Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Вологодский государственный университет

Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина

Правительство Вологодской области

Департамент лесного комплекса Вологодской области

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА

Материалы XXI Международной научно-технической конференции

Вологда,

5 декабря 2023 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Вологодский государственный университет
Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина

Правительство Вологодской области
Департамент лесного комплекса Вологодской области

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА

Материалы
XXI Международной научно-технической конференции

(Вологда, 5 декабря 2023 г.)

Вологда
2023

УДК 630*6
ББК 43.4+37.13
А43

Утверждено научным советом ВоГУ

Рецензент

В. С. Вернодубенко, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
доцент кафедры лесного хозяйства
Вологодской государственной молочнохозяйственной
академии им. Н.В. Верещагина

Ответственный редактор

Е. А. Иванищева, кандидат биологических наук,
доцент кафедры географии и рационального природопользования ВоГУ

Актуальные проблемы развития лесного комплекса : материалы
А43 XXI Международной научно-технической конференции (Вологда, 5 декабря 2023 г.) / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Вологодский государственный университет, Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина, Правительство Вологодской области, Департамент лесного комплекса Вологодской области; [ответственный редактор Е. А. Иванищева]. – Вологда : ВоГУ, 2023. – 504 с. : ил. – Текст : электронный.

ISBN 978-5-907606-87-6

В сборнике представлены материалы докладов XXI Международной научно-технической конференции, которая состоялась 5 декабря 2023 года в Вологодском государственном университете и Вологодской государственной молочнохозяйственной академии им. Н.В. Верещагина. Публикуемые статьи весьма актуальны и могут быть полезны для научно-технических работников, преподавателей, студентов, аспирантов вузов, работников государственных и муниципальных органов власти.

УДК 630*6
ББК 43.4+37.13

ISBN 978-5-907606-87-6

© ФГБОУ ВО «Вологодский
государственный университет», 2023

СЕКЦИЯ 1

Направления: экономика и устойчивое управление лесными ресурсами; экологический мониторинг: проблемы и пути решения; интродукция древесных растений, городское и лесопарковое хозяйство

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОПОННЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЕГЕТАТИВНОГО ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ТУИ ЗАПАДНОЙ (*THUJA OCCIDENTALIS* L.) В РЕГИОНАХ С КОРОТКИМ ВЕГЕТАЦИОННЫМ ПЕРИОДОМ

А.М. Антонов, А.И. Лютикова
Россия, Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова
г. Архангельск

Аннотация. В статье приведены результаты исследования эффективности укоренения одревесневших черенков туи западной (*Thuja occidentalis* L.) при весеннем черенковании с использованием стимуляторов корнеобразования «Корневин», «Гетероауксин» и «Циркон» в гидропонной установке, обеспечивающей необходимые микроклиматические условия. Исследование проводилось с целью выявления наиболее результативных методов увеличения темпов производства посадочного материала, что особенно актуально для регионов с непродолжительным вегетационным периодом. По результатам эксперимента наилучший результат показало опудривание черенков «Корневином», процент корнеобразования составил 50 %.
Ключевые слова: туя западная, черенкование, посадочный материал, гидропонная установка, стимулятор корнеобразования.

Annotation. The article presents the results of the study of rooting efficiency of hardwood cuttings of eastern white-cedar (*Thuja occidentalis* L.) in spring cuttings using root formation stimulators «Kornevin», «Heteroauxin» and «Zircon» in a hydroponic system that provides the necessary microclimatic conditions. The study was conducted to identify the most effective methods to increase the rate of production of planting material, which is especially relevant for regions with a short growing season. According to the results of the experiment, the best result was shown by powdering cuttings with «Kornevin», the percentage of root formation amounted to 50 %.
Keywords: eastern white-cedar, cuttings, planting material, hydroponic system, root formation stimulator.

В условиях короткого вегетационного периода для питомников растений актуален вопрос увеличения объемов производства посадочного материала. Интенсификации производства саженцев можно добиться путем применения гидропонных установок в хозяйствах при размножении пород черенками. Это позволит увеличить сроки черенкования и начинать укоренение как минимум с середины весны, и уже к лету получать укоренившийся посадочный материал, готовый к пересадке на доращивание.

В статье речь пойдет о гидропонной системе периодического затопления. Гидропонная установка представляет собой замкнутую, полностью контролируемую систему. Она осна-

щена регулятором pH, ультразвуковым туманообразователем, контроллером влажности и температуры, светильниками и блоком управления. Благодаря такому техническому оснащению установка позволяет регулировать и поддерживать оптимальные условия, необходимые для укоренения черенков.

