СБОРНИК РАБОТ СТУДЕНЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ЛЕСА И ИННОВАЦИИ» ФИЛИАЛА ФГБОУ ВО «БАЙКАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» В Г. УСТЬ-ИЛИМСКЕ

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Байкальский государственный университет
Филиал ФГБОУ ВО «Байкальский государственный университет»
в г. Усть-Илимске

СБОРНИК РАБОТ СТУДЕНЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ЛЕСА И ИННОВАЦИИ» ФИЛИАЛА ФГБОУ ВО «БАЙКАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» В Г. УСТЬ-ИЛИМСКЕ

Усть-Илимск
Издательский дом БГУ
2026

© Филиал ФГБОУ ВО «БГУ», 2026

УДК 630
ББК 60

Издается по решению редакционно-издательского совета
Филиала Байкальского государственного университета в г. Усть–Илимске

Редакционная коллегия
к.т.н., доц. О.И. Ушакова, ст. преподаватель М.С. Билевич

Сборник работ студенческой конференции «Леса и инновации» Филиала ФГБОУ ВО « Байкальский государственный университет» в г. Усть-Илимске / отв. ред. О.И. Ушакова, М.С. Билевич. — Усть-Илимск, 2026. — 68 с.

УДК 630
ББК 60

В издании представлены результаты исследований студентов в области лесозаготовительной, лесохозяйственной деятельности, направленные на повышении эффективности лесопромышленного комплекса.

Авторами статей являются студенты бакалавриата и среднего профессионального образования Филиала ФГБОУ ВО « Байкальский государственный университет» в г. Усть-Илимске.

Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен, названий и иных сведений, а также за соблюдение законодательства об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов.

Научное электронное издание
Минимальные системные требования: веб-браузеры:
Microsoft Edge версии 79, Google Chrome версии 51, Mozilla Firefox версии 52, Safari версии 11 (или более новые); Средства просмотра файлов Portable Documents Format: Adobe Acrobat версии 7.0, Adobe Reader версии 7.0, SumatraPDF версии 1.1 (или более новые), Foxit Reader всех версий, PDF24Creator всех версий.
Доступ к сети Интернет.
Минимальные требования к конфигурации и операционной системе компьютера определяются требованиями перечисленных выше программных продуктов.

Филиал Байкальского государственного университета
666671, г. Усть–Илимск, ул. Ленина, 11
http:// https://uibgu.ru
© ФГБОУ ВО «БГУ», 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ГРЕЧКОВА Г.В. КОМПЛЕКСНЫЕ ПОДХОДЫ К МЕЛИОРАЦИИ ПОЧВ С УЧЕТОМ НЕДРЕВЕСНЫХ РЕСУРСОВ ЛЕСА	4
СМИРНОВА Л.С. БОЛЕЗНИ ЦВЕТОЧНО-ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ И ГАЗОННЫХ ТРАВ	8
ЛОПАТИНА А.Е. БОЛЕЗНИ ЛИСТЬЕВ И ХВОИ У МОЛОДЫХ И ВЗРОСЛЫХ ДЕРЕВЬЕВ И МЕРЫ БОРЬБЫ С НИМИ	18
ШАШИН В.С., ВЛАСОВ Э.А. ДРЕВЕСНАЯ ЗЕЛЕНЬ: ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ	23
ПРЕДЕЛИН Д.В. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ЛЕСОСЕМЕННОЙ БАЗЫ НА ПРИМЕРЕ ГКУ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ «СЕВЕРНОЕ ЛЕСНИЧЕСТВО»	27
ПАВЛЕНКО Г.И. ИННОВАЦИИ В КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ДРЕВЕСИНЫ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СУВЕРЕНИТЕТ И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ	33
ПОЛОЦКИЙ П.С. ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ЛЕСОВ ОТ ПОЖАРОВ: НА ПРИМЕРЕ ФИЛИАЛА АО «ГРУППА «ИЛИМ» В УСТЬ-ИЛИМСКОМ РАЙОНЕ	37
БУРДЕЙНЫЙ М.С. МЕХАНИЗАЦИЯ И РОБОТИЗАЦИЯ В ПРАКТИКЕ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ: АНАЛИЗ, ПЕРСПЕКТИВЫ И ОПЫТ ФИЛИАЛА АО «ГРУППА «ИЛИМ» В УСТЬ-ИЛИМСКОМ РАЙОНЕ	45
ПАЛАМАРЧУК И.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ МЯГКОГО ДВП	53
АХРИМЕНКО С.Э. СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ ВЫРУБЛЕННЫХ ПЛОЩАДЕЙ: ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ	60

УДК:630.182

Г.В. Гречкова

КОМПЛЕКСНЫЕ ПОДХОДЫ К МЕЛИОРАЦИИ ПОЧВ С УЧЕТОМ НЕДРЕВЕСНЫХ РЕСУРСОВ ЛЕСА

В работе рассматриваются комплексные подходы к мелиорации почв в лесном хозяйстве с акцентом на использование недревесных ресурсов, таких как травы, кустарники и плодово-ягодные растения. Показано, что интеграция этих видов в лесные экосистемы способствует защите почв от эрозии, улучшает их структуру и повышает плодородие за счёт обогащения органическим веществом и фиксации азота. Особое внимание уделяется роли ивы, ольхи и бобовых культур в стабилизации почвенного покрова и ускоренном восстановлении деградированных земель, включая гари.

Ключевые слова: мелиорация почв, недревесные ресурсы леса, эрозия почв, лесные полосы, биологическое разнообразие, бобовые растения, ива, ольха пушистая, восстановление гарей, органическое вещество, фиксация азота.

G.V. Grechkova

INTEGRATED APPROACHES TO SOIL RECLAMATION, TAKING INTO ACCOUNT NON-TIMBER RESOURCES OF THE FOREST

The paper considers integrated approaches to soil reclamation in forestry with an emphasis on the use of non-wood resources such as grasses, shrubs and fruit and berry plants. It has been shown that the integration of these species into forest ecosystems helps protect soils from erosion, improves their structure, and increases fertility through enrichment with organic matter and nitrogen fixation. Special attention is paid to the role of willow, alder and legumes in soil cover stabilization and accelerated restoration of degraded lands, including burning.

Keywords: soil reclamation, non-timber forest resources, soil erosion, forest strips, biological diversity, legumes, willow, fluffy alder, restoration of harem, organic matter, nitrogen fixation.

В современном лесном хозяйстве мелиорация почв становится одной из ключевых задач устойчивого развития. Методы мелиорации, подкрепленные использованием недревесных ресурсов, обеспечивают сохранность и улучшение почвенного покрова, способствуют защите от эрозийных процессов и поддержанию жизнеспособности лесных экосистем.

Недревесные ресурсы, такие как травы, кустарники, лекарственные и плодово-ягодные растения, не только играют важную роль в экологии, но и служат возобновляемыми ресурсами, повышая устойчивость и продуктивность лесов. Такой подход отвечает современным требованиям устойчивого природопользования и снижает негативное воздействие лесохозяйственной деятельности.

Лесные полосы представляют собой сложные биогеоценозы, в которых разнообразие недревесных ресурсов играет критическую роль. Среди них травы и кустарники являются непреложными элементами, регулирующими микроклимат, способствующими улучшению структуры почвы и предотвращением эрозийных процессов. Например, такие виды как ковыль и лещина улучшают аэрацию и влагоудержание почв.

Для оптимального выбора мер по защите земель от водной и ветровой эрозии рекомендуется следовать четкому алгоритму. Сначала оценивается степень эрозионной угрозы и характеристики почвы. Затем определяются необходимые мероприятия — от посева травянистых культур до создания многоярусных защитных полос. Важно учитывать местные климатические особенности и видовой состав растений.

Для успешного восстановления лесных насаждений необходим сбалансированный комплекс элементов, включающий минеральные и органические источники. Важнейшими являются компосты, биогумус, а также местные органические остатки — опад, мох, корни трав. Учёные отмечают, прямую зависимость между сбалансированным питанием почвы и устойчивостью лесных культур к неблагоприятным факторам.

Совместное произрастание определённых трав и кустарников с основными лесными породами улучшает структуру почвы, способствует лучшему увлажнению и повышает доступность питательных веществ. В таблицах флоры Усть-Илимского района отмечено, что точное сочетание видов снижает конкуренцию и усиливает синергетические эффекты, что приводит к лучшему росту и стойкости лесных культур.

Смешанные посадки древесных пород значительно повышают продуктивность леса за счет разноуровневого использования ресурсов и улучшения почвенного плодородия. Исследования Б.Д. Жилкина 2023 года показали, что такой подход увеличивает прирост древесины и стимулирует биологическую активность почвы. Комбинирование различных пород положительно влияет на показатели плодородия и устойчивость экосистемы, что делает смешанные посадки перспективной стратегией лесовосстановления в условиях изменяющегося климата.

Ива является одним из ключевых видов растений для противоэрозийных мероприятий благодаря своей способности быстро укореняться и укреплять почву. Ее корневая система эффективно связывает почву, предотвращая смывы. Кроме того, использование ивы в лесомелиорации несет экономическую выгоду: древесина ивы применяется в сельском хозяйстве, производстве мебели и народной медицине. Благодаря таким комплексным преимуществам ива стала незаменимым элементом в восстановлении и сохранении деградированных земель.

Ольха пушистая и душекия кустарниковая обладают уникальной способностью активно фиксировать атмосферный азот, что существенно улучшает плодородие почв на брошенных и заброшенных территориях. Эти виды способствуют укреплению почвенного покрова и ускоренному восстановлению биологической продукции. Оптимальное размещение — от 800 до 5000

кустарников на гектар — обеспечивает максимальный эффект. Кроме того, они производят до 250 м³ древесного материала на гектар, являясь ценными как для лесохозяйственных целей, так и в народной медицине и ремеслах, что значительно повышает экономическую привлекательность.

Важным аспектом лесовосстановления является внедрение плодово-ягодных и лекарственных растений, которые обогащают почву и формируют устойчивый биоценоз. Эти культуры не только способствуют улучшению физико-химических характеристик почвы, но и предоставляют дополнительный экономический доход.

Бобовые и злаковые растения играют ключевую роль в мелиорации почв, повышая их плодородие за счет фиксации азота и улучшения структуры. Такое сочетание способствует ускоренному росту лесных пород и подавлению сорняков, тем самым облегчая приживаемость лесокультур.

Материалы института леса им. В.Н. Сукачева и наблюдения из Усть-Илимского района подтверждают, что интеграция этих растений в систему лесовосстановления значительно повышает экологическую устойчивость и продуктивность насаждений.

Восстановление гарей — вырубленных и обожжённых территорий — является сложным процессом, требующим системного подхода. Иван-чай, благодаря своим быстрым темпам роста и способности к естественному зарастанию, играет важную роль в этом процессе. Основные этапы включают подготовительные работы, посев и распространение иван-чая, контроль за динамикой зарастания и последующее восстановление лесных культур. Этот метод позволяет эффективно возвращать плодородие почв и восстанавливать биологическое разнообразие, делая гарь пригодной для хозяйственного использования и сохранения экосистем.

Таким образом, рациональное применение дикорастущих и недревесных лесных ресурсов создает устойчивую систему почвенного восстановления, снижает отрицательное воздействие эрозионных процессов, способствует накоплению органического вещества и поддерживает биологическое разнообразие. В результате мелиорация с использованием дикоросов становится не только экологически оправданной, но и дает возможность получения дополнительной прибыли, за счет реализации недревесных ресурсов, обеспечивая долгосрочную устойчивость и продуктивность лесовосстановления в различных климатических условиях.

Информация об авторе

Гречкова Галина Владимировна - студентка группы ЛИДз-21 филиала ФГБОУ ВО «Байкальский государственный университет» в г. Усть-Илимске, г. Усть-Илимск, ул Ленина 20В.

Научный руководитель

Ушакова Оксана Ивановна. - к.т.н., доцент кафедры Лесной отрасли и экономики филиала ФГБОУ ВО «Байкальский государственный университет» в г. Усть-Илимске.

Information about the author

Galina Vladimirovna Grechkova is a student of the LIDz-21 group of the Baikal State University branch in Ust-Ilimsk, Ust-Ilimsk, Lenin St. 20B.

Scientific supervisor

Ushakova Oksana Ivanovna. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Forestry and Economics of the Baikal State University branch in Ust-Ilimsk.

УДК: 630

Л.С. Смирнова

БОЛЕЗНИ ЦВЕТОЧНО-ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ И ГАЗОННЫХ ТРАВ

Цветочно-декоративные растения и газонные травы играют ключевую роль в ландшафтном дизайне, выполняя важные санитарно-гигиенические функции (улучшение качества воздуха, предотвращение эрозии почвы). В условиях урбанизации и изменения климата они становятся уязвимыми к широкому спектру заболеваний. Целью данной работы является определение значимости проблемы болезней этих культур, а также раскрытие основных групп заболеваний и факторов их развития. В исследовании рассматриваются причины возникновения инфекционных (грибковых, бактериальных, вирусных) и неинфекционных болезней, анализируются симптомы поражения (мучнистая роса, корневая гниль, ржавчина, плесень). Особое внимание уделено факторам риска: неблагоприятным климатическим условиям, ошибкам агротехники и использованию заражённого посадочного материала. Подчёркивается важность ранней диагностики и комплексного подхода к защите растений, сочетающего агротехнические, биологические и химические методы борьбы. Делается вывод о приоритете профилактических мер для поддержания здоровья насаждений и сохранения их декоративных качеств.

Ключевые слова: болезни цветочно-декоративных растений, болезни газонных трав, фитопатогены, мучнистая роса, корневая гниль, ржавчина, плесень, диагностика заболеваний, защита растений, профилактика, фунгициды, биопрепараты, ландшафтный дизайн.

L.S. Smirnova

DISEASES OF FLOWER AND ORNAMENTAL PLANTS AND LAWN GRASSES

Flower and ornamental plants and lawn grasses play a key role in landscape design, performing important sanitary and hygienic functions (improving air quality, preventing soil erosion). With urbanization and climate change, they are becoming vulnerable to a wide range of diseases. The purpose of this work is to determine the significance of the problem of diseases of these crops, as well as to reveal the main groups of diseases and factors of their development. The study examines the causes of infectious (fungal, bacterial, viral) and non-communicable diseases, analyzes the symptoms of the lesion (powdery mildew, root rot, rust, mold). Special attention is paid to risk factors: unfavorable climatic conditions, mistakes in agricultural technology and the use of contaminated planting material. The importance of early diagnosis and an integrated approach to plant protection combining agrotechnical, biological and chemical control methods is emphasized.

The conclusion is made about the priority of preventive measures to maintain the health of plantings and preserve their decorative qualities.

Keywords: diseases of flower and ornamental plants, diseases of lawn grasses, phytopathogens, powdery mildew, root rot, rust, mold, disease diagnosis, plant protection, prevention, fungicides, biologics, landscape design.

Цветочно-декоративные растения и газонные травы играют ключевую роль в ландшафтном дизайне и экологии. Они не только придают эстетическую привлекательность территориям, но и выполняют важные функциональные задачи, такие как улучшение качества воздуха, снижение температуры окружающей среды, предотвращение эрозии почвы и создание биотопов для многих животных и насекомых. В условиях урбанизации и изменения климата, растительная среда становится особенно уязвимой к различным болезням.

Объект исследования выступают цветочно-декоративные растения и газонные травы.

Предмет исследования являются болезни этих культур, их возбудители, механизмы развития и способы борьбы с ними.

Гипотеза. При своевременной диагностике и комплексном применении агротехнических, биологических и химических методов защиты можно существенно снизить риск поражения цветочно-декоративных растений и газонных трав болезнями, повысить их устойчивость и сохранить декоративность насаждений на длительный срок.

Актуальность работы обусловлена несколькими факторами. Высокая ценность зелёных насаждений (газоны и цветники выполняют не только декоративную, но и санитарно-гигиеническую функцию: задерживают пыль, обогащают воздух кислородом, регулируют микроклимат). Распространённость заболеваний (в условиях плотной посадки, повышенной влажности, неправильного ухода риск развития инфекций резко возрастает). Сложность диагностики (симптомы разных болезней могут быть схожими, что затрудняет выбор методов лечения). Необходимость профилактики (предупредить заболевание зачастую проще и дешевле, чем бороться с его последствиями).

1. Основные болезни цветочно-декоративных растений. Фитопатогенные микроорганизмы – микроорганизмы (бактерии, грибы, вирусы, оомицеты, нематоды), которые способны вызывать заболевания у растений. Они являются одной из основных причин потерь урожая в сельском хозяйстве и имеют огромное экономическое значение. Основные виды болезней цветочно-декоративных растений [4, с. 95]:

Грибковые заболевания (например, мучнистая роса, корневая гниль), мучнистая роса и корневая гниль указана на рис. 1.



Рисунок. 1. Грибковые заболевания

Бактериальные и вирусные болезни (например, бактериоз, вирусные инфекции), бактериоз и вирусная инфекция показаны на рис. 2.



Рисунок 2. Бактериальные и вирусные болезни

Основные виды болезни газонных трав: плесень, ржавчина, проблемы с корнеобитаемостью. На рис. 3 показаны болезни ржавчина и плесени [5, с. 128].



Рисунок 3. Болезни газонных трав

Развитие заболеваний цветочно-декоративных растений, таких как мучнистая роса, корневая гниль, бактериоз и вирусные инфекции, связано с множеством факторов, включая условия окружающей среды, агрономическую практику и состояние растений [3, стр. 246].

