во всех вариантах оказало значимое положительное влияние (K-Wallis: $df=7$, $N=251$, $H=114,6$ $p\text{-value} < 0,001$; с последующей процедуры

множественного сравнения Тьюки, $p\text{-value} < 0,05$), где наиболее лучшие варианты: Рибав (0,001 %) (Ls13) - $17,6 \pm 0,05$ см, НВ-101 (0,05 %) (Ls14) - $17,6 \pm 0,05$ см; Эпин (0,002 %) (Ls15) - $17,6 \pm 0,04$ см (рисунок 4б).

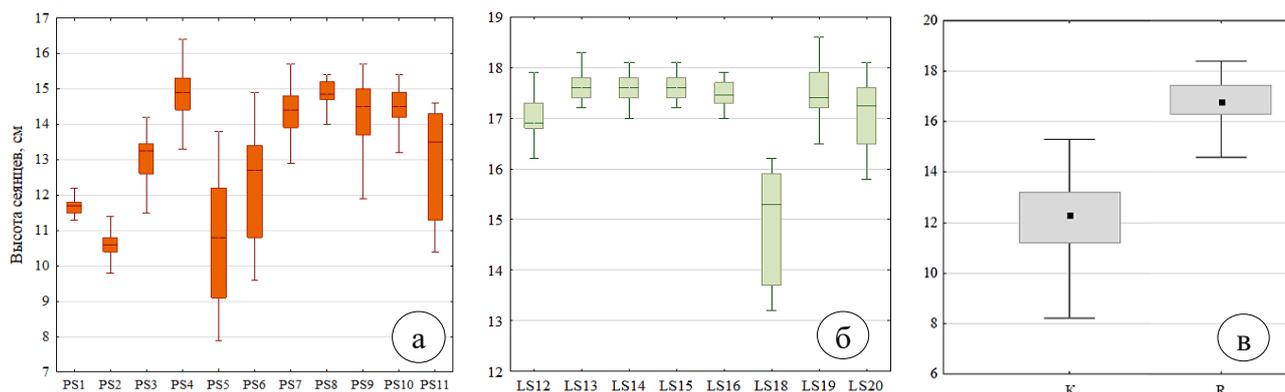


Рисунок 4 – Медианные значения, общий и межквартильный размах высот 2-х летних семян сосны (а), лиственницы (б) и березы (в)

Выращивание семян березы. Одним из эффективных способов для снижения пожарной опасности в лесных культурах является создание молодняков смешанного породного состава, где в качестве сопутствующих пород включают лиственные породы, например береза (Ефименко, 2004, 2005; Ищук, Беляева, 2023). На сегодняшний момент, на практике в Алтае-Саянском горно-таежном районе создают только монокультуры хвойных пород. Также, полностью отсутствует опыт выращивания посадочного материала лиственных пород.

Проведены исследования по выращиванию ПМ с ЗКС в условиях открытого грунта березы повислой с применением препарата Рибав (0,001 %). После посева семян первые всходы в опытном варианте появились через 16 дней, в контроле через 28 дней. Общая грунтовая всхожесть семян в опытном варианте составила - 74,6 %, в контрольном – 57,8 %. За 2,5 месяца удалось вырастить стандартный посадочный материал березы в обоих вариантах. Средняя высота семян опытного варианта ($16,7 \pm 0,09$ см) значительно превышает высоту контрольного ($12,03 \pm 0,16$ см) ($U=29,0$, при $p\text{-value} < 0,01$) (рисунок 4в).

5.3 Оценка влияния биопрепаратов на фотосинтетический аппарат семян.

Содержание в растениях пигментов хлорофилла и каротиноидов предопределяет интенсивность протекания в растениях процесса фотосинтеза, и, чем интенсивнее происходит этот процесс, тем активнее развитие самих растений (Мокроносов, 2006).