Система работает по следующему принципу: поддон, в который установлены лотки с черенками, временно подтопляется, тем самым насыщая субстрат и корневую массу. После прекращения подачи воды она самотеком сливается обратно в резервуар через дренажное отверстие. Подача воды выполняется насосом, управляемым таймером.

В исследовании, проведенном весной-летом 2022 года, укореняли одревесневшие черенки туи западной. Черенки нарезали в середине марта и обрабатывали 3 стимуляторами корнеобразования: «Корневином» в виде порошка, «Гетероауксином» и «Цирконом» в виде растворов, приготовленных по инструкции производителя. Эксперимент был заложен в трех повторностях по 40 штук в каждой. После обработки черенки высаживались в заполненные торфом кассеты и помещались на поддоны установки, застеленные холстопрошивным полотном во избежание попадания грунта в систему и ее засорения (рис. 1). В камере были обеспечены оптимальные для хвойных пород микроклиматические условия – 80–100 % относительная влажность воздуха, кислотность pH=5.5, температура воздуха 26.6 °C. Инсоляция обеспечивалась на протяжении 13 часов в сутки, полив осуществлялся 3 раза в сутки. Камера ежедневно проветривалась.



Рис. 1. Черенки в гидропонной установке

Эксперимент по укоренению продолжался на протяжении 3 месяцев. По истечении данного периода черенки вынимали с комом грунта из ячеек, аккуратно очищали от грунта и определяли число укоренившихся черенков, параметры корневой системы: количество корней, их длину (рис. 2).

Результаты статистической обработки данных представлены в таблице.

Таблица

Результаты укоренения одревесневших черенков туи западной

Показатель	«Корневин»	«Гетероауксин»	«Циркон»
Количество укоренившихся черенков, шт.	20	5	3
Средняя длина корней, см	2,05±2,52	2,41±2,86	2,63±3,14
Общее количество образовавшихся корней, шт.	726	141	44
Количество корней I порядка, шт.	68	18	5
Количество корней II порядка, шт.	454	118	39
Количество корней III порядка, шт.	204	5	-
Процент укоренившихся черенков, %	50,0	12,5	7,5

Как видно из таблицы, опудривание базальных срезов «Корневином» обеспечило 50%-ную укореняемость и оказалось наиболее результативным при обработке одревеснев-ших черенков туи западной.



Рис. 2. Корневая система одревесневшего черенка туи, сформированная в гидропонной установке при опудривании «Корневином»

Данные Е.М. Фещенко с соавторами [1] свидетельствуют, что видовые формы туй уступают по проценту корнеобразования сортовым формам, поэтому полученные нами данные 50 % свидетельствуют о перспективности получения посадочного материала туи западной к началу вегетационного сезона путем черенкования в гидропонной системе.

К тому же хвойные породы относятся к трудноукореняемым, поэтому для лиственных пород данный метод может показать куда более высокие результаты и внедрен в производственные процессы.

Литература

1. Фещенко, Е. М. Оценка последствия стимуляторов роста на морфометрические показатели черенков *Thuja occidentalis* и *Thuja occidentalis* «Smaragd» / Е. М. Фещенко, Е. В. Аминова, Е. С. Воронцова // Известия нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2021. – № 4 (64). – С. 132–141.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА И СПОСОБЫ ИХ РЕШЕНИЯ

А.С. Артамонова, В.А. Марков
Россия, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
г. Санкт-Петербург

Аннотация. В статье рассмотрены статистические данные о современном положении лесопромышленного комплекса Российской Федерации. Определены проблемы, препятствующие устойчивому развитию лесопромышленного комплекса. Доказано, что эффективное развитие деревообрабатывающей промышленности должно обеспечиваться, прежде всего, увеличением комплексного использования древесного сырья и переработки древесины путем улучшения структуры производства и потребления лесной продукции, уменьшения отходов и потерь древесного сырья, внедрения современных безотходных технологических процессов и финансирования инвестиций.
Ключевые слова: лесная промышленность, лесопромышленный комплекс, устойчивое развитие, инвестиции, комплексная переработка древесины, коэффициент комплексного использования сырья.

Annotation. The article discusses statistical data on the current state of the timber industry complex of the Russian Federation. The problems that impede the sustainable development of the timber industry complex are identified. It has been proved that the effective development of the woodworking industry should be ensured, first of all, by increasing the integrated use of wood raw materials and wood processing by improving the structure of production and consumption of forest products, reducing waste and losses of wood raw materials, introducing modern waste-free technological processes and financing investments.
Keywords: forest industry, timber industry, sustainable development, investments, integrated wood processing, coefficient of integrated use of raw materials.