1. Мучнистая роса. Причины развития:

• Высокая влажность и температура: Грибки развиваются в условиях высокой влажности (60-90%) и температуры (20-25°C).

• Плохая вентиляция: Плотные посадки и отсутствие циркуляции воздуха создают идеальные условия для спор грибка.

• Избыток азота: Чрезмерное применение азотных удобрений может привести к избыточному росту вегетативной массы, что усугубляет проблему.

2. Корневая гниль. Причины развития:

• Переувлажнение: Чрезмерный полив и плохая дренажная система способствуют задержке влаги в корнях, что приводит к гниению.

• Загущенные посадки: Недостаточная циркуляция воздуха и света ухудшают состояние растений.

• Слабое состояние растений: Корни сильно подвержены заболеваниям, если растение находится в стрессе из-за неправильного питания или недостатка света [7].

3. Бактериоз. Причины развития:

• Повреждение растений: Механические повреждения (например, при обрезке) позволяют бактериям проникать в растение.

• Влажные условия: Оптимальны для размножения бактерий, особенно в сырую погоду.

• Снижение иммунитета растений: Недостаток питательных веществ или стрессовые условия делают растения более уязвимыми к бактериальным инфекциям.

4. Вирусные инфекции. Причины развития:

• Передача через насекомых: Вирусы часто передаются через укусы насекомых, таких как тля и трипсы.

• Контактные инфекции: Вирусы могут передаваться при контакте с зараженными растениями (например, через инструменты или руками садоводов).

• Слабое состояние растения: Растения в стрессовом состоянии (например, из-за нехватки воды или пищи) более подвержены вирусным инфекциям.

Болезни газонных трав, такие как ржавчина и плесень, могут серьезно повлиять на здоровье и внешний вид газона. Разберем основные причины их развития [6].

1. Ржавчина. Причины развития:

• Высокая влажность: Ржавчина развивается в условиях повышенной влажности и температуры, особенно когда утренние росы остаются на траве в течение длительного времени.

• Недостаток солнечного света: Газоны, находящиеся в тени, имеют более высокую вероятность заражения ржавчиной, так как низкие температурные условия способствуют размножению спор грибка.

• Плотность листьев: Загущенные травяные покрытия уменьшают циркуляцию воздуха, что создает влажную среду, способствующую развитию болезни.

• Удобрения: Избыточное применение азотных удобрений может увеличить рост трав, создавая условия для распространения ржавчины.

2. Плесень (мучнистая плесень). Причины развития:

• Переувлажнение: Избыточный полив или плохая дренажная система приводят к накоплению влаги в верхних слоях почвы и на листьях.

• Температурные колебания: Плесень часто развивается при высоких температурах (18-30°C) в сочетании с высокой влажностью.

• Загущенные посадки: как и в случае с ржавчиной, плотные травяные покрытия способствуют снижению циркуляции воздуха, что создает условия для развития грибка.

• Неправильное время стрижки: Стрижка травы в дождливую погоду или на влажной траве может способствовать механическим повреждениям, что открывает доступ патогенам.

На рис. 4 показаны пример заболеваемости из-за определенных факторов.



Рисунок 4. Факторы заболеваемости растений

Зараженные растения могут утратить свой цвет, форму и жизнеспособность, что отрицательно сказывается на общем восприятии ландшафта. Это может привести к снижению ценности объектов недвижимости и уменьшению интереса к городской или частной территории. Так же болезни могут ослабить растения, что снизит их способность выполнять экосистемные функции, такие как контроль температуры и качество воздуха. Вирусные или грибковые инфекции могут привести к снижению устойчивости растений к неблагоприятным условиям окружающей среды. Снижение декоративных качеств и функциональности растений требует дополнительных затрат на их лечение, замену или восстановление. Это негативно сказывается на экономике как частных владений, так и общественных пространств [1, с. 358].

Выявить основные болезни цветочно-декоративных растений и газонных трав не всегда легко, но по некоторым симптомам можно это сделать [2, с. 67].

Например:

1. Мучнистая роса: появление белесого, порошкообразного налета на верхней стороне листьев; листья могут желтеть и высыхать; легкое загрязнение при прикосновении к пораженным участкам.

2. Бактериоз: водянистые пятна на листьях и стеблях; язвы и гнилостные участки, которые могут темнеть; увядание и отставание в росте растения.

3. Корневая гниль: замедленный рост и увядание растения, даже при достаточном поливе; мягкие, водянистые и сморщенные корни; темные участки на корнях; появление гнили у основания стебля.

4. Вирусные заболевания: хлороз (желтение) листьев, мозаичные паттерны или полосы; деформация – скручивание и уменьшение размера; нерегулярный рост растения, его общее угнетенное состояние.

5. Ржавчина: появление оранжевых, коричневых или желтых пятен на листьях; постепенное пожелтение и опадание пораженных листьев; виден мучнистый налет, особенно в нижней части листьев.

6. Плесень: появление бледно-белого налета на листьях и стеблях; пораженные листья могут скручиваться и желтеть; увядание растений, особенно после полива или в дождливую погоду.

2. Подходы к лечению заболеваний растений и трав.

1. Мучнистая роса:

• Устранение условий: снизить влажность и улучшить вентиляцию, проводя обрезку растений для повышения циркуляции воздуха.

• Препараты: использовать фунгициды, такие как тебуконазол или азоксистробин. Также можно применять народные средства, например, раствор соды или чеснока.

• Регулярный осмотр: проводить регулярные осмотры и удалять пораженные листья.

2. Бактериоз:

• Удаление пораженных частей: обрезать и утилизировать инфекции, чтобы предотвратить дальнейшее распространение.

• Фунгициды и бактерициды: использовать препараты на основе меди, такие как бордосская жидкость.

• Правила ухода: следить за условиями роста, избегать переувлажнения и обеспечивать хорошую вентиляцию.

3. Корневая гниль:

• Удаление больных растений: извлечь и уничтожить сильно пораженные растения.

• Фунгицидные обработки: применять фунгициды, такие как пропиконазол или тиабендазол.

• Коррекция полива: избежать переувлажнения. Оптимизируйте дренаж и глиняную структуру почвы.

4. Вирусные заболевания:

• Удаление зараженных растений: пораженные растения следует удалить и сжечь, чтобы предотвратить распространение вируса.

• Избежание стрессов: обеспечение оптимальных условий роста, своевременный полив и удобрение.

• Контроль насекомых: регулярное применение инсектицидов для защиты от переносчиков (тли, трипсы).

5. Ржавчина:

• Удаление пораженных частей: уничтожение листьев с пятнами.

• Фунгициды: применение системных фунгицидов, таких как хлороталонил или тефенозид.

• Использование устойчивых сортов: при выборе растений отдавать предпочтение сортам, устойчивым к ржавчине.

6. Плесень:

• Изменение условий: повысить освещение и снизить влажность путем улучшения вентиляции.

• Фунгициды: использование фунгицидов, таких как зироамыгофосфат или бензимидазолы.

• Народные методы: применять растворы на основе пищевой соды или молока, которые могут помочь в борьбе с мучнистой плесенью.

На рис. 5 показаны основные методы лечения трав и растений.



Рисунок 5. Основные методы лечения и профилактика растений и трав

В ходе исследования болезней цветочно-декоративных растений и газонных трав были рассмотрены их основные виды, причины возникновения, симптомы и методы борьбы. Полученные результаты позволяют сделать ряд важных выводов.

Цветочно-декоративные растения и газонные травы подвержены широкому спектру болезней, которые делятся на:

– инфекционные (грибковые — мучнистая роса, ржавчина, фузариоз, склеротиниоз; бактериальные; вирусные);

– неинфекционные (вызванные неблагоприятными условиями среды: дефицитом или избытком питательных веществ, переувлажнением/засухой, температурными стрессами и т.д.).

Развитие болезней провоцируют:

– неблагоприятные климатические условия (высокая влажность, перепады температур);

– ошибки в агротехнике (неправильный полив, избыточное или недостаточное удобрение, отсутствие аэрации газонов);

– загущённые посадки;

– использование заражённого посадочного материала;

– накопление растительных остатков, служащих источником инфекции.

Своевременное выявление симптомов (пятна, налёты, увядание, деформация органов, проплешины на газоне) позволяет начать лечение на ранних стадиях и предотвратить массовое распространение инфекции.

Наилучшие результаты в защите растений достигаются при сочетании разных методов:

– агротехнических (подбор устойчивых сортов, севооборот, правильная стрижка газонов, аэрация, уборка растительных остатков);

– биологических (использование биопрепаратов, например, «Фитоспорин-М»);

– химических (применение фунгицидов: «Фундазол», «Прогноз», «Максим» и др. — строго по инструкции).

Предупреждение заболеваний экономически и экологически выгоднее, чем борьба с ними. Ключевые профилактические меры:

– сбалансированное питание растений;

– оптимальный режим полива;

– регулярный осмотр насаждений;

– соблюдение норм посадки и ухода;

– осенняя и весенняя подготовка газонов (стрижка, подкормка фосфорно-калийными удобрениями, удаление войлока).

Практические рекомендации:

1. Для цветочно-декоративных культур: использовать устойчивые сорта, соблюдать схему посадки, контролировать влажность почвы, проводить профилактические обработки биопрепаратами.

2. Для газонных трав: регулярно стричь и вычёсывать газон, проводить аэрацию, вносить удобрения с учётом сезона, избегать переувлажнения, особенно в тенистых зонах.

Перспективы дальнейшего изучения темы:

– исследование новых штаммов патогенов и их устойчивости к фунгицидам;

– разработка экологически безопасных биопрепаратов;

– изучение влияния климатических изменений на распространение болезней;

– создание цифровых инструментов для быстрой диагностики заболеваний по фото (мобильные приложения, нейросети).

Таким образом, изучение болезней цветочно-декоративных растений и газонных трав становится не только актуальной научной задачей, но и важным аспектом для устойчивого развития городской среды и защиты экосистем. Так же, как и растение, каждое заболевание требует индивидуального подхода в лечении. Профилактические меры, такие как соблюдение агрономических практик, могут значительно снизить риск возникновения заболеваний и поддерживать здоровье растений. Регулярное наблюдение за растениями и внимание к их состоянию помогут своевременно выявить болезни и предпринять необходимые меры. Кроме того, правильные агрономические практики способствуют поддержанию здоровья растений и минимизации появления заболеваний.

Список используемой литературы

1. Ганичкина О.А., Ганичкин А.В. Дачная библия садовода и огородника. М.: Эксмо, 2023. 640 с.

2. Кизима Г.А. Болезни и вредители. Как защитить свой сад и огород. М.: уДачная библиотека, 2024. 128 с.

3. Трейвас Л.Ю., Каштанова О.А. Болезни и вредители плодовых растений. М.: Фитон XXI, 2021. 352 с.

4. Хессайон Д. Г. Все о болезнях и вредителях растений. М.: Кладезь, 2012. 128 с

5. Ходж Д. Ботаника для садоводов. М.: Азбука, 2023. 224 с.

6. Научная статья. Основные инфекционные болезни злаковых трав, используемых для создания спортивных газонов, и методы борьбы с ними (обзор) [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-infektsionnye-bolezni-zlakovyh-trav-ispolzuemyh-dlya-sozdaniya-sportivnyh-gazonov-i-metody-borby-s-nimi-obzor/viewer, (дата обращения: 01.05.2026).

7. РОССИЯGREEN [Электронный ресурс]. URL: https://rusgrass.ru/stati/bolezni-gazona-i-ikh-lechenie-/, (дата обращения: 01.05.2026).

Информация об авторе

Смирнова Любовь Сергеевна - студентка группы ЛИД-24 филиала ФГБОУ ВО «Байкальский государственный университет» в г. Усть-Илимске, г. Усть-Илимск, ул Ленина 20В.

Научный руководитель

Ушакова Оксана Ивановна. - к.т.н., доцент кафедры Лесной отрасли и экономики филиала ФГБОУ ВО «Байкальский государственный университет» в г. Усть-Илимске.

Information about the author

Lyubov Sergeevna Smirnova is a student of the LEAD-24 group of the Baikal State University branch in Ust-Ilimsk, Ust-Ilimsk, Lenin St. 20B.

Scientific supervisor

Ushakova Oksana Ivanovna. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Forestry and Economics of the Baikal State University branch in Ust-Ilimsk.

УДК: 630.1

А.Е. Лопатина

БОЛЕЗНИ ЛИСТЬЕВ И ХВОИ У МОЛОДЫХ И ВЗРОСЛЫХ ДЕРЕВЬЕВ И МЕРЫ БОРЬБЫ С НИМИ

Аннотация. Цель статьи — систематизировать сведения о заболеваниях листьев и хвои молодых и взрослых деревьев, показать диагностические признаки и обосновать комплекс профилактических и защитных мероприятий. Материалом послужили научная и учебная литература по фитопатологии, лесной защите и диагностике болезней растений, а также обобщённые описания симптомов из исходного документа. Исследование выполнено как обзорно-аналитическое; использованы анализ литературы, сопоставление симптомов и описание возможностей микроскопического и лабораторного исследования образцов. Показано, что сходные внешние проявления могут иметь инфекционную или неинфекционную природу, поэтому выбор мер борьбы должен опираться на последовательную диагностику. Обобщены признаки грибковых и бактериальных поражений, а также нарушений, связанных с водным режимом, питанием, температурой и загрязнением. Практическая значимость работы состоит в формировании алгоритма обследования насаждений и безопасном подходе к применению средств защиты с учётом культуры и действующего регламента.

Ключевые слова: болезни деревьев; листья; хвоя; фитопатология; диагностика; профилактика; микроскопия; защита растений.

A.E. Lopatina

DISEASES OF LEAVES AND NEEDLES IN YOUNG AND MATURE TREES AND MEASURES TO COMBAT THEM

Annotation. The aim of the article is to systematize information about diseases affecting the leaves and needles of young and mature trees, to show diagnostic signs, and to substantiate a set of preventive and protective measures. The material used includes scientific and educational literature on phytopathology, forest protection, and plant disease diagnostics, as well as generalized descriptions of symptoms from the source document. The study was conducted as a review and analytical one; it involved literature analysis, comparison of symptoms, and a description of the possibilities for microscopic and laboratory examination of samples. It has been shown that similar external manifestations may have an infectious or non-infectious nature, so the choice of control measures should be based on consistent diagnostics. The signs of fungal and bacterial infections, as well as disorders related to water regime, nutrition, temperature, and pollution, have been summarized. The practical significance of the work lies in the development of an algorithm for inspecting plantings and a safe approach to the use of protective agents, taking into account the crop and the current regulations.

Keywords: tree diseases; leaves; needles; phytopathology; diagnostics; prevention; microscopy; plant protection.

Деревья являются важным компонентом лесных, городских и садово-парковых экосистем. Состояние листьев и хвои непосредственно связано с интенсивностью фотосинтеза, водным обменом, приростом и устойчивостью растений к стрессам. Поражения ассимиляционного аппарата у молодых деревьев особенно опасны из-за небольшой площади кроны и ограниченных резервов, тогда как у взрослых экземпляров повторяющееся повреждение может приводить к ослаблению кроны, снижению прироста и повышению восприимчивости к вторичным вредным организмам.

Симптомы болезней — пятнистости, хлорозы, некрозы, налёты, увядание и преждевременное опадение — нередко сходны при различной этиологии. Поэтому визуальное наблюдение должно дополняться оценкой условий произрастания, сравнением поражённых и здоровых органов и, при необходимости, микроскопическим или лабораторным исследованием. Цель статьи — в обзорно-аналитической форме обобщить основные группы поражений листьев и хвои и представить систему диагностики, профилактики и защиты деревьев.

Грибные патогены относятся к наиболее распространённым причинам поражения листьев и хвои. Они формируют пятна, некрозы, налёты, пустулы и участки преждевременного отмирания тканей. Распространению инфекции способствуют длительное увлажнение поверхности органов, загущённость кроны, наличие растительных остатков и механических повреждений.

Ржавчинные болезни проявляются жёлтыми, оранжевыми или бурыми участками и нередко образованием спороношений. Пятнистости вызывают округлые или неправильной формы некротические участки, иногда с каймой и точечными спороношениями. Парша плодовых культур сопровождается оливково-бурыми пятнами, а мучнисторосяные грибы формируют белый или сероватый налёт, преимущественно на молодых тканях.

Поражения, связанные с видами рода Phytophthora, могут затрагивать корни, корневую шейку и надземные органы деревьев. При этом Phytophthora infestans является прежде всего возбудителем фитофтороза картофеля и томата и не должен рассматриваться как типичный возбудитель болезней древесных пород. У деревьев следует говорить о видах рода Phytophthora в целом и подтверждать видовую принадлежность диагностическими методами.

Профилактика грибных болезней включает снижение длительного увлажнения кроны, удаление поражённых растительных остатков, поддержание санитарного состояния и подбор устойчивого посадочного материала. Фунгициды предназначены для подавления грибных возбудителей; их использование возможно только для зарегистрированных препаратов, разрешённых для соответствующей культуры или объекта, строго по инструкции и регламенту.

Бактериальные поражения вызываются фитопатогенными представителями, среди которых встречаются виды родов Xanthomonas, Pseudomonas и Erwinia. На листьях и хвое они проявляются водянистыми или тёмными пятнами, некрозами, краевым усыханием, деформацией и преждевременным

опадением. Наиболее благоприятны тёплая влажная погода, наличие ран и перенос бактерий с каплями воды, инструментом или заражённым посадочным материалом.