В хвое семян с ОКС, выращенных с применением комплекса биопрепаратов вариантов: Феровит (BEF, BF) и Вэрва-ель (V), в сравнении с контролем (A) значение фотосинтетического потенциала повышается на 70-130 % (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели фотосинтетических пигментов в хвое семян ели

Вариант	Хлорофилл a, мг/г. Результат рангового дисперсионного анализа		p-value < 0,05	Хлорофилл b, мг/г. Результат рангового дисперсионного анализа		p-value < 0,05	Каротиноиды, мг/г. Результат рангового дисперсионного анализа		p-value < 0,05
	Результат рангового дисперсионного анализа	Результат рангового дисперсионного анализа		Результат рангового дисперсионного анализа	Результат рангового дисперсионного анализа				
A	2,26±0,07	73		1,23±0,06	92		0,92±0,03	69	
BEF	3,99±0,01	105		1,82±0,01	114		1,99±0,00	105	
BF	4,60±0,02	114		1,68±0,01	105		2,20±0,01	114	
DF	0,41±0,01	6		0,17±0,00	6		0,21±0,00	6	
DFF	0,78±0,02	15		0,34±0,01	15		0,35±0,01	15	
V	5,51±0,02	123		2,31±0,01	127		2,41±0,01	123	

В вариантах с Цирконом (DF, DFF) содержание пигментов имеет низкое значение. В остальных опытных вариантах количество пигментов не существенно отличается от

значений в контрольном варианте. Выявлена положительная зависимость между содержанием пигментов в хвое и высотой сеянцев в вариантах Вэрва-ель и Феровит ($r=0,59$, при $p\text{-value}<0,05$).

6 ОПЫТНЫЕ ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ НА НАРУШЕННЫХ УЧАСТКАХ ЛЕСНЫХ ЗЕМЕЛЬ

6.1 Опытные лесные культуры ели сибирской с открытой корневой системой.

Созданные опытные лесные культуры ели из 4-летних сеянцев с ОКС (3 га) в год посадки характеризовались высокой приживаемостью. В вариантах Вэрва-ель (V), Феровит (BF), Цитовит (CEF), Цитовит (CFF) и (CF) приживаемость сеянцев составила 100 %. На протяжении 4-летних наблюдений 100 %-я сохранность саженцев отмечалась в вариантах V, CFF, CF, в других вариантах – не ниже 92 %.

В год посадки у саженцев всех вариантов сформировался прирост от 1,2 до 4,4 см, в последующие годы темп роста увеличивался, в особенности в варианте Вэрва-ель (V) (рисунок 5). На 4-й год в культурах между вариантами установлены различия по показателю «высота стволика» ($F=210,9$, при $p\text{-value}<0,001$), с последующей процедурой множественного сравнения ($p\text{-value}<0,05$) различия с контрольными ($34,58\pm 2,45$ см) значимы: V ($67,59\pm 4,41$ см), BEF ($39,38\pm 4,04$ см), BF ($41,21\pm 3,12$ см). Используя ежегодные значения по высоте культур варианта Вэрва-ель, спрогнозировано, что предполагаемый возраст для перевода культур в занятые лесом составляет 7 лет (рисунок 6), что на 3-4 года меньше, чем возраст, принимаемый на практике.