Лесотехнический комплекс представляет собой совокупность предприятий, занимающихся заготовкой, переработкой и реализацией древесины и лесной продукции. Лесотехнический комплекс играет важную роль в современном обществе, обеспечивая продовольствие, сырье, экологическую стабильность и озеленение. Колоссальные запасы древесины, широкое территориальное распространение лесных ресурсов и определяет значение лесного хозяйства в экономике страны. В настоящее время практически нет такой сферы народного хозяйства, где бы ни применялись и не использовались лесные ресурсы, в частности древесина и ее производные.

По данным ежегодного доклада о состоянии и использовании лесов в РФ, на каждого жителя планеты в 2019 году приходилось менее 1 га лесов, данный показатель в Финляндии составлял 4 га, в России – 5,3 га, а в США – только 0,8 га. Российская Федерация является лидером по площади лесов – 809 млн га или 20,1 %, общей площади лесов мира.

Для сравнения доля площади лесов Бразилии составляет 520 млн га (12,9 %), Канады – 310 млн га (7,7 %), США – 304 млн га (7,5 %), Китая – 207 млн га (5,1 %). По запасам древесины в 2016 год Россия занимала одно из лидирующих мест и имела 83 106 млн $м^3$, США – 47 088 млн $м^3$, Канада – 32 983 млн $м^3$, Китай – 14 684 млн $м^3$. Общий объем древесины в лесах планеты составлял 527 млрд $м^3$ [1].

Наибольшими запасами древесины располагают Дальневосточный (27 % от всех запасов РФ), Сибирский (43 %) и Северо-Западный округ (14 %). Площадь территории, покрытой лесом, в среднем по России составляет 46 % от всей территории страны. Наибольшей лесистостью территорий в 2011 году обладали Дальневосточный федеральный округ (48 %), Сибирский федеральный округ (54 %), Уральский федеральный округ (38,2 %) и Северо-Западный федеральный округ (52,5 %). К эксплуатационным лесам относится только 70 % площади лесного фонда.

Но несмотря на статистические данные, объем вывозки древесины в России (рис.) значительно меньше, чем в странах, которые уступают ей по лесным ресурсам почти втрое, это страны Северной Америки (отставание вывозки практически в 5 раз). Больше данный показатель в России только по сравнению со Швецией и Финляндией (приблизительно на 20 процентных пунктов), которые имеют в тридцать раз меньше лесных ресурсов (из-за размеров территории) [2].

Исходя из этого можно сказать, что лесотехнический комплекс России, несмотря на огромный потенциал отрасли, до сих пор не занимает достойного места ни в глобальной экономике, ни в национальной. Так, доля России в общем объеме продукции мирового лесопромышленного производства составляет всего около 3 % [3].



Рис. Эффективность использования лесных ресурсов в России и странах с развитой лесной промышленностью

Все эти факты говорят об одном – существует ряд проблем современного лесотехнического комплекса, к решению которых необходимо подойти грамотно и расчетливо, привлекая сторонние организации к выявлению современных потребностей данной отрасли, к решению тех непростых задач, которые ставит перед нами лесохозяйственная промышленность.

Проблемы, требующие немедленного внимания и разработки эффективных стратегий для их решения, следующие:

I. Оптимизация использования ресурсов. Одной из важных проблем современного лесотехнического комплекса является неэффективное использование лесных ресурсов. Нерациональная вырубка леса, неконтролируемые пожары и незаконная рубка приводят к уничтожению лесных массивов и снижению биоразнообразия. Для решения этой проблемы необходима комплексная система контроля и мониторинга, а также образование и привлечение к сотрудничеству общественных организаций, государственных структур и населения.

II. Развитие экологически устойчивых методов лесозаготовки. Второй проблемой, требующей решения, является использование устаревших технологий лесозаготовки, которые наносят значительный вред окружающей среде. Полезные леса страдают от непригодности для использования из-за некачественной заготовки и повреждений. Для решения этой проблемы необходимо разработать и внедрить новые технологии, такие как механизированная заготовка, использование высокоэффективных инструментов и обучение лесорубов современным методам работы.

III. Борьба с лесными болезнями и вредителями. Третья проблема, на которую необходимо обратить пристальное внимание, связана с распространением лесных болезней и вредителей. Неконтролируемая миграция вредных организмов приводит к уничтожению флоры и фауны лесного массива. Для решения этой проблемы необходимо разработать и внедрить систему мониторинга и превентивных мер, таких как использование биологических агентов для борьбы с вредителями и завоз устойчивых к болезням саженцев.