Диагностика бактериозов требует осторожности: сходные пятна образуются при ожогах, заморозках и грибных инфекциях. Санитарные меры включают удаление явно поражённых частей, дезинфекцию инструмента, ограничение капельной влаги и использование здорового посадочного материала. Бактерициды — отдельная группа средств защиты; фунгициды не следует автоматически считать средствами борьбы с бактериями. Применение зарегистрированных бактерицидных препаратов допустимо только при наличии соответствующего регламента для культуры и установленного объекта.

Неинфекционные нарушения не имеют единственного биологического возбудителя и возникают под действием абиотических факторов или ошибок ухода. Дефицит воды вызывает потерю тургора, увядание и преждевременное опадение; переувлажнение ухудшает газообмен корней и может приводить к хлорозу. Дефицит элементов питания сопровождается изменением окраски и снижением прироста, а избыток удобрений способен вызывать солевой стресс и повреждение корневой системы.

Заморозки, жара, засуха, солнечный ожог, механические травмы и загрязнение воздуха вызывают некрозы, краевое усыхание и пятнистости. Повреждение насекомыми не является инфекционной болезнью, но ослабляет растение и облегчает проникновение патогенов. Для коррекции состояния необходимы выравнивание водного режима, обоснованное питание, защита от экстремальных факторов и устранение механических повреждений.

Диагностический процесс целесообразно строить поэтапно. Сначала фиксируют вид дерева, возрастную группу, расположение очага и равномерность симптомов в кроне. Затем оценивают форму и цвет пятен, наличие каймы, налёта, спороношений, смоляных выделений, деформаций и связи повреждений с жилками или краями листа. Одновременно анализируют освещённость, влажность, состояние почвы, следы заморозка, засухи, химического воздействия и вредителей (рис. 1).

Визуальный осмотр → **Оценка условий произрастания** → **Отбор образцов** → **Микроскопическое / лабораторное исследование** → **Установление причины** → **Выбор мер защиты**

Рисунок 1. Алгоритм диагностики поражений листьев и хвои

Образцы отбирают из переходной зоны между здоровой и поражённой тканью, маркируют и защищают от высыхания. Микроскопическое исследование может выявить мицелий, споры и спороношения, однако отсутствие видимых структур не исключает инфекцию. При необходимости применяют микробиологические или молекулярные методы. Диагноз формулируют после сопоставления лабораторных признаков с симптомами и экологическими условиями (табл. 1).

Таблица 1

Дифференциальные признаки основных поражений листьев и хвои

Группа болезни	Характерные симптомы	Возможные причины/возбудители	Диагностические признаки
Грибковые	Пятна, пустулы, налёт, некрозы, усыхание хвои	Ржавчинные, пятнистости, мучнисторосяные грибы; виды Phytophthora	Спороношения, мицелий, характер границы пятна; микроскопия
Бактериальные	Водянистые или тёмные пятна, некрозы, увядание	Xanthomonas, Pseudomonas, Erwinia	Связь с влажностью и ранами; бактериологическое исследование
Неинфекционные	Хлороз, краевой ожог, увядание, листопад	Дефицит/избыток влаги и питания, заморозок, жара, загрязнение	Отсутствие патогена, связь с почвой или погодой
Повреждения вредителями	Проколы, объедание, мины, деформация	Насекомые и другие фитофаги	Наличие вредителя, ходов, экскрементов

Защита деревьев должна быть интегрированной. Её основу составляют мониторинг, поддержание оптимальных условий произрастания, санитарные мероприятия и сохранение устойчивости растений (табл. 2). Биологические методы могут дополнять систему, если биопрепараты зарегистрированы для соответствующего объекта. Химическая защита является дополнительным инструментом и не заменяет диагностику и агротехнические меры.

Таблица 2

Основные профилактические и защитные мероприятия

Мероприятие	Цель	Рекомендуемый период/условия	Примечание по применению
Мониторинг и диагностика	Раннее выявление очагов	Регулярно в период вегетации; после экстремальной погоды	Фиксировать симптомы, породу и условия участка
Агротехника и водный режим	Снижение стресса	Весь сезон с учётом культуры	Избегать переувлажнения, пересушки и избытка удобрений
Санитарные меры	Снижение запаса инфекции	После выявления поражения	Удалять остатки, дезинфицировать инструмент
Биологические методы	Поддержание устойчивости	Профилактически по регламенту	Использовать только разрешённые биопрепараты
Химическая защита	Ограничение установленного возбудителя	По сигналам мониторинга и регламенту	Фунгициды — против грибов, бактерициды — против бактерий
Оценка эффективности	Проверка результата	После периода, установленного для мероприятия	Сопоставлять динамику симптомов

Болезни листьев и хвои у молодых и взрослых деревьев имеют различную природу, а внешнее сходство симптомов затрудняет диагностику по одному признаку. Грибковые и бактериальные инфекции необходимо отделять от нарушений водного и минерального питания, температурного стресса, загрязнения и повреждений вредителями. Обоснован последовательный алгоритм: визуальный осмотр, оценка условий, отбор образцов, микроскопическое или лабораторное исследование, установление причины и выбор мер защиты.

Наиболее устойчивый результат даёт интегрированная система, объединяющая мониторинг, агротехнику, санитарные и биологические методы. Химические средства применяют лишь как обоснованную часть этой системы и при строгом соблюдении требований безопасности. Раннее выявление нарушений позволяет сохранить жизнеспособность деревьев и повысить устойчивость насаждений.

Информация об авторе

Лопатина Анна Евгеньевна - студентка группы ЛИД-24 филиала ФГБОУ ВО «Байкальский государственный университет» в г. Усть-Илимске, г. Усть-Илимск, ул Ленина 20В.

Научный руководитель

Ушакова Оксана Ивановна. - к.т.н., доцент кафедры Лесной отрасли и экономики филиала ФГБОУ ВО «Байкальский государственный университет» в г. Усть-Илимске.

Information about the author

Anna Evgenievna Lopatina is a student of the LEAD-24 group of the Baikal State University branch in Ust-Ilimsk, Ust-Ilimsk, Lenin St. 20B.

Scientific supervisor

Ushakova Oksana Ivanovna. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Forestry and Economics of the Baikal State University branch in Ust-Ilimsk.

УДК 630*86

В.С. Шашин,
Э.А. Власов

ДРЕВЕСНАЯ ЗЕЛЕНЬ: ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ

Аннотация. В статье представлен аналитический обзор современного состояния проблемы использования древесной зелени (хвои, листьев, почек и неодревесневших побегов) как возобновляемого сырья. Рассмотрен химический состав хвойной и лиственной зелени, определяющий ее высокую биологическую ценность. Проанализированы традиционные и инновационные методы переработки: водно-щелочная и спиртовая экстракция, паровая дистилляция, сверхкритическая флюидная экстракция, ферментативный и микробиологический гидролиз, а также термомеханические методы (экструдирование). Особое внимание уделено перспективам получения биологически активных веществ (эфирных масел, хлорофилло-каротиновой пасты, провитамина А), белково-витаминных кормовых добавок и функциональных продуктов питания. Выявлены основные технологические барьеры, сдерживающие промышленную реализацию полного цикла переработки, и предложены векторы развития отрасли в контексте принципов циркулярной биоэкономики.

Ключевые слова: древесная зелень, хвоя, лесохимия, биологически активные вещества (БАВ), экстракция, эфирные масла, хлорофилло-каротиновая паста, белково-витаминные концентраты, фитонциды, биорефайнинг, сверхкритический CO_2.

Annotation. The article presents an analytical review of the current state of the problem of using tree green (needles, leaves, buds, and non-woody shoots) as a renewable raw material. The chemical composition of coniferous and deciduous green is examined, which determines its high biological value. Traditional and innovative processing methods are analysed: aqueous-alkaline and alcoholic extraction, steam distillation, supercritical fluid extraction, enzymatic and microbiological hydrolysis, as well as thermomechanical methods (extrusion). Special attention is paid to the prospects for obtaining biologically active substances (essential oils, chlorophyll-carotene paste, provitamin A), protein-vitamin feed supplements, and functional food products. The main technological barriers hindering the industrial implementation of a full processing cycle have been identified, and development vectors for the industry have been proposed in the context of the principles of circular bioeconomy.

Keywords: woody greenery, pine needles, forest chemistry, biologically active substances (BAS), extraction, essential oils, chlorophyll-carotene paste, protein-vitamin concentrates, phytoncides, biorefinery, supercritical CO2.

Лесопромышленный комплекс традиционно ориентирован на переработку стволовой древесины, в то время как древесная зелень (ДЗ), составля-

ющая до 20–25% от общей фитомассы дерева, в большинстве случаев остается невостребованным отходом лесозаготовок и деревообработки. Ежегодный объем образования ДЗ в России исчисляется миллионами тонн. При этом, согласно данным лесохимии, хвоя и листья являются богатейшим источником биологически активных соединений. Актуальность исследования обусловлена необходимостью вовлечения отходов лесопиления и лесозаготовок в хозяйственный оборот для повышения рентабельности лесного сектора и снижения антропогенной нагрузки на экосистемы.

Древесная зелень представляет собой сложную многокомпонентную систему. Ее ценность определяется синергетическим действием следующих групп веществ:

- Эфирные масла (1–5%): Основу составляют монотерпены (α- и β-пинен, лимонен, камфен). На основе α-пинена организовано производство синтетической камфоры, используемой в медицине и в качестве пластификатора нитратов целлюлозы, а также α-терпинеола — ценного душистого вещества. Из скипидаров, содержащих β-пинен, получают мирцен, линалоол, гераниол и цитронелол.
- Хлорофилло-каротиновый комплекс: Провитамин А (каротин) в хвое сосны и ели содержится в количествах, сопоставимых с морковью, а содержание витамина С в зимний период превышает его концентрацию в лимонах.
- Фенольные соединения и флавоноиды: Обладают выраженными антиоксидантными, антимикробными и противовоспалительными свойствами.
- Минеральные компоненты: Макро- и микроэлементы (калий, кальций, магний, марганец, железо).
- Протеин и аминокислоты: Содержание протеина в хвое сосны достигает 8–14%. Особую ценность представляет наличие дефицитных аминокислот, в первую очередь лизина, что делает ДЗ перспективным сырьем для кормопроизводства.2 источника

Традиционно методы переработки ДЗ делятся на механические, химические и биотехнологические. Срок хранения свежей зелени ограничен (5 суток летом, до 20 суток зимой), что требует немедленной переработки или консервации.

- Экстракция органическими растворителями и сжиженными газами: Классический метод получения хвойных экстрактов для ванн (метод Иванова) и лечебно-профилактических препаратов. В качестве растворителей используются бензин, этиловый спирт, а также современные экологичные альтернативы — сверхкритический диоксид углерода (scCO2), позволяющий получать экстракты высокой чистоты без остатка растворителя.
- Водная экстракция: Позволяет извлекать водорастворимые полисахариды, витамины и органические кислоты. Анализ водных экстрактов показывает значительное содержание сахаров и фенольных соединений, что делает их пригодными для ферментативной переработки. Для интенсификации процесса применяются поверхностно-активные вещества (например, алкил-

сульфанат натрия в концентрации 0,1%), существенно увеличивающие выход БАВ.

- Паровая дистилляция: Основной промышленный способ получения эфирных масел и скипидара.
- Механическая и термомеханическая обработка: Измельчение, гранулирование и экструдирование. Способ экструдирования при температуре 120–170°С, предложенный О.Ю. Красильниковым, позволяет не только инактивировать антипитательные факторы (смолистые вещества, горечи), но и получать текстурированные кормовые продукты. К экструдеру присоединяется пневмоприемник для улавливания летучих фракций.
- Спиртовая экстракция: Комплексный метод, включающий измельчение сырья в состоянии естественной влажности, загрузку в колонный экстрактор, предварительный прогрев и экстракцию 40–70%-ным водным раствором этанола в течение 6–8 часов. Данная технология, разработанная, в частности, Н.Ф. Тимербаевым, направлена на одновременное извлечение широкой гаммы липофильных и гидрофильных БАВ.

Современный вектор развития направлен на создание безотходных цепочек создания стоимости (биорефайнинг):

1. Кормопроизводство: Выделение белково-витаминных концентратов (БВК) методом холодной экстракции или после инактивации смол. Питательность хвойной муки составляет около 0,28 кормовой единицы в 1 кг, что сопоставимо с пшеничной соломой, однако наличие БАВ стимулирует пищеварение и повышает продуктивность скота и птицы.
2. Фармацевтика и нутрицевтика: Получение чистых монотерпенов, дитерпенов и флавоноидов для создания препаратов с антимикробной, иммуномодулирующей и адаптогенной активностью.
3. Парфюмерно-косметическая промышленность: Использование эфирных масел и абсолютов хвои как натуральных отдушек и консервантов.
4. Сельское хозяйство: Применение водных экстрактов в качестве биостимуляторов роста растений и фунгицидов (источник фитонцидов).
5. Энергетика: Производство твердого биотоплива (пеллет и брикетов) из отработанного после экстракции жома.

4. Барьеры и вызовы Несмотря на высокую ценность сырья, его промышленная переработка сталкивается с рядом проблем:

- Логистические затраты: Низкая насыпная масса и высокая влажность ДЗ делают ее транспортировку на большие расстояния экономически нецелесообразной. Решение — создание мобильных перерабатывающих комплексов вблизи мест лесозаготовки.
- Сезонность и скорость порчи: Необходимость быстрой консервации (подвяливание, сушка, силосование) или немедленной экстракции.
- Сложность стандартизации: Химический состав ДЗ варьирует в зависимости от вида дерева, времени года, возраста хвои и экологических условий произрастания.
- Токсичность отработанных растворителей: Требует внедрения замкнутых циклов регенерации экстрагентов.

Древесная зелень трансформируется из категории отходов в стратегический ресурс для развития лесохимии и биотехнологий. Перспективы отрасли связаны с переходом от монопродуктовых схем (только получение скипидара) к комплексному биорефайнингу. Интеграция механического обезвоживания, сверхкритической экстракции для получения высоколиквидных БАВ и последующей переработки твердого остатка в кормовые или топливные продукты позволит достичь максимальной экономической эффективности и обеспечить экологическую безопасность лесопользования.

Информация об авторе

Шашин Виктор Сергеевич - студент группы ТЛ–23П филиала ФГБОУ ВО «Байкальский государственный университет» в г. Усть-Илимске, г. Усть-Илимск, ул Ленина 20В.

Власов Эдуард Альбертович - студент группы ТЛ–23П филиала ФГБОУ ВО «Байкальский государственный университет» в г. Усть-Илимске, г. Усть-Илимск, ул Ленина 20В.

Научный руководитель

Ушакова Оксана Ивановна. - к.т.н., доцент кафедры Лесной отрасли и экономики филиала ФГБОУ ВО «Байкальский государственный университет» в г. Усть-Илимске.

Information about the author

Viktor Sergeevich Shashin is a student in group TL-23P at the branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Baikal State University” in the city of Ust-Ilimsk, Ust-Ilimsk, Lenina Street, 20V.

Eduard Albertovich Vlasov is a student in group TL-23P at the branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Baikal State University” in the city of Ust-Ilimsk, Ust-Ilimsk, Lenina Street, 20V.

Scientific supervisor

Ushakova Oksana Ivanovna. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Forestry and Economics of the Baikal State University branch in Ust-Ilimsk.

УДК 630.23:631.53

Д.В. Пределин

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ЛЕСОСЕМЕННОЙ БАЗЫ НА ПРИМЕРЕ ГКУ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ «СЕВЕРНОЕ ЛЕСНИЧЕСТВО»

Аннотация. Цель статьи – разработать научно обоснованные рекомендации по размещению и организации лесосеменной базы в Северном лесничестве Иркутской области. Материалом исследования послужили представленные сведения о лесном фонде региона, природно-ресурсных условиях, характеристиках участка «Карапчанская дача» и динамике лесовосстановления в 2022–2024 гг. Использованы анализ научной и нормативной литературы, анализ исходных сведений о территории, сравнительный анализ способов лесовосстановления и экспертно-аналитическое обоснование. Установлено, что сочетание площади участка 30 га, дерново-палево-подзолистых среднесуглинистых почв, хорошего дренажа и транспортной доступности создаёт предпосылки для размещения объектов лесосеменной базы, ориентированной прежде всего на сосну и лиственницу. Сформулированы рекомендации по зонированию, формированию маточников и клоновой плантации, организации питомника, переработке и хранению семян, контролю фитосанитарного состояния и распределению ответственности. Выводы имеют прикладное значение для предварительного проектирования, но требуют уточнения при инженерно-изыскательских и лесоустроительных работах.

Ключевые слова: лесосеменная база; лесное семеноводство; лесовосстановление; клоновая лесосеменная плантация; сосна; лиственница; Северное лесничество.

D.V. Predelin

DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS FOR THE ORGANIZATION OF A FOREST SEED BASE, EXAMPLE OF THE STATE CULTURAL INSTITUTION OF THE IRKUTSK REGION «SEVERNOE LESNICHESTVO»

Annotation. The aim of the article is to develop scientifically grounded recommendations for the placement and organization of a seed base in the Northern Forestry District of the Irkutsk Region. The study was based on the available data on the region’s forest fund, natural resource conditions, the characteristics of the «Karapchanskaya Dacha» plot, and the dynamics of reforestation in 2022–2024. The following methods were used: analysis of scientific and regulatory literature, analysis of initial data on the territory, comparative analysis of reforestation methods, and expert-analytical justification. It has been established that the combination of a 30-hectare plot area, soddy-fallow-podzolic medium-loamy soils, good drainage, and transport accessibility creates the prerequisites for locating forest seed base facilities primarily focused on pine and larch. Recommendations have been formulated

regarding zoning, the formation of mother trees and clonal plantations, the organization of a nursery, the processing and storage of seeds, monitoring the phytosanitary condition, and the distribution of responsibilities. The conclusions have practical significance for preliminary design, but they require clarification in engineering survey and forest management work.