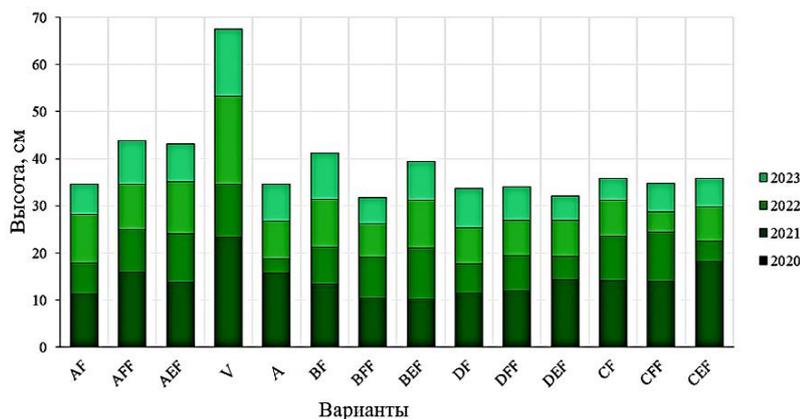


Рисунок 5 – Высота лесных культур ели сибирской по годам

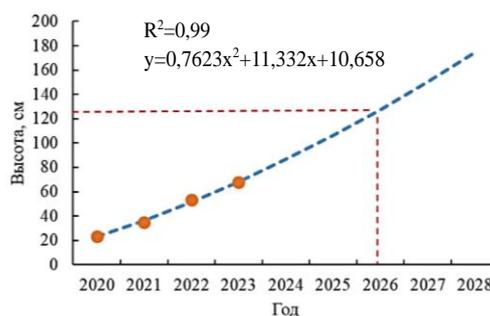


Рисунок 6 – Моделирование динамики роста культур ели сибирской в варианте V – Вэрва-ель

Примечание: V-Вэрва-ель; с дополнительной внекорневой обработкой стимуляторами Гетероауксин (F) и Эпин (E) варианты с Водой (AF, AEF, AFF), с Феровитом (BF, BEF, BFF), с Цитовитом (CF, CEF, CFF), с Цирконом (DF, DEF, DFF)

6.2 Опытные лесные культуры сосны и лиственницы с закрытой корневой системой.

Созданные опытные сосново-лиственничные лесные культуры (0,3 га) из 2-летних сеянцев с ЗКС в год посадки характеризовались высокой приживаемостью. Приживаемость во всех вариантах сеянцев сосны 96-100 %, во всех вариантах лиственницы – 100 %. По результатам осенней инвентаризации выявлено, что сохранность саженцев сосны осталась на высоком уровне (96 - 100 %), в особенности в вариантах Циркон (0,02 % (Ps4)) и НВ-101 (0,05 % (Ps10), характеризующихся 100 %-й сохранностью. Лесные культуры лиственницы оказались практически полностью уничтожены копытными животными.

В год создания культур саженцы сосны во всех вариантах сформировали линейные приросты в пределах от 0,9 до 4,3 см (рисунок 7), у оставшихся экземпляров лиственницы также отмечают приросты от 0,8 до 2,4 см. По средним значениям высот в

завершающий год выращивания в питомнике (2022 год) и результатами первого года саженцев сосны в культурах выявлено существенное различие (парные t-тесты: критерий Стьюдента, при $p\text{-value} < 0,05$).

Выраженная вариативность сформировавшихся высот у саженцев сосны на данном этапе роста не позволяет выявить существенное различие между опытными вариантами. Недостаточность объема выборки для саженцев лиственницы не позволяет объективно оценивать различие между опытными вариантами.

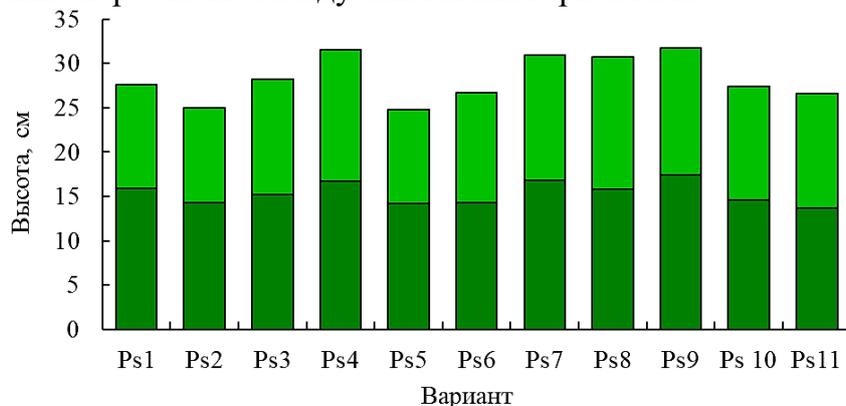


Рисунок 7 – Средние значения высоты посадочного материала сеянцев сосны (темно-зеленые столбцы) и 1-х летних по результатам осенней инвентаризации (светло-зеленые столбцы)