IV. Низкое качество переработки. Еще одной проблемой является низкое качество и эффективность переработки древесины. Многие лесоперерабатывающие предприятия устарели и не соответствуют современным требованиям экологической безопасности и энергоэффективности. Решение данной проблемы заключается в модернизации и реконструкции существующих предприятий, а также в развитии новых технологий и оборудования для лесопереработки.

Кроме того, существует проблема неравномерного распределения лесозаготовительных и перерабатывающих предприятий. Некоторые регионы богаты лесными ресурсами, но не имеют достаточных мощностей по их переработке, в то время как в других регионах наблюдается обратная ситуация. Решение этой проблемы возможно путем развития инфраструктуры и создания новых предприятий в районах с недостаточным уровнем лесопереработки, а также путем привлечения инвестиций и развития кооперации между предприятиями.

Также необходимо отметить проблему загрязнения окружающей среды в результате деятельности лесотехнических предприятий [4]. Сжигание древесины на лесосеках, использование устаревших технологий и оборудования, а также утечки вредных веществ при переработке древесины могут негативно сказываться на состоянии окружающей среды и здоровье населения. Решение этой проблемы заключается в повышении экологической ответственности предприятий, внедрении новых, более безопасных технологий и ужесточении контроля за соблюдением экологических норм и стандартов.

Решением всех вышеперечисленных проблем должно заниматься не только государство, на территории которого произрастают определенные лесные массивы, но и конкретные предприятия, обеспечивающие вырубку и переработку лесных ресурсов.

Важно осознавать тот факт, что лес – это система самовосстанавливающаяся. Со временем запасы ее природных богатств восполняются и могут вполне использоваться в лесной промышленности. Однако этот процесс занимает несколько десятков лет. Бережное отношение к лесу позволит сохранить большие объемы лесных массивов, позволяя им и дальше расширять границы своих территорий. Так можно будет сохранить экологическое здоровье нашей планеты и обеспечить заготовку нужных объемов лесных ресурсов.

Таким образом, речь идет о вертикальной интеграции предприятий лесной индустрии, а это в свою очередь позволит повысить конкурентоспособность и занять лидирующие места на мировом рынке лесного хозяйства.

Литература

1. Сравнительная характеристика лесов по данным глобальной оценки лесных ресурсов 2015. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnaya-harakteristika-lesov-po-dannym-globalnoy-otsenki-lesnyh-resursov-2015/viewer (дата обращения: 17.11.2023). – Текст : электронный.

2. Проблемы лесопромышленного комплекса российской федерации. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36412275 (дата обращения: 17.11.2023). – Текст : электронный.

3. Перспективы лесного комплекса в современной экономике: инновационное развитие. – URL: https://tass.ru/pmef (дата обращения: 17.11.2023). – Текст : электронный.

4. Новые технические решения по снижению негативного воздействия лесопромышленных производств на лесную среду. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/novye-tehnicheskie-resheniya-po-snizheniyu-negativnogo-vozdeystviya-lesopromyshlennyh-proizvodstv-na-lesnuyu-sredu (дата обращения: 17.11.2023). – Текст : электронный.

ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЛЕСОПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

А.Р. Безпалько
Россия, Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет им. С.М. Кирова
г. Санкт-Петербург

Аннотация. В статье рассматривается влияние санкционных ограничений на экономические результаты деятельности лесопользователей, динамика доходов бюджета от лесного сектора, проблемы, влияющие на экономические показатели, и причинно-следственные связи зависимости экономических показателей от сложившейся геополитической ситуации.
Ключевые слова: экономическая организация лесопользования, санкционные ограничения, виды использования лесов, заготовка древесины, себестоимость круглых лесоматериалов, экономические результаты, арендная плата по договору аренды лесного участка, налоговые платежи, влияние проблем на экономические результаты, экономические показатели, цены на лесопродукцию.

Annotation. The article examines the impact of sanctions restrictions on the economic results of forest users, examines the dynamics of budget revenues from the forestry sector, problems affecting economic indicators, and cause-and-effect relationships between economic indicators and the current geopolitical situation.
Keywords: economic organization of forest management, sanctions restrictions, types of forest use, timber harvesting, cost of round timber, economic results, rent under a forest lease agreement, tax payments, impact of problems on economic results, economic indicators, prices for forest products.

Экономическая эффективность организации лесопользования зависит от состояния и развития лесного хозяйства. Традиционно основным видом использования лесов является заготовка древесины. На протяжении последних пяти лет ее доля в общем доходе бюджета от использования лесов колеблется от 62 % до 66 %. Наибольшая доля заготовки древесины производится по заключенным договорам аренды лесных участков. На рисунке 1 представ-

лена динамика объемов заготовки древесины за последние 10 лет. Глобальные вызовы последнего года вернули объем заготовки к показателям десятилетней давности.