Keywords: forest seed base; forest seed production; reforestation; clonal forest seed plantation; pine; larch; Northern Forestry District.

Устойчивое воспроизводство лесов Иркутской области связано с обеспечением лесохозяйственных мероприятий семенным материалом, соответствующим требованиям к происхождению, качеству и сохранности.

Иркутская область располагает значительным лесным ресурсом: лесной фонд занимает 69,4 млн га, леса — свыше 82% территории. Масштаб лесного фонда создаёт ресурсную основу для развития лесного семеноводства, однако территориальная разобщённость лесных участков и сложность доступа к ним требуют размещения объектов базы с учётом транспортной связности и локальных лесорастительных условий.

Для Северного лесничества определяющим фактором является доминирование хвойных пород, доля которых составляет около 80–90% лесопокрытой территории. В качестве перспективных для организации семенной базы рассматриваются сосна и лиственница. При этом наличие в растительном покрове кедра, берёзы и осины следует учитывать при оценке биоразнообразия, формировании защитных полос и планировании мер по предотвращению нежелательного смешения и распространения вредных организмов.

Лесосеменная база должна рассматриваться как взаимосвязанная система: исходный генетический материал, маточники, клоновая плантация, питомник, объекты заготовки и переработки, лабораторный контроль, хранилище и инженерная инфраструктура. Такая система обеспечивает прослеживаемость материала от отбора до хранения и использования.

В 2022–2024 гг. отмечено увеличение роли естественного лесовосстановления и сокращение искусственного и комбинированного восстановления. Такая динамика может отражать особенности конкретных участков и организационных решений, но сама по себе не свидетельствует об отказе от искусственного лесовосстановления. Напротив, наличие контролируемого источника семян необходимо для тех площадей, где естественное возобновление недостаточно или не обеспечивает требуемый породный состав.

К проблемным аспектам относятся дефицит качественного семенного материала, недостаток современных лесосеменных центров и необходимость усиления контроля за лесовосстановительными работами. Решение этих вопросов целесообразно связывать с поэтапным созданием базы, способной обеспечить заготовку, переработку, проверку и хранение семян при соблюдении нормативных требований.

Участок «Карапчанская дача» имеет площадь 30 га. По представленным сведениям, на участке распространены дерново-палево-подзолистые среднесуглинистые почвы, отмечается хороший дренаж, а транспортная до-

ступность обеспечивается лесовозной дорогой. Совокупность этих признаков создаёт предпосылки для размещения объектов лесосеменной базы, ориентированной на сосну и лиственницу.

В составе растительного покрова отмечены кедр, берёза и осина. Эти сведения важны для предварительного зонирования и оценки фитосанитарных рисков, однако не заменяют детального обследования. На стадии проектирования необходимо уточнить границы участка, рельеф, гидрологический режим, фактическое состояние насаждений, подъездные пути и соответствие исходного материала действующим нормативам.

Критерии выбора участка и их проектное значение обобщены в таблице 1.

Таблица 1

Основные критерии выбора участка для лесосеменной базы

Критерий	Характеристика участка	Значение для проектирования
Площадь	30 га	Предпосылка для функционального зонирования и размещения комплекса объектов; окончательная потребность уточняется проектом
Почвы	Дерново-палево-подзолистые, среднесуглинистые	Основа для оценки пригодности под сосну и лиственницу и назначения агротехнических мероприятий
Дренаж	Хороший	Снижает риск переувлажнения; требует проверки по результатам инженерно-изыскательских работ
Транспортная доступность	Лесовозная дорога	Обеспечивает связь с участком заготовки, переработкой, хранилищем и питомником
Растительный покров	Кедр, берёза, осина	Учитывается при сохранении биоразнообразия, создании защитных полос и оценке фитосанитарных рисков
Перспективные породы	Сосна и лиственница	Определяет приоритет отбора материнского материала и направленность плантации

Формирование клоновой лесосеменной плантации следует осуществлять поэтапно (рис. 1). На первом этапе проводят поиск и предварительный отбор материнских деревьев сосны и лиственницы по признакам жизнеспособности, устойчивости, качеству ствола и соответствию целевым лесорастительным условиям. На втором этапе выполняют документирование происхождения материала и его генетическую оценку в объёме, предусмотренном нормативными требованиями.

На третьем этапе закладывают плантацию с учётом пространственного размещения клонов, доступа для ухода и возможности механизации операций. Четвёртый этап включает уход, фитосанитарный мониторинг, контроль приживаемости и состояния растений. Далее выполняют сбор шишек и семян, сушку, извлечение, очистку и сортировку материала. Завершают цикл

лабораторный контроль качества, маркировка партий и хранение при контролируемых температуре и влажности.

Отбор материнского материала	→	Генетическая оценка →
Закладка плантации	→	Уход и мониторинг →
Сбор и обработка семян	→	Контроль качества и хранение

Рисунок 1. Последовательность формирования клоновой лесосеменной плантации

Функциональная структура базы должна обеспечивать раздельное размещение маточной и плантационной зон, питомника, участка заготовки и переработки семян, лаборатории контроля качества и хранилища. Санитарно-защитная зона снижает риск заноса и распространения вредителей и болезней, а транспортно-инженерная инфраструктура обеспечивает перемещение сырья, готового семенного материала и обслуживающего персонала.

Основные производственные элементы	Обеспечивающие элементы
Маточная зона; плантационная зона; питомник	Санитарно-защитная зона; транспортно-инженерная инфраструктура
Участок заготовки и переработки семян → лаборатория контроля качества → хранилище	Связи между зонами обеспечивают перемещение материала и контроль качества

Рисунок 2. Функциональная структура лесосеменной базы

Рекомендуемая структура функциональных зон представлена в таблице 2. Техническое оснащение должно охватывать операции заготовки шишек, сушки, очистки, сортировки и хранения семян. В состав оборудования целесообразно включать механизмы и приспособления для заготовки, сушильные установки, очистительные и сортировочные машины, герметичные ёмкости, средства маркировки и системы контроля температуры и влажности. Конкретный состав и производительность оборудования определяются проектом и не устанавливаются настоящей статьёй.

Организационная структура может включать руководителя базы, специалиста по семеноводству, мастера леса, механика-водителя, операторов оборудования, рабочих по заготовке и лаборанта. Такое распределение отражает функциональные обязанности, но численность, квалификационные требования и режим работы должны быть определены штатным расписанием и нормативными документами.

Таблица 2

Рекомендуемая структура лесосеменной базы

Функциональная зона	Назначение	Основные объекты
Маточная зона	Сохранение и содержание исходного генетического материала	Маточники, площадки отбора и учёта, защитные элементы
Плантационная зона	Получение семян от отобранных клонов	Клоновая лесосеменная плантация, подъездные и технологические проезды
Питомник	Выращивание посадочного материала	Посевные отделения, участки доращивания, системы полива при необходимости
Заготовка и переработка семян	Приём шишек и подготовка семян	Площадки заготовки, сушильное, очистительное и сортировочное оборудование
Лаборатория контроля качества	Проверка партий и ведение документации	Рабочее место лабораторного контроля, средства оценки качества
Хранилище	Сохранение кондиционного семенного материала	Ёмкости и стеллажи, системы контроля температуры и влажности
Санитарно-защитная зона	Снижение фитосанитарных рисков	Защитные полосы, места осмотра и локализации очагов
Транспортно-инженерная инфраструктура	Обеспечение функционирования базы	Лесовозная дорога, площадки погрузки, энергоснабжение и водоотвод

Организация лесосеменной базы в Северном лесничестве обоснована потребностью в качественном семенном материале для воспроизводства хвойных лесов и особенностями лесного фонда Иркутской области.

Участок «Карапчанская дача» по представленным сведениям обладает рядом благоприятных предпосылок: площадью 30 га, дерново-палево-подзолистыми среднесуглинистыми почвами, хорошим дренажем и доступом по лесовозной дороге. Перспективными породами для формирования плантационной части определены сосна и лиственница.

Предложенная структура включает маточную и плантационную зоны, питомник, объекты заготовки и переработки, лабораторию контроля качества, хранилище, санитарно-защитные полосы и транспортно-инженерную инфраструктуру.

Практическая реализация рекомендаций предполагает поэтапный отбор генетического материала, контроль фитосанитарного состояния, оснащение технологических операций и закрепление ответственности между специалистами. Все выводы основаны на представленных исходных материалах и требуют уточнения при инженерно-изыскательских и лесоустроительных работах.

Информация об авторе

Пределин Дмитрий Владимирович - студент группы ЛИДз-21 филиала ФГБОУ ВО «Байкальский государственный университет» в г. Усть-Илимске, г. Усть-Илимск, ул Ленина 20В.

Научный руководитель

Ушакова Оксана Ивановна. - к.т.н., доцент кафедры Лесной отрасли и экономики филиала ФГБОУ ВО «Байкальский государственный университет» в г. Усть-Илимске.

Information about the author

Predelin Dmitry Vladimirovichis a student of the LEAD-24 group of the Baikal State University branch in Ust-Ilimsk, Ust-Ilimsk, Lenin St. 20B.

Scientific supervisor

Ushakova Oksana Ivanovna. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Forestry and Economics of the Baikal State University branch in Ust-Ilimsk.

УДК 674.004.8; 338.45

Г.И. Павленко

ИННОВАЦИИ В КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ДРЕВЕСИНЫ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СУВЕРЕНИТЕТ И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

Аннотация. В работе представлен аналитический обзор инновационного развития лесопромышленного комплекса (ЛПК) России в условиях структурной трансформации экономики (2022–2025 гг.). Рассмотрены ключевые технологические и организационные инновации, направленные на переход от сырьевой модели к экономике глубокой переработки. Проанализированы макроэкономические факторы, государственная политика (включая запрет на экспорт необработанного леса и запуск ФГИС ЛК) и корпоративные стратегии ведущих игроков отрасли. Особое внимание уделено внедрению технологий Индустрии 4.0 (цифровые двойники, ИИ, роботизация), развитию производства инженерной древесины (CLT, OSB), достижению технологического суверенитета в части оборудования и химикатов, а также вовлечению древесных отходов в циклы биоэнергетики и биорефайнинга. Выявлены системные барьеры (кадровый дефицит, высокая стоимость заемного капитала, логистические ограничения) и определены векторы развития отрасли до 2030 года.

Ключевые слова: лесопромышленный комплекс (ЛПК), глубокая переработка древесины, технологический суверенитет, цифровизация, ФГИС ЛК, инженерная древесина (CLT, OSB), биоэкономика, импортозамещение, роботизация, лесоклиматические проекты.

G.I. Pavlenko

INNOVATIONS IN COMPREHENSIVE WOOD PROCESSING: TECHNOLOGICAL SUPERIORITY AND DIGITAL TRANSFORMATION OF RUSSIA'S FOREST INDUSTRY COMPLEX

Annotation. The paper presents an analytical review of the innovative development of Russia's timber industry complex (TIC) under the conditions of the structural transformation of the economy (2022–2025). Key technological and organizational innovations aimed at transitioning from a raw material-based model to an economy based on deep processing are examined. Macroeconomic factors, government policy (including the ban on the export of unprocessed timber and the launch of the FSIS ЛК), and corporate strategies of leading industry players are analysed. Special attention is paid to the implementation of Industry 4.0 technologies (digital twins, AI, robotics), the development of engineered wood production (CLT, OSB), achieving technological sovereignty in terms of equipment and chemicals, as well as the involvement of wood waste in bioenergy and biorefinery cycles. Systemic barriers (talent shortage, high cost of borrowed

capital, logistical constraints) have been identified, and the development vectors for the industry up to 2030 have been defined.

Keywords: forestry and timber industry (FTI), advanced wood processing, technological sovereignty, digitalization, FSIS ЛК, engineered wood (CLT, OSB), bioeconomy, import substitution, robotics, forest-climate projects.

Россия, обладая 25% мировых лесных ресурсов (1188,3 млн га), исторически позиционировалась как крупный экспортер сырья и продукции первичной переработки. Однако геополитические изменения 2022 года, закрытие европейских рынков и курс на построение суверенной экономики стали катализаторами глубокой трансформации лесопромышленного комплекса. Инновации в переработке древесины сегодня рассматриваются не как инструмент повышения эффективности, а как условие выживания и конкурентоспособности отрасли на новых рынках Азии, Ближнего Востока и Африки.

В 2024 году выручка деревообрабатывающей отрасли составила 1,03 трлн рублей, а общий объем производства ЛПК превысил 2,8 трлн рублей. Ключевым драйвером инноваций стала государственная политика:

- Запрет на экспорт необработанной древесины (хвойной с 2022 г., лиственной с 2023 г.) принудительно сместил фокус бизнеса на создание добавленной стоимости внутри страны.
- Запуск ФГИС ЛК (1 января 2025 г.): Единая цифровая платформа, объединяющая учет насаждений, электронный сопроводительный документ (ЭСД), фотофиксацию рубок и ГЛОНАСС-мониторинг лесовозов. Это создает прозрачную базу для внедрения «умных» логистических и производственных цепочек.
- Институт лесоклиматических проектов (с 2025 г.) открывает доступ бизнеса к рынку углеродных единиц, стимулируя инвестиции в лесовосстановление (71,1 млрд руб. на 2025–2030 гг.) и щадящие технологии заготовки.

Переход к глубокой переработке требует внедрения технологий, позволяющих использовать древесину на 80% и более, включая биомассу, ранее считавшуюся отходами.

Производство инженерной древесины: развитие технологий склеивания (CLT-панели, LVL-брус) позволяет строить многоэтажные деревянные здания. Это формирует новый сегмент внутреннего спроса, где доля деревянного домостроения уже достигла 28% в частном секторе.

Модернизация плитных производств: инновации в производстве ДСП, МДФ и фанеры связаны с переходом на отечественные связующие смолы. Несмотря на рост цен на фенол (почти в 3 раза за 1,5 года), предприятия внедряют альтернативные химикаты и оптимизируют температурные режимы прессования.

Мобильная переработка низкосортной древесины: в ответ на запрет захоронения неизмельченной древесины развиваются технологии лесопильного производства непосредственно на лесосеке. Пример — включение в реестр

Минпромторга красноярских мобильных измельчителей с уровнем локализации более 70%, что решает проблему логистики отходов.

Биорефайнинг: комплексная переработка отходов лесопиления в пеллеты (к 2025 году 95% пеллет должно производиться из отходов), древесный уголь и экстракты.

Цифровизация и автоматизация (Индустрия 4.0) Низкий уровень цифровой зрелости отрасли (оценка 1,0–2,7 из 5) и острый дефицит кадров (нехватка до 100 тыс. специалистов) стимулируют внедрение робототехники и ИИ:

- роботизация: на заводах «Лером», «Ставропольмебель» и в бывшем комплексе IKEA в Великом Новгороде применяются промышленные роботы для сборки, шлифовки и упаковки. Срок окупаемости роботизированной ячейки составляет в среднем 1,5 года.
- искусственный интеллект и машинное зрение: внедряются для автоматического сканирования бревен (оценка сортности, кривизны, дефектов) и оптимизации раскроя пиловочника. Примером служит мобильное приложение Smart Timber, использующее нейросети для подсчета объемов древесины.
- цифровые двойники и IoT: крупнейшие холдинги («Илим», Segezha Group, «Свеза») создают внутренние ИТ-платформы для мониторинга оборудования в реальном времени и предиктивного обслуживания, минимизируя простои из-за отсутствия западных запчастей.

Уход западных поставщиков оборудования (SCM, Dieffenbacher) и химикатов стал главным вызовом. Инновации в данном контексте направлены на реинжиниринг:

- Машиностроение: развитие производства отечественных станков с ЧПУ (Steepline, BELMASH) и комплектующих. Компания «Свеза» наладила выпуск деревянных прижимов для линий ДСП, полностью заместив импортный элемент.
- Химическая промышленность: поиск альтернативных поставщиков компонентов для смол (переориентация на Китай, Турцию, внутренние производства) и разработка собственных рецептур связующих.
- Кадровые инновации: использование VR-тренажеров для обучения операторов лесозаготовительной и деревообрабатывающей техники, что позволяет сократить время подготовки персонала и снизить травматизм.

Несмотря на позитивную динамику (рост внутреннего потребления в 2024 году на 25,8%, экспорт в I квартале 2025 года — $2,6 млрд, +14,4%), инновационный путь ЛПК сопряжен с наличием барьеров на пути инновационного развития и с рисками:

- Финансовые: высокая ключевая ставка ЦБ РФ (21% в начале 2026 г.) делает долгосрочные инвестиции в модернизацию недоступными для малого и среднего бизнеса.
- Инфраструктурные: дефицит лесных дорог (экономически доступно лишь 18% лесного фонда) и перегрузка дальневосточных портов сдерживают вывоз продукции глубокой переработки.

- Рыночные: критическая зависимость от китайского рынка (до 70% экспорта пиломатериалов), что создает риски ценового диктата и логистических сбоев.