Примечание: Ps5 – Контроль 1, Ps4 – Циркон (0,02 %), Ps10 – НВ-101 (0,05 %), Ps9 – Рибав (0,001 %), Ps6 – Контроль 2, Ps3 – Эпин (0,002 %), Ps7 – Феровит (0,1 %), Ps8 – Феровит (0,15 %), Ps11 – Вэрва (0,15 %), Ps1 – Вэрва-ель (0,2 %), Ps2 – Вэрва-ель (0,25 %)

Высокая приживаемость сеянцев ели, сосны, лиственницы на лесокультурной площади и формирующийся в год посадки существенно значимый прирост, свидетельствует о успешной их адаптации к условиям участка лесовосстановления.

7 ТЕХНОЛОГИИ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ НАРУШЕННЫХ УЧАСТКОВ ЛЕСНЫХ ЗЕМЕЛЬ

На основе проведенных исследований разработана классификация нарушенных участков лесных земель предгорий Восточного Саяна по необходимости проведения и видам лесовосстановительных работ, основанная на классификации участков лесных земель, нарушенных пожарами, рубками, насекомыми-вредителями: сухостойные гари, шелкопрядники, полиграфники; валежные гари, шелкопрядники, полиграфники; пройденные рубками гари, шелкопрядники, полиграфники; вырубки; захламленные вырубки; пройденные пожарами нарушенные участки лесных земель (гари, вырубки, шелкопрядники, полиграфники); вырубленные и пройденные пожарами нарушенные участки лесных земель; пустыри и редины (старые не возобновившиеся гари); производные вегетативного происхождения малоценные молодняки на старых горельниках, которые нуждаются в реконструкции.

В зависимости от категории нарушенных участков лесных земель, их состояния и характеристик типов условий местопроизрастания (ТУМ), а также трудоемкости выполнения работ (наличие сухостойных деревьев, пней и валежа) и способа подготовки почвы выделены следующие группы категорий земель, требующих проведения лесовосстановительных мероприятий:

1. Нарушенные участки лесных земель сухостойные, валежные и повторно прогоревшие не возобновившиеся главными или второстепенным породами, нарушенные насаждения сильно изреженные, где требуется предварительная частичная вырубка усохших деревьев или расчистка (уборка) валежа:

а) с наличием усохших деревьев и (или) валежа до 500 шт./га на избыточно увлажненных и до 600 шт./га на свежих почвах, допускающие частичную подготовку почвы без предварительной раскорчевки способом, отвечающим ТУМ;

б) с наличием усохших деревьев и (или) более 500 шт./га на избыточно увлажненных и более 600 шт./га на свежих почвах, допускающие подготовку почвы способом, отвечающим ТУМ, только после предварительной частичной раскорчевки.

2. Нарушенные участки лесных земель сухостойные, валежные и повторно прогоревшие, нарушенные насаждения сильно изреженные, неудовлетворительно возобновившиеся главными или возобновившимися второстепенными породами, где требуется предварительная вырубка деревьев или расчистка.

3. Нарушенные участки лесных земель, вырубленные не возобновившиеся главными или второстепенным породами:

а) с наличием пней и (или) валежа до 500 шт./га на избыточно увлажненных и до 600 шт./га на свежих почвах, допускающие частичную подготовку почвы способом, отвечающим условиям местопроизрастания без предварительной расчистки и раскорчевки;

б) с наличием пней и (или) валежа более 500 шт./га на избыточно увлажненных и более 600 шт./га на свежих почвах, допускающие подготовку почвы способом, отвечающим ТУМ, где требуется предварительная полосная расчистка и раскорчевка.