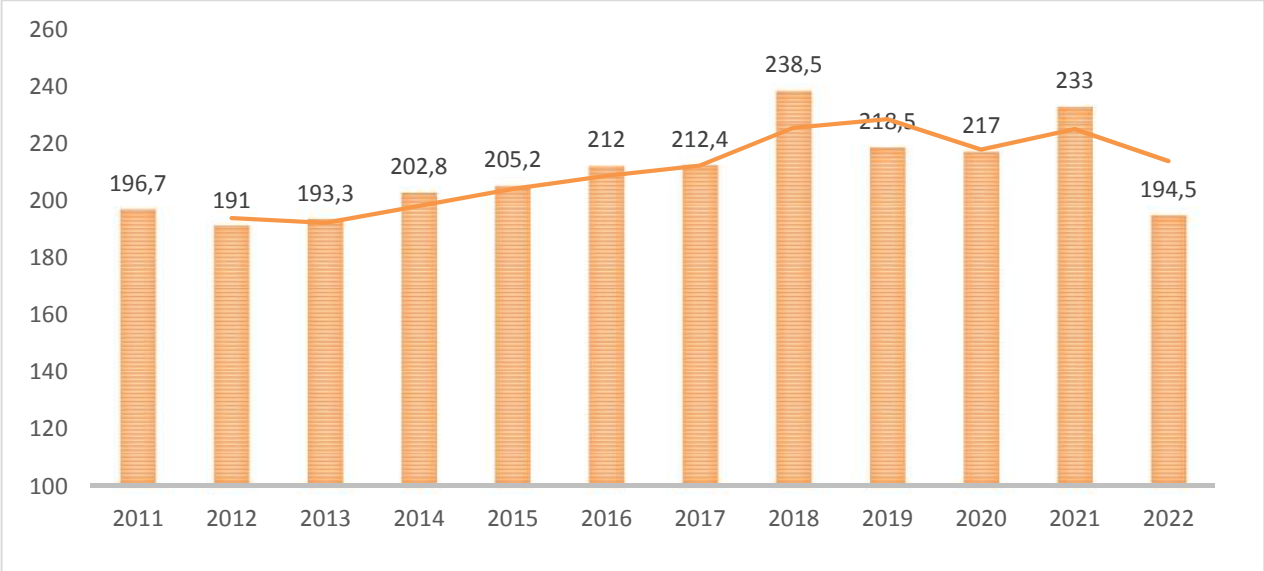


Рис. 1. Объемы заготовки древесины за 2011–2022 гг.
Источник: составлено автором

Обязательным условием стабильного функционирования лесной отрасли является соблюдение баланса интересов собственника леса – государства и лесопользователей – арендаторов лесных участков. Значение соотношения стоимости продукции, дохода и прибыли предприятия с понесенными затратами является индикатором результативности экономической организации производственной деятельности.

Доходы по основным видам использования лесов представлены на рисунке 2.

Динамика доходов за использование лесов имеет тенденцию к росту. За последние пять лет ее рост составил 56,4 %. Однако изменение геополитических условий в 2022 г. привело к снижению доходов, по сравнению с 2021 г., на 2,5 %. Прогнозные показатели на 2023 г. также показывают тренд к снижению доходов. В первую очередь это связано с отказом лесопользователей от права пользования лесными участками и расторжением правоотношений по решению суда. Данные обстоятельства вызваны нарушением экономического баланса коммерческого предприятия, когда себестоимость заготавливаемой лесопродукции ниже предлагаемых установленных рыночных цен в регионе, которые упали в связи с неполной загрузкой перерабатывающих мощностей лесного комплекса. Экономическое положение лесопользователей усугубляется еще и по внутренними причинами, к которым можно отнести незначительную емкость внутреннего рынка лесопродукции и низкую платежеспособность потребителя древесины.

Практика оценки доходности лесного сектора экономики в бюджетную систему РФ не учитывает налоги, сборы и иные платежи лесопромышленного комплекса. В 2022 году на 1 куб. м заготовленной древесины приходится 228 руб. платы за аренду лесных участков с целью заготовки древесины. Лесозаготовительные предприятия формируют лесосырьевое обеспечение перерабатывающих предприятий лесного комплекса, и целесообразно налоговые платежи, уплачиваемые предприятиями лесного сектора также учесть для расчета финансовых вложений в лесную отрасль. На рисунке 3 указана структура и размер налоговых платежей лесного комплекса по отраслям.