Таким образом, инновации в комплексной переработке древесины переводят российский лесопромышленный комплекс из статуса поставщика ресурсов в статус производителя высокотехнологичной продукции. Успех этого перехода к 2030 году будет определяться не объемом расчетной лесосеки, а способностью отрасли интегрировать цифровые технологии, достичь полной импортонезависимости в оборудовании и химии, а также создать высокопроизводительные рабочие места, привлекательные для нового поколения инженеров. Комплексная переработка, превращающая каждое срубленное дерево в спектр продуктов — от CLT-панелей до углеродных квот, — становится новой парадигмой устойчивого лесопользования в России.

Информация об авторе

Павленко Григорий Иванович - студент группы ТЛ–23 П филиала ФГБОУ ВО «Байкальский государственный университет» в г. Усть-Илимске, г. Усть-Илимск, ул Ленина 20В.

Научный руководитель

Меренкова Ирина Олеговна - преподаватель кафедры Лесной отрасли и экономики филиала ФГБОУ ВО «Байкальский государственный университет» в г. Усть-Илимске.

Information about the author

Grigory Ivanovich Pavlenko is a student in group TL-23P at the branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Baikal State University” in the city of Ust-Ilimsk, Ust-Ilimsk, Lenin Street, 20V.

Scientific supervisor

Irina Olegovna Merenkova is a lecturer at the Department of Forestry Industry and Economics at the branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Baikal State University” in the city of Ust-Ilimsk.

УДК 630.43:004.8

П.С. Полоцкий

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ЛЕСОВ ОТ ПОЖАРОВ: НА ПРИМЕРЕ ФИЛИАЛА АО «ГРУППА «ИЛИМ» В УСТЬ-ИЛИМСКОМ РАЙОНЕ

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена ростом продолжительности жарких и засушливых периодов и труднодоступностью значительной части лесных территорий Сибири. Цель статьи — научно обосновать применение интегрированной системы мониторинга и реагирования на лесные пожары с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), ретрансляции радиосигнала и роботизированной платформы на арендованных лесных территориях филиала АО «Группа «Илим» в Усть-Илимском районе. Материалами послужили исходные данные предприятия о площади лесного фонда, лесопожарном зонировании, динамике пожаров и организации патрулирования; применены сравнительный и системный анализ, а также экспертно-аналитическое обоснование. Показано, что при площади арендованных участков 2,7 млн га и преобладании зоны авиационной охраны необходима связка наземного, авиационного и дистанционного мониторинга. Предложена технологическая цепочка от обнаружения сигнала до контроля результата тушения, распределены функции разведывательного БПЛА, БПЛА-ретранслятора и комплекса «Ель-4». Практическая значимость заключается в формировании поэтапной модели внедрения, ориентированной на сокращение времени оценки обстановки и снижение риска для персонала. Выводы имеют проектный характер и требуют натурной проверки.

Ключевые слова: лесные пожары; лесопожарное зонирование; дистанционный мониторинг; беспилотные авиационные системы; ретрансляция радиосигнала; роботизированное тушение; оперативное реагирование.

P.S. Polotsky

INNOVATIVE METHODS AND MEANS OF FOREST FIRE PROTECTION: A CASE STUDY OF THE BRANCH OF JSC “ILIM GROUP” IN THE UST-ILIMSKY DISTRICT

Annotation. The relevance of the study is due to the increasing duration of hot and dry periods and the inaccessibility of a significant part of Siberia’s forested areas. The aim of the article is to provide a scientific justification for the use of an integrated system for monitoring and responding to forest fires, using unmanned aerial vehicles (UAVs), radio signal relaying, and a robotic platform in the leased forest areas of the branch of JSC “Ilim Group” in the Ust-Ilimsk district. The materials used were the company’s original data on the area of the forest fund, forest fire zoning, fire dynamics, and patrol organization; comparative and systemic analysis, as well as expert-analytical justification, were applied. It has been shown that with an area of leased plots of 2.7 million hectares and the predominance of the aviation protection zone, a combination of ground, aerial, and

remote monitoring is necessary. A technological chain has been proposed, from signal detection to monitoring the results of fire suppression; the functions of the reconnaissance UAV, the relay UAV, and the “Yel-4” complex have been distributed. The practical significance lies in the development of a phased implementation model aimed at reducing the time required to assess the situation and lowering the risk to personnel. The conclusions are of a preliminary nature and require field testing.

Keywords: forest fires; forest fire zoning; remote monitoring; unmanned aerial systems; radio signal relaying; robotic firefighting; rapid response.

Лесные пожары представляют собой природный и производственный риск, сочетающий пространственную распределённость очагов, быстрое изменение обстановки и высокую зависимость результатов тушения от времени обнаружения. Для северных и удалённых территорий особенно значимы ограничения транспортной доступности, затенение радиосвязи древесным пологом и рельефом, а также необходимость принимать решения по неполному набору данных. В этих условиях перспективным направлением является объединение наземного патрулирования, авиационного и космического мониторинга, БПЛА и единой диспетчерской платформы.

В исходных материалах указано, что приказом Рослесхоза от марта 2025 г. № 177 утверждено обновлённое лесопожарное зонирование; реквизиты и содержание документа подлежат дополнительной проверке по официальному источнику. Само зонирование рассматривается в статье только как организационная предпосылка для выбора способов охраны, без дополнительных правовых выводов.

Цель статьи — научно обосновать применение интегрированной системы мониторинга и реагирования на лесные пожары с использованием БПЛА, ретрансляции радиосигнала и роботизированной платформы на арендованных лесных территориях филиала АО «Группа «Илим» в Усть-Илимском районе.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

• проанализировать условия пожарной опасности и организацию охраны лесов;

• обобщить доступные сведения о динамике лесных пожаров;

• описать существующую систему патрулирования и оперативного реагирования;

• разработать функциональную модель взаимодействия диспетчерской службы, БПЛА, оперативного штаба и роботизированного комплекса;

• определить условия, ограничения и показатели последующей проверки внедрения.

Материалами исследования являются исходные данные предприятия, представленные в описании объекта, сведения о лесопожарном зонировании и активной охране лесов, обобщённые показатели пожаров за 2023–2025 гг., описание маршрутов патрулирования и предлагаемой технологической концепции. Использованы анализ исходных данных предприятия, сравнитель-

ный анализ способов обнаружения и тушения пожаров, системный анализ технологической цепочки реагирования и экспертно-аналитическое обоснование.

В исходном материале отсутствуют первичные журналы вылетов, точные координаты очагов, данные о метеоусловиях, результаты испытаний оборудования и статистическая оценка эффективности. Поэтому выводы о результативности предлагаемой системы являются проектными и требуют натурной проверки. Указанные в исходной концепции модели Д-20К, «Геоскан 401 Лидар» и «Ель-4» рассматриваются как предлагаемые варианты; их технические характеристики, совместимость, сертификация, доступность и пригодность для конкретного объекта должны подтверждаться технической документацией производителя и испытаниями.

Активная охрана лесов от пожаров включает предупреждение, обнаружение, наблюдение и тушение пожаров силами и средствами, специально предназначенными для этих задач. В Иркутской области её доля, согласно исходным материалам, с 2021 года существенно увеличивалась и в 2025 году составила 89%. В структуре лесопожарного зонирования значительную долю занимает зона авиационной охраны. Это подчёркивает необходимость технологий, способных обеспечить разведку и передачу данных там, где наземный доступ ограничен.

Рациональная система мониторинга должна быть многоуровневой (рис.1). Наземные группы дают контекст и возможность немедленного локального реагирования; авиационные средства обеспечивают обзор больших площадей; космический мониторинг поддерживает пространственно-временную оценку; БПЛА уточняют параметры конкретного очага. Объединение потоков в диспетчерской платформе позволяет снизить неопределённость и передавать штабу сопоставимые данные.



Рисунок 1. Многоуровневая система мониторинга лесных пожаров

Объектом исследования является филиал АО «Группа «Илим» в Усть-Илимском районе Иркутской области. Площадь арендованных участков составляет 2,7 млн га. По исходным сведениям, за последние три года отмечалось снижение количества крупных пожаров и площади, охваченной пожарами, что связывается с развитием профилактики и оперативной реакции. При этом доступные данные не позволяют отделить вклад отдельных организационных и природных факторов.

В 2025 году зафиксирован крупный пожар на площади 110 га в зоне авиационной охраны при отсутствии транспортной доступности. В 2023–2024 гг. верховые пожары отсутствовали, а в 2025 г. отмечен один крупный верховой пожар. Эти сведения показывают, что при общем благоприятном

направлении динамики сохраняются сценарии, требующие ранней разведки, устойчивой связи и дистанционного воздействия. Скорость распространения пожара должна рассматриваться как зависящая от типа пожара, ветра, влажности, рельефа и состояния горючих материалов; универсальное значение постоянной скорости 30 км/ч не принимается.

Патрулирование лесосырьевой базы организовано по четырём направлениям: район посёлка Ершово, Бадарминская магистраль, Хаталангский буфер и Эвенкия. Дежурство людей и техники ведётся круглосуточно, что создаёт основу для сокращения интервала между обнаружением и выдвижением. Вместе с тем в труднодоступной зоне патрульная модель зависит от состояния дорог, времени подхода и полноты визуальной информации.

Интегрированная схема должна дополнять, а не заменять существующее патрулирование. Сигнал об обнаружении передаётся в диспетчерскую службу, затем — в оперативный штаб. После первичной оценки запускается разведывательный БПЛА; по уточнённым данным штаб определяет состав мобильного комплекса и тактику действий.

Предлагаемая цепочка реагирования включает следующие этапы: обнаружение сигнала → передача в диспетчерскую службу → оперативный штаб → запуск БПЛА для разведки → уточнение координат, площади и характера горения → направление мобильного комплекса → применение роботизированной платформы при необходимости → передача данных и корректировка плана тушения. Такая последовательность разделяет функции обнаружения, оценки обстановки, доставки средств и дистанционного воздействия.

Для разведки предлагается использовать БПЛА вертикального взлёта и посадки. В исходной концепции назван гибридный конвертоплан Д-20К как вариант для работы при отсутствии большой ровной площадки. БПЛА-разведчик должен передавать сведения о координатах, площади и характере горения и поддерживать уточнение плана тушения. Упоминание модели не является подтверждением её пригодности: это требует проверки документации и испытаний на объекте.

Из-за затенения радиосигнала кронами и рельефом в состав мобильного комплекса предлагается включить БПЛА-ретранслятор. В исходной концепции в этой роли назван «Геоскан 401 Лидар», первоначально предназначенный для лазерного сканирования и построения трёхмерных моделей. Его применение для ретрансляции, как и возможность безопасной работы в конкретных условиях, должны подтверждаться техническим заданием, совместимостью оборудования и испытаниями.

Роботизированная платформа «Ель-4» предлагается для удалённого тушения на открытых участках и снижения риска для людей (рис. 2). Заявленные в исходном материале характеристики — дизельный двигатель мощностью 170 л.с., манипулятор с лафетным стволом и ёмкость для огнетушащего вещества 2000 кг — не являются результатами авторских испытаний и требуют документального подтверждения.



Рисунок 2. Робототехнический комплекс ЕЛЬ-4

БПЛА вертикального взлёта и посадки выполняет функцию оперативной разведки и передачи данных: обследует очаг, уточняет координаты и геометрию зоны, фиксирует признаки низового или верхового горения и передаёт информацию штабу (рис. 3). БПЛА-ретранслятор поддерживает радиосвязь между наземными участниками в условиях затенения кроной и рельефом. Такое разделение ролей уменьшает нагрузку на разведывательный аппарат и повышает устойчивость контура управления (табл. 1).



Рисунок 3. Функциональная схема взаимодействия БПЛА, ретранслятора и роботизированной платформы

Таблица 1

Основные элементы интегрированной системы реагирования

Элемент	Основная функция	Передаваемые данные	Ограничения
Наземное патрулирование	Первичное обнаружение и локальное реагирование	Сообщение об очаге, визуальные признаки, доступность маршрута	Зависимость от дорог, видимости и времени прибытия
БПЛА вертикального взлёта и посадки	Оперативная разведка	Координаты, площадь, характер горения, фото- и видеоданные	Погода, батарея, регламент полётов, связь
БПЛА-ретранслятор	Поддержание радиоканала	Служебные и командные сообщения	Радиопокрытие, рельеф, совместимость систем
Диспетчерская служба и штаб	Координация и принятие решений	Заявки, журналы, планы, уточнения	Качество исходных данных и устойчивость каналов
Мобильный комплекс	Доставка средств к очагу	Маршрут, статус техники, потребность в ресурсах	Проходимость, логистика, безопасность
«Ель-4»	Дистанционное тушение	Команды управления, видеопоток, результат воздействия	Подтверждение характеристик, связь, рельеф, обслуживание

Диспетчерская платформа должна принимать сообщения, фиксировать время и источник сигнала, вести журнал решений и обеспечивать передачу данных штабу и мобильному комплексу. Для каждой операции необходимо сохранять маршрут, координаты, временные метки, изображения и сведения о передаче управления.

Роботизированный комплекс целесообразно рассматривать как средство дистанционного воздействия в зоне, где присутствие людей связано с повышенным риском. Он может применяться после разведки и подтверждения проходимости маршрута, наличия огнетушащего вещества, устойчивой связи и допустимых условий работы. Данные БПЛА используются для выбора направления подхода, оценки границ очага и корректировки действий. После воздействия роботизированной платформы БПЛА повторно обследует участок, а штаб принимает решение о продолжении, усилении или завершении работ.

Внедрение следует организовать поэтапно, начиная с пилотного участка и ограниченного набора сценариев. До закупки оборудования необходимо разработать регламент запуска БПЛА и передачи данных, определить роли диспетчерской службы, штаба, экипажа и оператора роботизированного комплекса, а также установить порядок принятия решения о переходе к дистанционному тушению. Основные преимущества и риски представлены в таблице 2.

Таблица 2

Преимущества и риски применения предлагаемой технологии

Направление	Ожидаемый эффект	Потенциальное ограничение	Мера снижения риска
Раннее обнаружение	Сокращение времени до разведки	Ложные или неполные сигналы	Верификация оператором и повторный облёт
Разведка БПЛА	Уточнение координат и границ очага	Погода, батарея, связь	Пилотные сценарии, резервные аппараты и регламент
Ретрансляция	Устойчивый обмен данными в лесу	Затенение и несовместимость каналов	Радиообследование и резервирование связи
Роботизированное тушение	Снижение риска для работников	Проходимость и техническая готовность	Проверка маршрутов, обслуживание, ручной резерв
Единая платформа	Согласованность решений штаба	Зависимость от качества данных	Журналирование и контрольные процедуры

В условиях площади арендованных участков 2,7 млн га, значительной доли зоны авиационной охраны и наличия труднодоступных участков интеграция наземного патрулирования, авиационного и космического мониторинга с БПЛА и роботизированной платформой отвечает логике многоуровневой защиты лесов (рис.4).

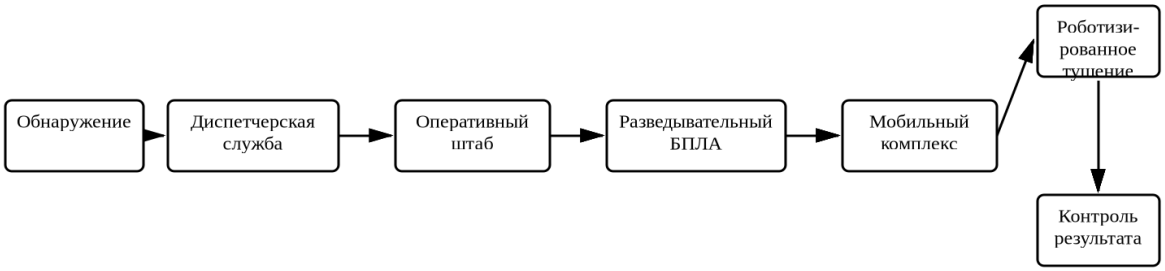


Рисунок 4. Алгоритм оперативного реагирования

Предложенная цепочка связывает обнаружение сигнала, диспетчерскую службу, оперативный штаб, разведывательный БПЛА, ретрансляцию радиосигнала, мобильный комплекс и дистанционное тушение.

Предлагаемая система имеет проектный характер и потенциально способна повысить оперативность обнаружения и снизить риск для работников. Однако её эффективность должна быть подтверждена опытной эксплуатацией, технико-экономической оценкой и соблюдением действующих требований пожарной безопасности, охраны труда и использования воздушного пространства. Особое значение имеют проверка совместимости оборудования, устойчивости радиоканалов, проходимости маршрутов, качества документации и полноты журналирования операций.

Информация об авторе

Полоцкий Павел Сергеевич - студент группы ЛИДз-21 филиала ФГБОУ ВО «Байкальский государственный университет» в г. Усть-Илимске, г. Усть-Илимск, ул Ленина 20В.

Научный руководитель

Билевич Марина Сергеевна – исполняющая обязанности кафедры Лесной отрасли и экономики филиала ФГБОУ ВО «Байкальский государственный университет» в г. Усть-Илимске.

Information about the author

Polotsky Pavel Sergeevich a student of the LEAD-24 group of the Baikal State University branch in Ust-Ilimsk, Ust-Ilimsk, Lenin St. 20B.

Scientific supervisor

Marina Sergeevna Bilevich is the acting head of the Department of Forestry Industry and Economics at the branch of the Baikal State University branch in Ust-Ilimsk.