4. Нарушенные участки лесных земель, вырубленные, неудовлетворительно возобновившиеся главными или возобновившимися второстепенными породами, где требуется предварительная вырубка деревьев или расчистка валежа, раскорчевка, а затем частичная подготовка почвы способом, отвечающим ТУМ:

а) с наличием пней и (или) валежа до 500 шт./га на избыточно увлажненных и до 600 шт./га на свежих почвах, допускающие частичную подготовку почвы способом, отвечающим ТУМ без предварительной расчистки и раскорчевки;

б) с наличием пней и (или) валежа более 500 шт./га на избыточно увлажненных и более 600 шт./га на свежих почвах, допускающие подготовку почвы способом, отвечающим ТУМ, где требуется предварительная полосная расчистка и раскорчевка.

5. Нарушенные участки лесных земель, вырубленные и повторно прогоревшие, вырубки прогоревшие, пустыри и редины со сгнившими и (или) прогоревшими пнями и не возобновившиеся главными или второстепенным породами, допускающими сплошную или частичную обработку почвы способом, отвечающим ТУМ без предварительной расчистки и раскорчевки.

6. Нарушенные участки лесных земель, вырубленные и повторно прогоревшие, вырубки прогоревшие, пустыри и редины со сгнившими и (или) прогоревшими пнями неудовлетворительно возобновившиеся главными или возобновившиеся второстепенными породами, допускающими сплошную или частичную обработку почвы способом, отвечающим ТУМ без предварительной расчистки и раскорчевки.

Для нарушенных участков лесных земель подобраны оптимальные способы лесовосстановления в зависимости от типа условий местопроизрастания, категории нарушенности участков лесных земель и предложен оптимальный видовой состав пород, рекомендуемых к посадке с учетом целевого назначения лесов.

Предложен алгоритм выбора мероприятий по лесовосстановлению на гарях, как основного вида нарушенности в предгорьях Восточного Саяна в зависимости от категории состояния нарушенного участка (согласно предложенной классификации), рельефа, типа условий местопроизрастания.

Предложены технологии лесовосстановления и разработаны расчетно-технологические карты лесовосстановления нарушенных участков лесных земель

(согласно предложенной классификации), учитывающие состояние и особенности и естественного лесовосстановления нарушенных участков лесных земель региона.

В защитных лесах с целью выполнения функциональных задач и лучшей пожароустойчивости, предложено создавать смешанные по составу насаждения с участием главной и сопутствующих пород (поликультуры).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В предгорьях Восточного Саяна на санитарное состояние представленных в регионе лесных формаций значительное влияние оказывают пожары, рубки и насекомые-вредители. Вследствие воздействия нарушающих факторов отмечается ухудшение санитарного состояния всех исследованных лесных насаждений. При этом худшим санитарным состоянием отличаются насаждения, поврежденные шелкопрядом сибирским и полиграфом уссурийский.

На нарушенных участках лесных земель отмечается разрастание густого двух-трех-ярусного травяного покрова, характеризующегося большим запасом, а на переувлажненных почвах - сохранение мощного мохового покрова и накопление опада хвой с поврежденных деревьев, что препятствует успешному лесовосстановлению. Успешное естественное лесовосстановление в регионе отмечается только в пихтовых насаждениях, поврежденных уссурийским полиграфом.

Успешному росту и развитию лесных культур в регионе исследований препятствует поселение в рядах хвойных культур густого березового подроста. Значительные площади, созданных лесных культур и поселившихся на нарушенных участках лесных земель молодняков, уничтожаются лесными пожарами.

На основе проведенных исследований разработаны способы и технологии лесовосстановления, включая предложения по выращиванию посадочного материала основных лесообразующих пород.