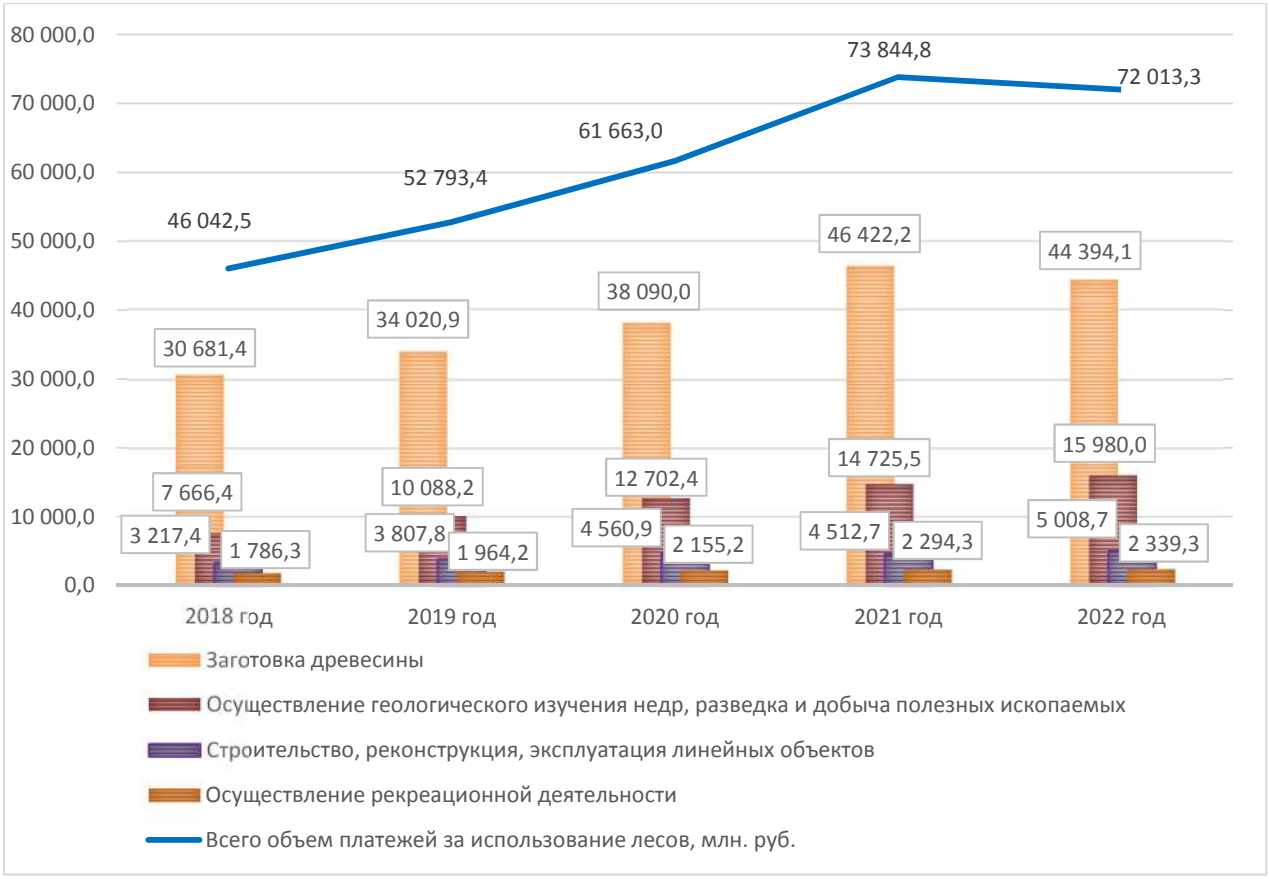


Рис. 2. Доходы по основным видам использования лесов за 2018–2022 гг.
Источник: составлено автором по материалам [1]



Рис. 3. Налоговые платежи предприятий лесного сектора за 2022 г. млн руб.
Источник: составлено автором по материалам [1]

Общий размер налоговых платежей в консолидированный бюджет составил 176 093 млн руб. С учетом этих поступлений финансовый вклад лесной отрасли в экономику страны выше в 4 раза, чем только платежи за использование лесов. И на 1 куб. м заготовленной обезличенной древесины приходится 905 руб. уплаченных налоговых платежей.

Кафедра лесной политики экономики и управления СПБГЛТУ им. С.М. Кирова на протяжении нескольких десятков лет проводит научные исследования в области экономической организации использования и воспроизводства лесов [2]. В течение последних 12 лет рентабельность лесозаготовительных предприятий составляет не более 5 % (рис. 4).