УДК 630.232:631.3

М.С. Бурдейный

МЕХАНИЗАЦИЯ И РОБОТИЗАЦИЯ В ПРАКТИКЕ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ: АНАЛИЗ, ПЕРСПЕКТИВЫ И ОПЫТ ФИЛИАЛА АО «ГРУППА «ИЛИМ» В УСТЬ-ИЛИМСКОМ РАЙОНЕ

Аннотация. Лесовосстановление в условиях крупных лесопользователей требует сочетания естественного возобновления, искусственного создания культур и технологических решений, снижающих зависимость от ручного труда. Цель статьи — проанализировать современное состояние механизации и роботизации лесовосстановления и обосновать перспективы применения автоматизированных посадочных и посевных технологий на арендной базе филиала АО «Группа «Илим» в Усть-Илимском районе. Практическая значимость работы состоит в формировании поэтапной модели внедрения: от обследования и опытного участка до унифицированного контроля приживаемости, производительности и затрат. Отдельное внимание уделено сопоставимости исходных показателей и необходимости их проверки в производственной документации, поскольку различия периодов учёта могут влиять на интерпретацию масштабов работ. Предложенные решения рассматриваются как направления для опытно-производственной апробации, а не как универсальная замена действующим способам лесовосстановления.

Ключевые слова: лесовосстановление; механизация; роботизация; лесопосадочные машины; БПЛА; сеянцы с закрытой корневой системой; приживаемость; Усть-Илимский район.

M.S. Burdeiny

MECHANIZATION AND ROBOTIZATION IN THE PRACTICE OF FOREST REFORESTATION: ANALYSIS, PROSPECTS, AND EXPERIENCE OF THE BRANCH OF JSC “ILIM GROUP” IN THE USTY-ILIMSKY DISTRICT

Annotation. Reforestation in the context of large forest users requires a combination of natural regeneration, artificial establishment of crops, and technological solutions that reduce dependence on manual labor. The aim of the article is to analyze the current state of mechanization and robotization in reforestation and to substantiate the prospects for using automated planting and sowing technologies on the leased basis of the branch of JSC “Ilim Group” in the Ust-Ilimsk district. The practical significance of the work lies in the development of a step-by-step implementation model: from surveying and testing a plot to unified monitoring of survival rates, productivity, and costs. Special attention is paid to the comparability of the initial indicators and the need to verify them in the production documentation, since differences in accounting periods may affect the interpretation of the scale of work. The proposed solutions are considered as directions for experimental and production testing, rather than as a universal replacement for the existing methods of reforestation.

Keywords: reforestation; mechanization; robotization; planting machines; UAVs; seedlings with a closed root system; survival rate; Ust-Ilimsk district.

Лесовосстановление является ключевым звеном воспроизводства лесных ресурсов и поддержания экосистемных функций леса. Восстанавливаемый лес формирует местообитания, участвует в регулировании водного стока и углеродного цикла, защищает почвы от эрозии и создаёт сырьевую основу для долгосрочного лесопользования. Для Иркутской области особое значение имеют масштабы лесного фонда, удалённость участков, сезонная доступность дорог и высокая пожароопасность.

Цель исследования — дать обзор возможностей механизации и роботизации лесовосстановления и определить направления их адаптации к производственным условиям филиала АО «Группа «Илим» в Усть-Илимском районе.

Материалами обзора послужили предоставленные сведения о лесовосстановление на арендной базе филиала, описания технологий и машин, а также рекомендуемые источники по лесоводству, лесным машинам, БПЛА, робототехнике и питомниководству.

Для оценки применимости технологий использованы критерии: соответствие лесорастительным условиям, проходимость и манёвренность техники, качество подготовки участка, сохранность посадочного материала, возможность навигации и контроля, ремонтопригодность, безопасность и ожидаемая стоимость жизненного цикла.

Более 80 % лесовосстановления на арендной базе приходится на естественное восстановление. Такой результат соответствует принципу приоритета сохранения и использования природного потенциала, если состав, густота и равномерность подроста отвечают лесоводственным требованиям. Содействие естественному возобновлению может включать сохранение жизнеспособного подроста, минерализацию отдельных полос, удаление конкурирующей растительности и другие мероприятия, назначаемые по результатам обследования.

Оставшаяся часть работ связана с комбинированным и искусственным восстановлением. Искусственное восстановление необходимо там, где пожар, сплошная рубка, болезнь или неблагоприятные условия привели к недостаточной обеспеченности подростом. В филиале используются двухлетние сеянцы собственного питомника, ручная посадка под меч Колесова и механизированный посев семян агрегатами Bracke, применяемый с 2016 года (таблица 1). Выбор между этими операциями должен учитывать влажность почвы, подготовку поверхности и доступность участка.

Динамика 2025 года показывает неоднородность структуры работ: общий объём снизился, а доля искусственного восстановления выросла. Это может отражать изменение состава участков, последствия пожаров, структуру лесосеки или корректировку планирования; без первичных журналов и карт нельзя интерпретировать проценты как показатель качества технологии. Для управленческого контроля целесообразно вести единую базу участков с

датой работ, способом восстановления, происхождением материала, характеристиками почвы и результатами осенней и последующей инвентаризации.

Таблица 1

Способы лесовосстановления, используемые в группе «Илим»

Способ	Сущность	Сильные стороны	Ключевые риски
Естественное восстановление	Сохранение и содействие подросту	Низкие затраты; сохранение местных популяций	Неравномерность и зависимость от семенного года
Ручная посадка под меч Колесова	Установка сеянца вручную	Гибкость; работа на сложном рельефе	Высокая трудоёмкость; вариабельность качества
Механизированная посадка	Посадка агрегатом на подготовленной полосе	Производительность; равномерность проходов	Требования к рельефу, почве и захламлённости
Механизированный посев	Дозированный высев семян и подготовка микромест	Большая площадь; совмещение операций	Чувствительность к влажности и сохранности семян

Естественное восстановление является наименее энергоёмким способом, но требует обследования и контроля: природный потенциал участка может быть высоким или недостаточным. Ручная посадка под меч Колесова сохраняет универсальность и позволяет работать на участках со сложным микрорельефом, однако отличается высокой зависимостью от квалификации и физической нагрузки работников. Качество определяется вертикальностью сеянца, глубиной посадки, расправлением корней и уплотнением почвы.

Механизированная посадка повышает производительность на подготовленных участках с достаточной несущей способностью грунта и приемлемой захламлённостью. Механизированный посев агрегатами Bracke позволяет обрабатывать значительные площади, совмещая подготовку микропосадочного места с внесением семян, но результат зависит от равномерности дозирования, контакта семян с почвой, влажности и последующего ухода. Машина не должна рассматриваться как универсальная замена ручному труду: на неоднородных вырубках требуется сочетание машинных проходов и адресной доработки.

Роботизированная посадка рассматривается как автоматизация последовательности «найти точку — сформировать место — установить сеянец — уплотнить почву — проверить качество». В типовом комплексе необходимы спутниковая или локальная навигация, датчики препятствий, манипулятор, захват посадочного материала, исполнительные органы для формирования лунки и система регистрации операции. Заявляемые показатели производительности и вместимости конкретных машин должны трактоваться как ориентировочные до подтверждения в условиях конкретной вырубки.

Робот-сеялка Multiscope Forester может рассматриваться как комплекс для автономного или полуавтономного высева, картирования обработанных зон и контроля пропусков. Беспилотная лесопосадочная машина RoboFoR ориентирована на автономное перемещение, захват сеянца, установку в подготовленное место и повторение цикла. Конкретные режимы, число посадочных органов и производительность необходимо проверять по актуальной документации производителей и протоколам испытаний.

Российская роботизированная платформа «Святобор» описывается как гусеничная машина, рассчитанная на работу вне дорог (рис. 1).

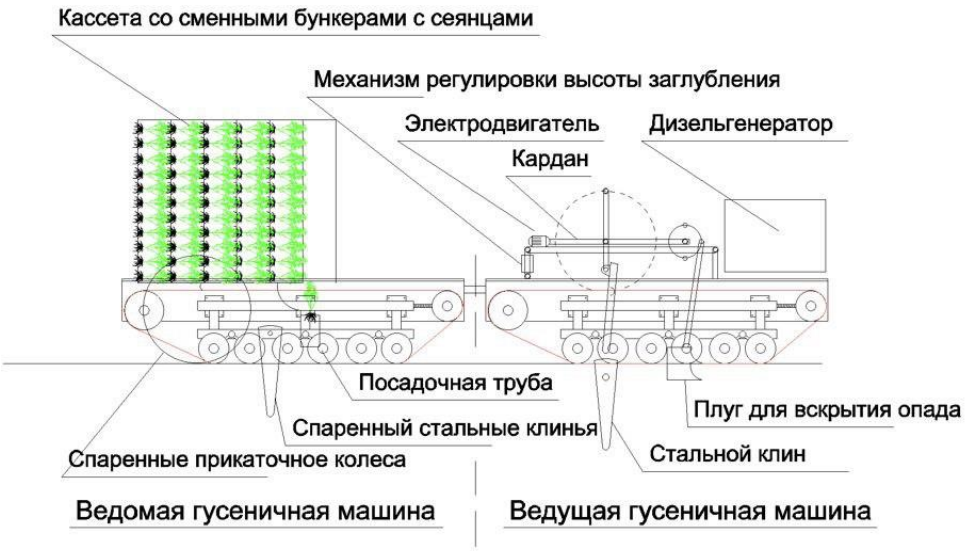


Рисунок 1. Устройство лесовосстановительного комплекса «Святобор»

Манипулятор подаёт сеянец к рабочему органу, захват удерживает его в заданном положении, а посадочная труба направляет корневую систему в подготовленную зону. Спаренные клинья раскрывают посадочное место, после чего сеянец устанавливается на заданную глубину. Прикатывающие колёса закрывают щель и уплотняют почву в зоне корневой шейки, что должно уменьшать воздушные пустоты и улучшать контакт корней с почвой. Система контроля может фиксировать координаты, факт срабатывания органов и признаки пропуска.

Практическая ценность такой схемы определяется не только скоростью цикла, но и стабильностью качества. При захвате нужно исключить повреждение стебля и кома, при формировании места — учитывать камни, корни и остатки древесины, а при уплотнении — не допускать чрезмерного давления. Гусеничный движитель снижает удельное давление на грунт, однако увеличивает массу и требования к сервису. Оператор должен иметь возможность безопасно остановить машину и перевести её в ручной режим.

БПЛА целесообразно включать в единую технологическую цепочку до и после посадки (рис. 2). На предварительном этапе выполняются обследование территории, получение ортофотоплана, цифровой модели рельефа и карт

захламлённости, а также выделение зон с разной вероятностью успешного восстановления. Эти данные помогают выбрать точки посадки, направление проходов и участки, где естественное возобновление достаточно.

Картографирование → **Выбор точек** → **Доставка семенного материала** → **Посев** → **Мониторинг всходов**

Рисунок 2. Схема применения БПЛА для посева

При доставке семян или капсул БПЛА может работать по заданным координатам и распределять материал по точкам, недоступным наземной технике. Однако капсульный посев требует проверки приживаемости, экологической безопасности оболочки и наполнителя, соответствия почвенно-климатическим условиям, сохранности семян и действующим требованиям. Заявленные показатели эффективности нельзя переносить на Усть-Илимский район без сравнительных полевых испытаний.

После работ БПЛА применяется для повторной съёмки, оценки всходов и пропусков, выявления зарастания и повреждений. Сопоставление снимков с координатами посадочных мест создаёт основу цифрового контроля качества. Для этого нужны единые сроки съёмки, наземная верификация и алгоритм, различающий всходы, травянистую растительность и остатки порубочных материалов.

Ниже приведено сопоставление технологий. Значения «до 25 га за смену», «до 18 га за смену», «около 50 %» и «до 90 %» являются ориентировочными сведениями исходного материала и требуют полевой проверки с учётом состава работ, длины транспортных плеч, рельефа, подготовки почвы, квалификации персонала и фактической приживаемости.

Перспективы роботизации связаны с импортозамещением, развитием отечественной лесной робототехники и формированием сервисной экосистемы. Важна не только закупка платформы, но и адаптация движителя, манипулятора и программного обеспечения к рельефу, захламлённости и неоднородности вырубок. Отдельно должны быть проверены работа на местных почвах, устойчивость к низким температурам, пыли и влаге, а также длительность сезона следующих характеристик:

– спутниковую навигацию с резервированием по визуальным или инерциальным признакам;

– цифровую фиксацию координат, глубины, усилия уплотнения и пропусков;

– интеграцию данных машин, БПЛА и ГИС в единую карту лесовосстановления;

– подготовку операторов, механиков и специалистов по обработке данных;

– организацию ремонта, запасных частей и регламентного сервиса в приемлемой близости;

– поэтапное внедрение через опытно-производственные участки с контрольными полосами ручной и машинной посадки.

Таблица 2

Сравнительный анализ технологий лесовосстановления

Технология	**Производительность**	**Трудозатраты**	**Преимущества**	**Ограничения**	**Условия применения**
Ручная посадка	Зависит от состава бригады; базовый способ	Высокие	Гибкость; точечная корректировка	Физическая нагрузка; неодинаковое качество	Сложный рельеф; захламлённость; небольшие и средние участки
Машинная посадка	До 25 га за смену — ориентировочно, требует проверки	Средние	Высокая площадь за смену; повторяемость проходов	Нужны подготовка, проходимость и сервис	Подготовленные вырубки с допустимым рельефом
Роботизированная посадка	До 18 га за смену — ориентировочно, требует проверки	Потенциально ниже ручных	Автономность; контроль координат и качества	Высокая стоимость; адаптация; ремонт	Опытные участки; навигация; сервисная база
Аэросев	Покрытие больших площадей; результат вариабелен	Низкие наземные	Доступ к труднопроходимым зонам	Зависимость от ветра, семян и осадков	Большие открытые площади; предварительная оценка
Капсульный посев	До 90 % эффективности — заявленная ориентировочная оценка, требует проверки	Потенциально низкие	Точечная доставка; дозирование материала	Не подтверждена универсальность; экологические риски	Только после испытаний и проверки соответствия условий

Рациональная модель внедрения начинается с обследования репрезентативных участков. Далее проводится короткая серия испытаний с одинаковым посадочным материалом и сопоставимыми сроками. Оцениваются производительность, расход топлива и энергии, число пропусков, повреждения сеянцев, качество уплотнения, приживаемость и стоимость на единицу площади. Только после корректировки конструкции и программных параметров возможно масштабирование.

Ограничением является отсутствие самостоятельных полевых испытаний и неполнота производственных журналов. Из-за этого показатели производительности, вместимости и эффективности роботизированных машин нельзя считать установленными результатами для филиала. Данные о 57 тыс. га в 2024 году, динамике 2025 года, ежегодных 73 тыс. га и объёмах сеянцев требуют привязки к периоду, территории и методике учёта.

Приживаемость зависит от сроков и качества посадки, влажности почвы, подготовки участка, ухода и погодных условий. Она не может быть выведена только из скорости работы машины. Сравнение технологий следует

проводить по единой методике: одинаковые или сопоставимые участки, порода и возраст сеянцев, сроки работ, схема учёта пропусков, осенний контроль и повторная оценка через несколько вегетационных периодов.

Дальнейшая работа должна включать инвентаризацию участков в ГИС, разработку протокола полевых испытаний, оценку жизненного цикла техники, анализ рисков для почвы и подроста, испытание БПЛА и капсул в малых сериях, а также открытое сопоставление контрольных и экспериментальных полос.

Таблица 3

Критерии выбора технологии

Характеристика участка	Рекомендуемая технология	Обоснование	Необходимые проверки
Достаточный подрост, равномерное возобновление	Естественное восстановление с содействием	Сохраняется природный потенциал и снижаются затраты	Густота, состав, жизнеспособность, прогноз конкуренции
Сложный рельеф или высокая захламлённость	Ручная посадка либо комбинированная схема	Работник может выбирать микроместо и обходить препятствия	Безопасность, качество посадки, производительность бригады
Подготовленная вырубка, проходимый грунт	Машинная посадка	Механизм использует повторяемые проходы	Несущая способность, ширина полос, глубина и уплотнение
Большая площадь с доступной навигацией	Роботизированная посадка	Возможен цифровой контроль и снижение ручной нагрузки	Автономность, препятствия, связь, сервис, приживаемость
Открытая труднодоступная площадь	Аэросев или капсульный посев после испытаний	Снижается потребность в наземном доступе	Ветер, осадки, качество семян, экологическая безопасность
Участок с разнородной почвой и микрорельефом	Комбинированная технология	Разные зоны получают подходящий способ	Зонирование в ГИС и контроль результатов по каждой зоне

Таким образом, механизация и роботизация способны снизить трудоёмкость, повысить производительность и контролируемость лесовосстановления, особенно на больших площадях искусственного восстановления и при дефиците сезонной рабочей силы. Для арендной базы филиала первоочередным остаётся рациональное сочетание естественного восстановления, ручной посадки, механизированного посева и адресного применения новых комплексов.

Робот-сеялка Multiscope Forester, машина RoboFoR, платформа «Святобор» и БПЛА представляют различные уровни автоматизации — от цифрового обследования до автономной установки сеянца. Их внедрение должно

подтверждаться опытной эксплуатацией, технико-экономическим сравнением и оценкой экологической безопасности. Приоритетными условиями являются адаптация к рельефу и захламлённости, интеграция с ГИС, подготовка персонала и доступный ремонт. Универсальная технология отсутствует: устойчивый результат достигается выбором способа по характеристикам участка и регулярным мониторингом приживаемости.