Предложены подходы, обеспечивающие интенсификацию выращивания посадочного материала основных лесообразующих пород характерных для предгорья Восточного Саяна:

- опытным путем доказано, что при выращивании посадочного материала ели сибирской с открытой корневой системой последовательное применение биопрепаратов в следующих вариантах: Феровит / Гетероауксин / Гетероауксин; Цитовит / Эпин / Гетероауксин; Вода / Гетероауксин / Гетероауксин; Вода / Эпин / Гетероауксин, а также обособленное применение биопрепарата Вэрва-ель позволяет получить сеянцы с улучшенными качественными характеристиками. Кроме того, применение рекомендуемых биопрепаратов способствует сокращению срока выращивания сеянцев ели сибирской с 3-4-х лет до 2-х лет;

- предложена технология выращивания сеянцев с закрытой корневой системой в условиях открытого грунта, что позволит наладить производство данного типа посадочного материала непосредственно в лесничествах;

- подтверждено, что при выращивании сеянцев с закрытой корневой системой применение биопрепаратов (для сосны обыкновенной - Циркон (0,02 %) и Феровит (0,15 %), для лиственницы сибирской - Рибав (0,001 %), НВ-101 (0,05 %), и Эпин (0,002 %)) позволит выращивать сеянцы с улучшенными качественными характеристиками, имеющие высокие показатели приживаемости и сохранности на лесокультурной площади;

- подтверждено, что выращивание сеянцев березы повислой с закрытой корневой системой в условиях открытого грунта с использованием биопрепарата Рибав (0,001 %) дает возможность получать качественный посадочный материал, необходимый для

создания смешанных пожароустойчивых культур, в течение одного вегетационного сезона.

Предложена классификация нарушенных участков лесных земель по необходимости проведения и видам лесовосстановительных работ и для каждой выделенной категории участков предложены оптимальные способы и технологии лесовосстановления и алгоритм выбора мероприятий.

Внедрение предложенных разработок позволит минимизировать затраты на лесовосстановление и будет способствовать предотвращению сокращения площади земель, занятых лесной растительностью, и обеспечению устойчивого и неистощительного лесопользования в низкогорных районах юга Сибири.

Практические рекомендации

1. При выращивании ПМ ели сибирской с ОКС рекомендовать внедрение технологии, включающей применение следующих комбинаций биопрепаратов: Феровит летние сеянцы), Цитовит (0,01 % - семена)/ Эпин (0,002 % - 1-летние сеянцы)/ Гетероауксин (0,002 % - 2-летние сеянцы), Вода (семена)/ Гетероауксин (0,002 % - 1-летние сеянцы)/ Гетероауксин (0,002 % - 2-летние сеянцы), Вода (семена)/ Эпин (0,002 % - 1-летние сеянцы)/ Гетероауксин (0,002 % - 2-летние сеянцы) и биопрепарата Вэрва-ель (0,25 мл/л – семена).

2. В целях сокращения финансовых затрат при выращивании ПМ с ЗКС альтернативным вариантом может послужить выращивание сеянцев с ЗКС в открытом грунте. Для сокращения сроков выращивания ПМ с ЗКС внедрить применение биопрепаратов для предпосевной подготовки семян: для сосны обыкновенной Циркон (0,02 %) и Феровит (0,15 %), для лиственницы Рибав (0,001 %), НВ-101 (0,05 %), и Эпин

В условиях Алтае-Саянского горно-таежного района агротехнические уходы за елью в питомниках и в культурах необходимо увязывать с двумя периодами активного роста в высоту: 1-й - середина июня; 2-й - конец июля-начало августа.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых журналах:

Saltsevich, Y.V. Use of organic biostimulant for growing Siberian spruce seedlings / Y.V. Saltsevich, A.A. Ageev, L.V. Buryak, I.S. Achikolova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. «International Forestry Forum "Forest Ecosystems as Global Resource of the Biosphere: Calls, Threats, Solutions"». – 2021. – Vol. 875. – P. 012084.

Агеев, А.А. Комплексное применение биостимуляторов при выращивании сеянцев ели (*Picea obovata* L.) / А.А. Агеев, Ю.В. Салцевич, Л.В. Буряк // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2023. – № 2(392). – С. 73-87.