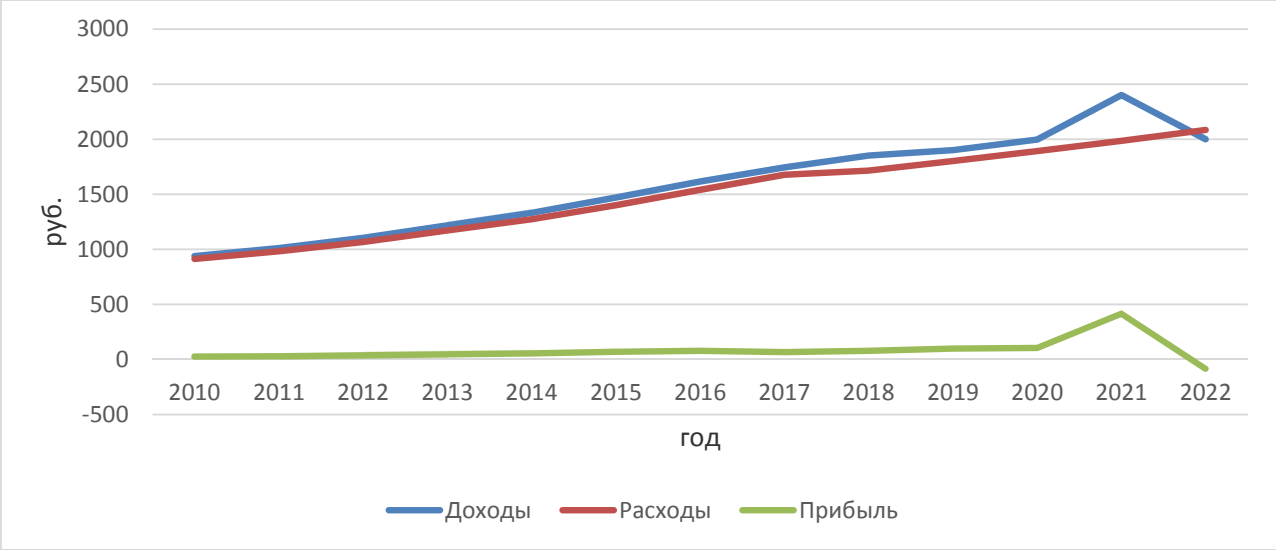


Рис. 4. Динамика экономических показателей лесопользования на 1 м^3 в 2010–2022 годах на примере организации использования лесов Ленинградской области, руб./м^3
Источник: составлено автором по материалам [3, 4]

Можно выделить несколько следующих проблем, оказывающих влияние на экономические показатели лесопользователей.

Увеличение себестоимости заготовки. Себестоимость лесопродукции включает в себя всю совокупность затрат стадий лесозаготовок, в частности затраты на лесосечные работы, затраты на вывозку леса, затраты на перевалочные работы, затраты на нижнескладские работы, затраты на лесохозяйственные работы, а также арендную плату за использование лесов [4]. В условиях санкционных ограничений лесозаготовители сократили объемы заготовок на 20–50 %, что приведет к увеличению себестоимости за счет уплаты арендной платы за фактически не изъятые лесные насаждения.

Немаловажную роль в формировании конечных результатов лесопользователей играют потребители древесины – монополисты, в виде целлюлозно-бумажных комбинатов, которые, понимая сложившуюся ситуацию, предлагают цены, равные или меньше сформированной себестоимости затрат на лесозаготовки. Сложившиеся рыночные цены на круглые лесоматериалы не позволяют эффективно работать лесопользователям даже с минимально возможной прибылью.

Сокращение рынков сбыта лесопродукции. В связи с введением санкционных ограничений произошло резкое снижение рынков сбыта круглых лесоматериалов, связанное не только с отсутствием экспорта в недружественные страны, но и с уходом с внутреннего рынка крупных переработчиков сырья [5].

При попытке развития собственной переработки древесины, предприятия сталкиваются с отсутствием отечественного машиностроения, что также сопряжено с определенными проблемами.

Такое длительное положение в области лесопользования и на лесных рынках может привести к недостижению основной цели лесного бизнеса – получению прибыли. Что автоматически повлечет за собой расторжение договоров аренды, уход капитала из лесного бизнеса.

Сказанное выше позволяет сделать вывод, что необходим переход от статического к динамическому формированию стоимости леса на корню в зависимости от фактического объема заготовленной древесины. Параметр *арендная плата*, который связывает экономически государство и лесной бизнес, должен находиться в прямой зависимости от региональных рыночных цен на круглый лесоматериал.