Информация об авторе

Бурдейный Михаил Сергеевич - студент группы ЛИДз-21 филиала ФГБОУ ВО «Байкальский государственный университет» в г. Усть-Илимске, г. Усть-Илимск, ул Ленина 20В.

Научный руководитель

Билевич Марина Сергеевна – исполняющая обязанности кафедры Лесной отрасли и экономики филиала ФГБОУ ВО «Байкальский государственный университет» в г. Усть-Илимске.

Information about the author

Burdeiny Mikhail Sergeevich a student of the LEAD-24 group of the Baikal State University branch in Ust-Ilimsk, Ust-Ilimsk, Lenin St. 20B.

Scientific supervisor

Marina Sergeevna Bilevich is the acting head of the Department of Forestry Industry and Economics at the branch of the Baikal State University branch in Ust-Ilimsk.

УДК 674.817:676.012

И.В. Паламарчук

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ МЯГКОГО ДВП

Аннотация. Актуальность обзора обусловлена необходимостью вовлечения отходов целлюлозно-бумажного производства во вторичный оборот и сокращения потребления первичного древесного сырья. Цель работы — обобщить сведения о пригодности различных волокнистых остатков для получения мягкого древесноволокнистого материала и определить условия, влияющие на его качество. Методологическую основу составили анализ научно-технической литературы, сопоставление технологических схем мокрого и сухого формирования плит, а также систематизация факторов, определяющих эксплуатационные и санитарно-химические показатели. Показано, что целлюлозные волокна, отходы сортировки, макулатурное волокно, целлюлозный шлам и смешанные остатки могут использоваться самостоятельно либо в композиции с древесным волокном после сортировки, очистки и регулирования влажности. Установлено, что неоднородность сырья, зольность, загрязнение, остатки красителей и клеев ограничивают воспроизводимость свойств и требуют контроля рецептуры. Практическая значимость заключается в формировании ориентиров для выбора сырья, разработки безопасных связующих систем и планирования испытаний по действующим стандартам. Полученные положения могут применяться при создании локальных ресурсосберегающих производств и оценке экологической эффективности.

Ключевые слова: мягкое ДВП; целлюлозные отходы; вторичное волокно; древесноволокнистые плиты; циркулярная экономика; связующие; экологическая безопасность.

I.V. Palamarchuk

USING CELLULOSE WASTE IN THE PRODUCTION OF SOFT FIBERBOARD

Annotation. The relevance of the review is due to the need to recycle waste from the pulp and paper industry and reduce the consumption of primary wood raw materials. The aim of the work is to summarize information on the suitability of various fibrous residues for producing soft wood-fiber material and to determine the conditions that affect its quality. The methodological basis consists of an analysis of scientific and technical literature, a comparison of technological schemes for wet and dry panel formation, and a systematization of the factors that determine the operational and sanitary-chemical indicators. It has been shown that cellulose fibers, sorting waste, waste paper fiber, cellulose sludge, and mixed residues can be used independently or in combination with wood fiber after sorting, cleaning, and moisture control. It has been established that the heterogeneity of the raw material, ash content, contamination, and residues of dyes and adhesives limit the reproducibility of properties and require formulation control. The practical significance lies in the formation of guidelines for selecting

raw materials, developing safe binding systems, and planning tests in accordance with current standards. The findings can be applied when developing local resource-saving production processes and assessing environmental efficiency.

Keywords: soft fiberboard; cellulose waste; secondary fiber; wood fiberboards; circular economy; binders; environmental safety.

Целлюлозно-бумажная промышленность формирует широкий спектр волокнистых и шламовых отходов. Их состав зависит от вида перерабатываемого сырья, назначения бумаги, применяемых наполнителей, красителей, клеев и схем очистки сточных вод. При захоронении или недостаточно эффективном использовании такие потоки увеличивают нагрузку на полигоны, требуют транспортирования и могут создавать санитарно-экологические риски. Одним из направлений полезного использования является производство мягких древесноволокнистых плит (мягкого ДВП) на основе вторичного волокна.

Мягкое ДВП — плитный материал с относительно низкой плотностью и развитой волокнистой структурой, ориентированный прежде всего на тепло- и звукоизоляционные функции. Оно отличается от MDF высокой плотности и твёрдых древесноволокнистых плит как по плотности, так и по назначению, структуре и режимам изготовления. В настоящем обзоре термин «мягкое ДВП» используется именно для низкоплотных волокнистых плит, а не как общее обозначение любых древесноволокнистых материалов. При строительном, упаковочном, мебельном и отделочном применении необходимы подтверждение безопасности и соответствие действующим требованиям.

Цель исследования — систематизировать представления о возможностях использования отходов целлюлозно-бумажного производства в технологии мягкого ДВП и определить ключевые условия промышленной применимости.

Для достижения цели поставлены задачи: охарактеризовать виды потенциального сырья; описать последовательность подготовки волокон и формирования плит; сопоставить мокрый и сухой способы; проанализировать влияние состава отходов и технологических режимов на качество; рассмотреть экологические преимущества, риски и направления дальнейших исследований.

Материалом обзора служили обобщённые сведения по технологии древесных плит, целлюлозно-бумажному производству, переработке макулатуры и волокнистых отходов, а также экологической и санитарно-химической оценке материалов. Применялись описательный анализ, сравнительный анализ технологических схем и экспертная группировка факторов качества.

При интерпретации результатов учитывалось, что конкретная пригодность отхода определяется влажностью, зольностью, степенью загрязнения, длиной волокон, содержанием минеральных примесей, остатками красителей, клеев и других химических компонентов. Поэтому приведённые выводы являются технологическими ориентирами, а не заменой лабораторной ква-

лификации сырья. Практические решения следует подтверждать испытаниями по действующим ГОСТ, техническим условиям и техническим регламентам.

В качестве сырья могут рассматриваться первичные целлюлозные волокна, отходы сортировки и обрезки бумаги, целлюлозный шлам, макулатурное волокно, отходы переработки древесины и смешанные волокнистые остатки после целлюлозно-бумажного производства (табл. 1). Древесное волокно целесообразно использовать как стабилизирующую добавку, если вторичное сырьё характеризуется короткими или повреждёнными волокнами.

Наиболее перспективны однородные потоки с контролируемой влажностью и низким содержанием минеральной фазы. Макулатурное волокно может содержать наполнители и остатки печатных красок; обрезки и сортировочные отходы требуют удаления пластмасс, металлов, песка и других включений. Целлюлозный шлам, как правило, отличается высокой влажностью и зольностью, поэтому нуждается в обезвоживании, фракционировании и проверке на совместимость со связующей системой.

Таблица 1

Виды отходов целлюлозы и их технологическая пригодность

Вид отхода	Основные характеристики	Потенциальное использование	Ограничения
Целлюлозные волокна	Относительно однородные; пригодны к повторному размолу	Основной волокнистый компонент мягкого ДВП	Возможное укорочение волокна и снижение связности при переобработке
Отходы сортировки и обрезки бумаги	Смешанный фракционный состав; бумажные и посторонние включения	После сортировки — добавка к волокнистой массе	Пластмассы, металлы, клеи, красители; нестабильность состава
Целлюлозный шлам	Высокая влажность; минеральные примеси; мелкая фракция	Наполнитель или часть композиции при контроле зольности	Сушка и обезвоживание; риск снижения прочности и водостойкости
Макулатурное волокно	Вторичное волокно различной степени старения	Самостоятельное сырьё или смесь с древесным волокном	Наполнители, печатные краски, клеи; санитарно-химические ограничения
Отходы переработки древесины	Щепа, опилки, кора, волокнистые остатки	Компонент для повышения каркасности и прочности	Кора, пыль и неоднородность требуют сортировки
Смешанные волокнистые остатки	Переменный состав после производственных операций	Локальные рецептуры с предварительным фракционированием	Трудность стандартизации и прогнозирования свойств

Общая последовательность включает приёмку и сортировку отходов → удаление посторонних включений → измельчение и размокание → размол до

требуемой степени фибрилляции → приготовление суспензии → формирование ковра → обезвоживание → сушку или горячее прессование → кондиционирование → контроль качества. Параметры каждой операции подбирают с учётом длины волокна, влажности, зольности и назначения материала.

Приёмка должна включать идентификацию источника образования отхода, оценку влажности, зольности, наличия запаха, посторонних включений и визуальной неоднородности. Сортировка может быть механической, пневматической, магнитной и оптической. Для макулатурного сырья особенно важны удаление полимерных фрагментов, металлических элементов, песка и крупных включений, а также разделение потоков по типу бумаги.

После очистки сырьё измельчают до фракции, удобной для размокания и последующего размола. При работе со шламом отдельное внимание уделяют обезвоживанию, диспергированию агломератов и контролю минеральной части. Сырьё с неизвестным составом не следует без испытаний направлять в материалы, предназначенные для помещений или контакта с упаковкой.

Размокание восстанавливает подвижность волокон и способствует отделению волокнистой фазы от части поверхностных загрязнений. Размол регулирует степень фибрилляции: недостаточная обработка ухудшает формирование ковра, а чрезмерная приводит к укорочению волокон, росту энергозатрат и возможному ухудшению водоотдачи. После размола готовят суспензию требуемой концентрации и формируют равномерный волокнистый ковер.

Различают мокрый и сухой способы формирования плит. При мокром способе волокна диспергируют в воде, формуют ковёр на сетке, удаляют воду и далее сушат либо прессуют. Сухой способ предполагает формирование воздушного ковра из более сухого волокна и обычно требует более выраженной связующей системы. Выбор способа определяется свойствами отхода, доступным оборудованием, водным балансом и требованиями к плите.

Обезвоживание снижает нагрузку на сушку, а горячее прессование обеспечивает уплотнение ковра и закрепление его структуры. При необходимости мягкого материала давление и температура должны быть согласованы с целевой плотностью: чрезмерное уплотнение переводит материал в область свойств более плотных древесноволокнистых плит. Сушка должна быть равномерной, без пересушивания поверхности и сохранения избыточной влаги внутри.

После формования плиты кондиционируют при контролируемых условиях, чтобы выровнять влажность и уменьшить внутренние напряжения. Контроль качества включает визуальную оценку однородности, измерение влажности и плотности, а также испытания физико-механических, теплофизических, акустических и санитарно-химических показателей.

Связующая система должна компенсировать снижение естественной связности, вызванное короткими или загрязнёнными вторичными волокнами. Возможны синтетические смолы, крахмалсодержащие и иные природные компоненты, а также лигнин как часть связующей системы или модифицирующая добавка. Лигнин и другие биоосновanные компоненты требуют

оценки реакционной способности, влагостойкости и стабильности при хранении.

Гидрофобизирующие добавки уменьшают водопоглощение и разбухание, но могут ухудшать смачивание волокон и переработку отходов. Применение синтетических связующих требует контроля эмиссии формальдегида и других летучих веществ на стадиях производства и эксплуатации. Рецептуру следует выбирать по результатам испытаний, а не только по происхождению компонентов.

Длина и гибкость волокон определяют формирование пространственной сетки, а степень фибрилляции влияет на площадь контакта и удержание связующего. Короткое или сильно повреждённое волокно может повышать однородность поверхности, но снижать прочность при изгибе. Минеральные наполнители и зольная фаза увеличивают массу и могут нарушать контакт между волокнами. Остатки клеев, красителей и покрытий способны изменять смачивание, цвет, запах и эмиссионные характеристики.

К основным показателям качества относятся плотность, прочность при изгибе, водопоглощение, разбухание, теплопроводность, звукопоглощение, влажность, однородность структуры, эмиссия вредных веществ и биостойкость (табл. 2).

Таблица 2

Показатели качества мягкого ДВП на основе вторичного волокнистого сырья

Показатель	Значение для материала	Метод контроля	Факторы влияния
Плотность	Определяет массу, пористость и общий баланс свойств	Лабораторное определение массы и объёма по действующему стандарту	Степень уплотнения, влажность, содержание шлама
Прочность при изгибе	Характеризует несущую способность при обращении и монтаже	Стандартизованное испытание образцов на изгиб	Длина волокна, связующее, режим прессования
Водопоглощение и разбухание	Показывают устойчивость к влаге и стабильность размеров	Испытания после выдержки в воде или влажностном режиме	Гидрофобизация, пористость, состав волокон
Теплопроводность	Определяет теплоизоляционный потенциал	Теплотехнические испытания при заданной влажности	Плотность, пористость, влажность, структура ковра
Звукопоглощение	Определяет акустическую пригодность материала	Акустические испытания в соответствии с назначением	Открытая пористость, толщина, облицовка
Влажность и однородность	Влияют на хранение, прессование и стабильность качества	Влагометрия, визуальная и инструментальная оценка	Сушка, кондиционирование, равномерность смеси
Эмиссия вредных веществ	Определяет санитарную безопасность применения	Санитарно-химические и климатические испытания	Связующее, красители, клеи, температура
Биостойкость	Определяет сопротивление плесени и биопоражению	Испытания по назначению материала	Влажность, состав, защитные добавки и условия эксплуатации

Их взаимосвязь неоднозначна: повышение связности и плотности может улучшить прочность, но уменьшить пористость и снизить тепло- или звукопоглощающий эффект. Поэтому оптимизация должна быть многокритериальной. Конкретные числовые нормативы в настоящем обзоре не приводятся; испытания следует выполнять по действующим ГОСТ и техническим регламентам для выбранной области применения.

Использование отходов целлюлозно-бумажного производства в мягком ДВП даёт несколько взаимосвязанных эффектов. Во-первых, снижается объём отходов, направляемых на полигоны или требующих иных затратных способов обращения. Во-вторых, вторичное волокно замещает часть первичного древесного сырья, сохраняя ресурс и потенциально сокращая нагрузку на лесные ресурсы. В-третьих, создаются предпосылки для развития циркулярной экономики, в которой волокнистые материалы возвращаются в производственный цикл.

При корректной рецептуре может быть получен тепло- и звукоизоляционный материал для строительства, упаковки, мебельного производства и отделочных работ. Однако экологическая эффективность не должна оцениваться только по массе переработанного отхода: необходимо учитывать расход воды и энергии, образование шламов после очистки, транспортирование, связующие, срок службы и возможность последующей переработки. Снижение нагрузки на полигоны становится устойчивым результатом только при обеспечении безопасности продукции и стабильного рынка применения.

К основным ограничениям относятся неоднородность состава отходов, наличие красителей, клеев, наполнителей и минеральных примесей, повышенная влажность и нестабильность свойств. Без санитарно-химического контроля возможны неприемлемые эмиссии и ограничения по области применения. Загрязнения и укорочение волокна могут привести к снижению прочности и водостойкости. Масштабирование осложняется необходимостью сортировки, очистки и предварительной подготовки сырья, а также перестройки водного и энергетического баланса производства.

Перспективными направлениями являются разработка технологий глубокой очистки и фракционирования отходов, применение биоосновanных связующих, снижение эмиссии, цифровой контроль качества и использование модифицированных целлюлозных волокон. Практический интерес представляет комбинирование отходов целлюлозы с древесным волокном, создание локальных предприятий по переработке отходов и проведение технико-экономической и экологической оценки жизненного цикла. Такие решения позволяют связать характеристики входного сырья с рецептурой, режимом прессования и прогнозом срока службы изделия.

Отходы целлюлозно-бумажного производства являются перспективным вторичным сырьём для мягкого ДВП благодаря наличию целлюлозных волокон и возможности формирования пористой структуры с тепло- и звукоизоляционными свойствами. Наиболее обоснованным является использование контролируемых потоков после сортировки, удаления посторонних включений, размокания и размола; смешивание с древесным волокном может повысить стабильность технологических и эксплуатационных характеристик.

Промышленное внедрение требует стандартизации сырья, оптимизации рецептуры и режимов производства, подтверждения эксплуатационных характеристик и санитарно-химической безопасности. При практической реализации обязательны обращение к действующим ГОСТ, ТУ и техническим регламентам, выбор методов испытаний по назначению продукции и оценка полного жизненного цикла. Только сочетание ресурсосбережения, воспроизводимости качества и безопасности позволяет рассматривать мягкое ДВП из отходов как устойчивое промышленное решение.

Информация об авторе

Паламарчук Иван Валерьевич - студент группы ТД–23 П филиала ФГБОУ ВО «Байкальский государственный университет» в г. Усть-Илимске, г. Усть-Илимск, ул Ленина 20В.

Научный руководитель

Выприкова Юлия Александровна - преподаватель кафедры Лесной отрасли и экономики филиала ФГБОУ ВО «Байкальский государственный университет» в г. Усть-Илимске.

Information about the author

Palamarchuk Ivan Valeryevich is a student in group TD-23P at the branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Baikal State University” in the city of Ust-Ilimsk, Ust-Ilimsk, Lenin Street, 20V.

Scientific supervisor

Vyprikova Yulia Alexandrovna is a lecturer at the Department of Forestry Industry and Economics at the branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Baikal State University” in the city of Ust-Ilimsk.