Салцевич, Ю.В. Оценка состояния нарушенных пожарами, рубками и насекомыми-вредителями насаждений предгорий Восточного Саяна / Ю.В. Салцевич, Л.В. Буряк, А.Н. Головина, Е.А. Кукавская // Сибирский лесной журнал. – 2023. – № 6. – С. 63-75.

В других изданиях:

Агеев, А.А. Влияние биостимуляторов на показатели всхожести семян *Picea obovata* / А.А. Агеев, К.А. Хохлик, Ю.В. Салцевич // Actualscience. – 2017. – Т. 3, № 2. – С. 9-10.

Сунцова, Л.Н. Влияние комплекса биопрепаратов на содержание фотосинтетических пигментов в хвое двухлетних сеянцев ели сибирской / Л.Н. Сунцова,

Ю.В. Салцевич // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. – 2019. – Т. 22. – С. 184-187.

Салцевич, Ю.В. Применение биопрепаратов при выращивании саженцев ели сибирской в открытом грунте // Лесной и химический комплексы - проблемы и решения: материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Красноярск, 2019. – С. 110-112.

Технологии лесовосстановления горельников в лесных районах Сибири: методическое пособие / Составители: Л.В. Буряк, А.А. Агеев, **Ю.В. Салцевич**. – Пушкино: ВИИЛМ, 2021. – 64 с.

Салцевич, Ю.В. Методы выращивания посадочного материала для искусственного лесовосстановления / Ю.В. Салцевич, А.А. Агеев, Л.В. Буряк // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: материалы VIII Всерос. науч.-техн. конф. – Санкт-Петербург, 2023. – С. 346-348.

Салцевич Ю.В. Динамика роста опытных лесных культур ели сибирской / Ю.В. Салцевич, Л.В. Буряк, А.А. Агеев // Реализация стратегии развития лесного комплекса РФ до 2030 года в новых реалиях: материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Иркутск: БГУ, 2023. – С. 127-134.

Буряк, Л.В. К оценке эффективности и целесообразности санитарно-оздоровительных мероприятий / Л.В. Буряк, Р.В. Котельников, **Ю.В. Салцевич**, А.А. Агеев, С.А. Астапенко // Оптимизация лесопользования: материалы Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Екатеринбург, 2023. – С. 259-266.

Методические рекомендации по противопожарному обустройству лесов вблизи населенных пунктов Сибирского федерального округа: (для опытно-производственной проверки) / Л.В. Буряк, Р.В. Котельников, А.А. Мартынюк, А.А. Агеев, Ю.С. Ачиколова, **Ю.В. Салцевич** [Электронный ресурс]. – Пушкино: ФБУ ВНИИЛМ, 2023. – 37 с. – 1 CD-ROM.

Свидетельства о регистрации результатов интеллектуальной деятельности:

Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020621411 Российская Федерация. Тематическая карта-схема: «Распределение объектов, потенциально подверженных лесным пожарам»: № 2020621286: заявл. 04.08.2020: опубл. 12.08.2020 / Р.В. Котельников, Ю.С. Ачиколова, **Ю.В. Салцевич**.

Свидетельство о государственной регистрации базы данных 2023622766 Российская Федерация. Территории подверженные угрозе лесных и других ландшафтных (природных) пожаров: № 2023622378: заявл. 27.07.2023: опубл. 14.08.2023 / А.В. Брюханов, А.В. Потапова, **Ю.В. Салцевич**, Н.В. Головин.

Отзывы на автореферат просим направить в 2 экземплярах по адресу: 620100 г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37 Уральский гос. лесотехнический университет, ученому секретарю диссертационного совета 24.2.424.02 Магасумовой А.Г. E-mail: dissovet.usfeu@mail.ru

Подписано в печать “___” _____ 2024. Объем 1.0 авт.л. Заказ № _____. Тираж 100. 660049, г. Красноярск, проспект Мира, 82. ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева». Редакционно-издательский центр