УДК 630.232:631.3

С.Э. Ахрименко

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ ВЫРУБЛЕННЫХ ПЛОЩАДЕЙ: ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Аннотация. Лесовосстановление вырубленных площадей является ключевым условием сохранения биоразнообразия, защиты почв, регулирования водного режима, поддержания углеродного баланса и устойчивого лесопользования. Цель обзора — систематизировать современные способы восстановления леса и охарактеризовать машины и оборудование, применяемые на этапах подготовки участка, обработки почвы, посадки, посева, ухода и контроля. Методическую основу составили анализ научной и учебной литературы, обобщение лесоводственной и инженерной практики, а также сопоставление технологических решений по природно-производственным условиям. Показано, что естественное возобновление и содействие ему снижают затраты при наличии жизнеспособного подроста и семенного фонда, тогда как искусственное восстановление обеспечивает управляемое размещение пород и плотность культур. Механизированная посадка и посев повышают производительность, однако требуют соответствия техники рельефу, влажности и механическому составу почвы, захламлённости и доступности участка. Цифровые технологии, БПЛА и машинное зрение расширяют возможности мониторинга приживаемости и качества работ. Практическая значимость обзора состоит в формировании критериев выбора технологий без подмены действующих нормативов: решения должны подтверждаться обследованием участка, проектной документацией и применимыми стандартами.

Ключевые слова: лесовосстановление; вырубка; лесные машины; посадка лесных культур; механизированный посев; уход за культурами; БПЛА; цифровой мониторинг.

S.E. Akhrimenko

MODERN METHODS OF REFORESTATION OF CLEARED AREAS: MACHINES AND EQUIPMENT USED

Annotation. Reforestation of cleared areas is a key condition for preserving biodiversity, protecting soils, regulating the water regime, maintaining the carbon balance, and ensuring sustainable forest management. The purpose of the review is to systematize modern methods of forest restoration and to characterize the machines and equipment used at the stages of site preparation, soil cultivation, planting, sowing, care, and monitoring. The methodological basis consists of an analysis of scientific and educational literature, a synthesis of forestry and engineering practices, as well as a comparison of technological solutions based on natural and production conditions. It has been shown that natural regeneration and assistance to it reduce costs when there is viable undergrowth and a seed fund, whereas artifi-

cial restoration ensures controlled placement of species and crop density. Mechanized planting and sowing increase productivity, but they require the equipment to be suitable for the terrain, moisture content, and mechanical composition of the soil, as well as for the level of debris and the accessibility of the site. Digital technologies, UAVs, and machine vision expand the possibilities for monitoring survival rates and the quality of work. The practical significance of the review lies in the development of criteria for selecting technologies without replacing existing regulations: decisions must be supported by site surveys, project documentation, and applicable standards.

Keywords: reforestation; logging; forest machinery; planting of forest crops; mechanized sowing; crop care; UAVs; digital monitoring.

Лесовосстановление вырубленных площадей представляет собой систему биологических, агротехнических и инженерных мероприятий, направленных на формирование устойчивого лесного сообщества после рубки. Его результатом должно быть не только появление древесной растительности, но и восстановление функций леса: поддержание видового разнообразия и местообитаний, защита почв от эрозии, регулирование поверхностного и грунтового стока, накопление углерода и обеспечение будущего устойчивого лесопользования. Качество первых операций во многом определяет последующую устойчивость культур и стоимость ухода за ними.

Современная практика располагает широким набором решений — от сохранения подроста и минерализации почвы до высокопроизводительных посадочных комплексов, сеялок, БПЛА и цифровых систем контроля. При этом универсальной технологии не существует. Тип вырубки, рельеф, влажность и механический состав почвы, степень захламлённости, наличие подроста, лесорастительная зона, выбранная порода, доступность техники и экономические условия формируют требования к технологической цепочке.

Естественное восстановление основывается на использовании сохранившегося подроста, самосева и семенного фонда. Содействие естественному возобновлению включает обследование и сохранение жизнеспособных групп подроста при рубке и подготовке площади, локальную минерализацию почвы, уход за самосевом и регулирование конкурирующей травянистой и кустарниковой растительности. Работы могут выполняться выборочно, полосами или на отдельных микроповышениях, чтобы не разрушать почвенный покров и не создавать избыточного стока.

Преимущество способа — снижение затрат на посадочный материал и посадочные операции, а также сохранение локально адаптированного генетического материала. Ограничения связаны с неравномерностью размещения, зависимостью от наличия жизнеспособного подроста, периодичности плодоношения и качества семенного фонда. При недостаточной густоте или сильной конкуренции естественное возобновление дополняют посадкой либо полосным посевом.

Искусственное лесовосстановление позволяет заранее выбрать породы, схему размещения и технологию ухода. Посадочный материал может иметь

открытую или закрытую корневую систему. Сеянцы с открытой корневой системой обычно требуют более строгого соблюдения сроков и защиты корней от пересыхания; материал с закрытой корневой системой лучше переносит транспортирование и расширяет посадочный период, но предъявляет требования к качеству кома и совместимости посадочного аппарата (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная характеристика способов лесовосстановления

Способ	Основные операции	Преимущества	Ограничения	Рекомендуемые условия
Естественное восстановление	Сохранение подроста; оценка самосева; локальный уход	Низкие затраты; местная адаптация	Зависимость от подроста и семенного фонда; неравномерность	Достаточный жизнеспособный подрост; приемлемая конкуренция
Содействие естественному возобновлению	Минерализация; регулирование трав и кустарников; защита подроста	Сочетание биологической основы и механизированных операций	Риск повреждения подроста; необходимость обследования	Участки с сохранённым подростом и подходящими микрометообитаниями
Искусственная посадка	Подготовка почвы; доставка; посадка ОКС или ЗКС; прикатывание	Управляемый состав и размещение; высокая предсказуемость	Стоимость материала и техники; потребность в уходе	Доступные площади с дефицитом подроста
Механизированный посев	Дозирование; точечный или полосной высев; заделка; прикатывание	Высокая производительность на больших площадях	Требования к семенам, влажности и защите всходов	Подготовленная почва, подходящий рельеф, качественные семена
Комбинированный способ	Сохранение подроста; локальная посадка или посев	Гибкость и снижение объёма посадки	Сложность планирования и контроля	Мозаичные вырубки с неравномерным возобновлением

Ручная посадка мечом Колесова сохраняет значение на небольших, сложных и захламлённых участках. Механизированная посадка выполняется лесопосадочными машинами и тракторными агрегатами; для труднодоступных мест применимы машины на базе форвардеров, экскаваторов и манипуляторов с рабочими органами для точечной подготовки и установки растений. Сошник формирует посадочную щель или борозду, посадочный аппарат подаёт растение, бункер обеспечивает запас материала, захваты удерживают и позиционируют растение, а прикатывающие устройства уплотняют почву около корней и закрывают воздушные полости.

Механизированный посев применяют на больших и относительно доступных площадях, когда качество семян, влажность и подготовка почвы позволяют получить устойчивые всходы. Лесные сеялки и посевные агрегаты оснащают дозаторами, семяпроводами, пневматическими системами, сошниками или высевающими аппаратами для точечного и полосного высева. Технология сокращает потребность в ручном труде и может обеспечить высокую

производительность, но чувствительна к равномерности подачи, глубине заделки, прикатыванию, защите семян от выдувания и повреждения всходов. На тяжёлых, переувлажнённых, сильно задернённых или захламлённых почвах посев требует особенно тщательной подготовки и не всегда превосходит посадку.

Комбинированные способы объединяют сохранение и уход за естественным возобновлением с посадкой или посевом в окнах, полосах и местах недостаточной обеспеченности подростом. Такой подход позволяет снизить объём посадочного материала и сохранить естественную структуру участка, одновременно выравнивая породный состав и пространственную полноту. Успех зависит от точного картирования подроста, дифференцированного выбора рабочих органов и согласования проходов техники с зонами сохранения.

Подготовка площади направлена на создание безопасных условий для естественного возобновления или работы посадочной и посевной техники табл. 2). Мульчиреватели и кусторезы измельчают кустарник и мелколесье, корчеватели удаляют крупные пни и корни там, где это необходимо, а фрезы разрушают дернину и перемешивают растительные остатки. Плуги, дисковые орудия, рыхлители, бороны и лесные культиваторы применяют для полосной, бороздовой, площадной или локальной обработки почвы. Выбор схемы должен учитывать сохранение плодородного слоя, снижение эрозии и минимизацию повреждения сохраняемого подроста.

Таблица 2

Характеристика этапов проведения лесовосстановления

Этап работ	Тип оборудования	Выполняемая операция	Критерии выбора
Обследование и разметка	Навигационный комплект, ГИС, БПЛА	Съёмка, картирование, выделение зон работ	Точность позиционирования, автономность, совместимость данных
Подготовка площади	Мульчиреватель, кусторез, корчеватель	Измельчение, расчистка, удаление препятствий	Захламлённость, диаметр древесины, сохранность подроста
Обработка почвы	Фреза, плуг, дисковое орудие, рыхлитель, борона	Полосная, площадная или локальная обработка	Механический состав, влажность, рельеф, эрозионный риск
Посадка	Лесопосадочная машина, тракторный агрегат, манипулятор	Формирование места, подача и установка растения	ОКС/ЗКС, схема размещения, проходимость, производительность
Посев	Лесная сеялка, дозатор, пневмосистема	Точечный или полосной высев и заделка	Качество семян, влажность, глубина, защита всходов
Уход	Культиватор, косилка, кусторез, система внесения	Контроль конкурирующей растительности и питание	Ширина междурядий, риск повреждения культур, требования безопасности
Мониторинг	БПЛА, камера, машинное зрение, мобильный ГИС	Оценка приживаемости и качества	Разрешение, погодные условия, проверяемость полевыми данными

На каменистых, переувлажнённых и сильно захламлённых вырубках сплошная обработка может быть нежелательна. Предпочтение отдают полосам, микроповышениям, отдельным посадочным местам и рабочим органам с обходом препятствий. Машина должна обеспечивать устойчивость, достаточный клиренс, защиту трансмиссии и возможность безопасного разворота; важны также транспортная доступность, ремонтопригодность и наличие запасных частей.

Лесопосадочные машины бывают навесными, прицепными и самоходными. Тракторные агрегаты используют на подготовленных полосах и площадках; машины на базе форвардеров применимы там, где важны проходимость, запас посадочного материала и снижение числа вспомогательных проходов. Экскаваторы и манипуляторы с точечными рабочими органами позволяют выполнять посадку на сложном рельефе, в каменистом грунте и при мозаичной структуре участка.

К основным узлам относятся бункеры или кассеты, направляющие и захваты для сеянцев, сошники, механизмы подачи, дозаторы, прикатывающие колёса и устройства регулирования глубины. Для ОКС особенно важны защита корней и минимальное время между извлечением и установкой; для ЗКС — геометрия посадочного места и сохранение целостности кома. Ручная посадка мечом Колесова сохраняет гибкость и простоту, но имеет большую трудоёмкость и зависимость от физической нагрузки работников.

Лесные сеялки оснащаются бункерами, дозаторами, пневматическими системами, семяпроводами и рабочими органами для точечного или полосного высева. Регулировка должна обеспечивать устойчивую подачу семян и заданную глубину заделки без разрушения подготовленной структуры почвы. На этапе ухода применяют культиваторы междурядий, косилки, кусторезы и специализированные машины для ухода за рядами. При необходимости используются системы внесения удобрений и средств защиты растений. Химические средства допускаются только при наличии зарегистрированного препарата и в соответствии с действующими требованиями, регламентом применения и инструкцией.

Контроль качества включает проверку фактического размещения растений, состояния почвы, повреждений посадочного материала, засорённости и приживаемости. На доступных участках применимы маршрутные обследования и выборочные измерения; на больших площадях их дополняют фотофиксацией, спутниковыми данными и БПЛА.

ГИС объединяют сведения о рельефе, почвах, доступности, вырубках, подросте и выполненных операциях. Спутниковая навигация помогает выдерживать маршруты, фиксировать обработанные полосы и связывать результаты с цифровым паспортом лесокультурного участка. Дистанционное зондирование и БПЛА позволяют получать ортофотопланы, оценивать мозаичность возобновления, выявлять пропуски, повреждения и участки с высокой конкуренцией растительности.

Машинное зрение может использоваться для автоматизированной оценки приживаемости, распознавания рядов и контроля качества посадки,

но алгоритмы требуют калибровки под породу, фазу развития, освещение и тип почвы. Полевые проверки остаются необходимыми для верификации результатов. Роботизированные платформы перспективны для труднодоступных участков: они могут выполнять локальную подготовку, посадку, точечный уход и повторные обследования. Ограничениями являются высокая стоимость, необходимость сервисного обслуживания, подготовки операторов, устойчивой навигации и обязательной проверки результатов в поле.

Технологию выбирают после обследования участка и постановки цели — сохранение естественного лесного сообщества, быстрое создание культур определённого породного состава или комбинированное восстановление (табл. 3, рис. 1–4).

Таблица 3

Показатели лесовосстановления и способы контроля

Показатель	Содержание	Способ контроля	Практическое значение
Производительность	Объём работ за единицу времени с учётом простоев	Журнал работ, навигация, телематика	Планирование сроков и состава машин
Трудозатраты	Участие операторов и вспомогательного персонала	Учёт времени и операций	Оценка потребности в кадрах и механизации
Стоимость	Затраты на технику, топливо, материал, сервис и уход	Калькуляция по технологической цепочке	Сопоставление альтернатив при заданной цели
Приживаемость	Доля сохранившихся и развивающихся растений	Маршрутные обследования, ГИС, БПЛА, полевые проверки	Оценка биологического результата
Сохранность подроста	Степень повреждения исходного возобновления	До- и послеоперационное картирование	Контроль экологической приемлемости
Качество почвы	Равномерность обработки, глубина, отсутствие избыточного уплотнения	Выборочные измерения и визуальный контроль	Прогноз условий укоренения и эрозии
Ремонтопригодность	Доступность обслуживания, деталей и специалистов	Анализ простоев и сервисной сети	Надёжность эксплуатации в удалённых районах
Адаптированность	Соответствие рельефу, влажности, захламлённости и породе	Технологическое обследование участка	Обоснование выбора машины и схемы работ

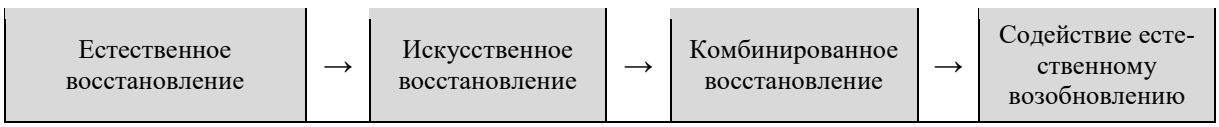


Рисунок 1. Система способов лесовосстановления



Рисунок 2. Технологическая цепочка механизированного лесовосстановления



Рисунок 3. Машины и оборудование по этапам работ

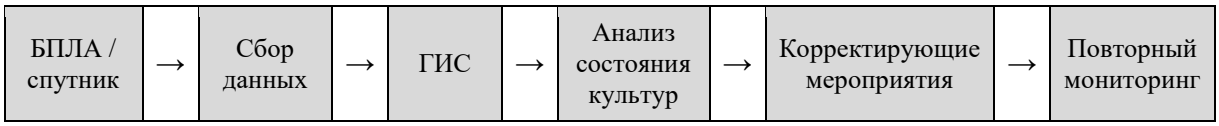


Рисунок 4. Цифровой контур контроля лесовосстановления

Учитываются тип вырубки, рельеф, влажность и механический состав почвы, захламлённость, наличие подроста, лесорастительная зона, порода, доступность техники и экономические условия. На относительно чистых доступных площадях рациональны тракторные посадочные и посевные агрегаты; на мозаичных или сложных участках — локальная обработка, ручная посадка, манипуляторы или комбинированная схема.

Эффективность следует оценивать по совокупности показателей: производительность, трудозатраты, стоимость, приживаемость, сохранность подроста, качество обработки почвы, экологические последствия, ремонтопригодность и адаптированность к условиям участка. Нельзя делать вывод только по производительности машины: быстрый проход, сопровождающийся уплотнением почвы, эрозией или повреждением подроста, может ухудшить итоговый результат. Конкретные нормативные значения следует брать из подтверждённых стандартов и действующих документов, а не переносить между природными зонами без проверки.

Основные ограничения определяются разнообразием природно-производственных условий, зависимостью результатов от погоды и состояния почвы, сложностью работы на захламлённых вырубках, высокой стоимостью специализированной техники, необходимостью технического обслуживания и дефицитом квалифицированных операторов. Дополнительные риски создают несогласованность машин в цепочке, недостаточная подготовка посадочного материала, нарушение сроков и отсутствие полевой проверки цифровых оценок.

Перспективы связаны с развитием отечественных лесных машин, универсальных тракторных и гусеничных платформ, роботизированной техники, БПЛА и машинного зрения. Значимы технологии точного земледелия, адап-

тированные к лесному хозяйству: автоматизированное планирование маршрутов, дифференцированная обработка, контроль фактической глубины и цифровые паспорта лесокультурных участков. Важны модульность рабочих органов, унификация интерфейсов, снижение удельного давления на почву, повышение ремонтопригодности и интеграция полевых данных с системами управления лесами.

Современное лесовосстановление требует сочетания биологических, агротехнических и инженерных решений. Естественное восстановление и содействие ему рациональны при наличии жизнеспособного подроста и семенного фонда; искусственная посадка и механизированный посев обеспечивают управляемое формирование культур при дефиците естественного возобновления. Механизация повышает производительность и снижает трудоёмкость, а цифровые технологии улучшают контроль качества, пространственную привязку и своевременность ухода.

Универсальной машины для всех вырубок не существует. Техника должна подбираться с учётом конкретного участка, целей лесовосстановления, породного состава, доступности, экологических ограничений и экономической целесообразности. При практической реализации необходимо руководствоваться действующими ГОСТ, техническими регламентами, нормативными документами и инструкциями изготовителей.