Литература

1. Мосолова, Н. А. Отдельные аспекты нормативно-правового регулирования платы за использование лесов: презентация к выступлению на 25 Петербургском международном лесопромышленном форуме (Санкт-Петербург, 27 сентября 2023 г.) / Наталья Мосолова. – Санкт-Петербург, 2023.

2. Отчет о научно-исследовательской работе «Анализ затрат на заготовку древесины» – Санкт-Петербург, кафедра лесной политики, экономики и управления СПБГЛТУ. – 2018. – 52 с.

3. Безпалько, А. Р. Себестоимость лесозаготовок и факторы, на нее влияющие / А. Р. Безпалько // Актуальные проблемы развития лесного комплекса : материалы XIX Международной научно-технической конференции (Вологда, 07 декабря 2021 г.) / ответственный редактор С. М. Хамитова. – Вологда : Вологодский государственный университет, 2021. – С. 257–261. – EDN YMSISJ.

4. Безпалько, А. Р. Факторы, влияющие на эффективность деятельности лесозаготовительных предприятий / А. Р. Безпалько // Эффективное управление экономикой: Проблемы и перспективы : сборник трудов III региональной научно практической конференции. – Симферополь, 2018. – С. 172–176.

5. Безпалько, А. Р. Влияние санкционных ограничений на экономические показатели лесопользователей / А. Р. Безпалько // Актуальные проблемы развития лесного комплекса : материалы XX Международной научно-технической конференции (Вологда, 06 декабря 2022 г.) / ответственный редактор Е. А. Иванищева. – Вологда : Вологодский государственный университет, 2022. – С. 5–8. – EDN ZHETYY.

СОХРАНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПРИ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИИ В ТАЕЖНОЙ ЗОНЕ

Публикация подготовлена по результатам исследований, выполненных в рамках государственного задания ФБУ «СевНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований. Регистрационный номер темы: 123030200023-2 «Лесоводственно-экологическая оценка эффективности применения мер по сохранению биологического разнообразия при использовании лесов в таежной зоне»

Д.В. Беляков, С.А. Корчагов, О.А. Конюшатов, С.Е. Грибов
Россия, Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства г. Вологда

Аннотация. Сокращение биологического разнообразия, вызывающее утрату целостности биосферы и ее способность поддерживать важнейшие характеристики среды, а также отсутствие должного опыта применения мер по сохранению биологического разнообразия при лесопользовании определяют актуальность исследования. На основе проведенного исследования оценено видовое разнообразие растений в ключевых биотопах, сохраняемых в ходе лесозаготовительных работ в условиях таежной зоны. Предложены меры по сохранению биологического разнообразия на локальном уровне, включая выделение ключевых биотопов и их буферных зон, как объектов с наибольшей концентрацией видов растений.
Ключевые слова: биологическое разнообразие, лесопользование, стационарные объекты, ключевые биотопы, ядро биотопа, буферная зона биотопа.

Annotation. The reduction of biological diversity, causing the loss of the integrity of the biosphere and its ability to maintain the most important characteristics of the environment, as well as the lack of proper experience in the application of measures for the conservation of biological diversity in forest management, determine the relevance of the study. On the basis of the conducted research, the species diversity of plants in key biotopes preserved during logging operations in the conditions of the taiga zone is estimated. Measures are proposed to preserve biological diversity at the local level, including the allocation of key biotopes and their buffer zones as objects with the highest concentration of plant species.
Keywords: biological diversity, forest management, stationary objects, key biotopes, biotope core, biotope buffer zone.

Биологическое разнообразие – это совокупность всех биологических видов и биотических сообществ, сформированных и формирующихся в разных средах обитания (наземных, почвенных, морских, пресноводных) [1]. Сокращение биоразнообразия занимает особое место среди основных экологических проблем современности. По данным Всемирного союза охраны природы (2000 г.), с 1600 года зарегистрировано исчезновение 484 видов животных и 654 видов растений. В действительности исчезло и находится под угрозой исчезновения в несколько раз больше видов [2]. Дальнейшее сокращение биоразнообразия может вызвать утрату целостности биосферы и ее способности поддерживать важнейшие характеристики среды.

Сохранение биологического разнообразия на различных уровнях (уровень ландшафтов, уровень сообществ, локальный уровень) регламентировано рядом национальных нормативно-правовых актов [3–8]. К числу документов, рассматривающих вопросы выделения и сохранения объектов биологического разнообразия, также следует отнести лесохозяйственные регламенты лесничеств, проекты освоения лесов и технологические карты лесосечных работ. Анализ нормативно-правовой базы в области сохранения биоразнообразия лесов показал, что

в целом современная ситуация в России характеризуется сравнительно развитым законодательством, но существуют определенные проблемы с выполнением утвержденных законов и подзаконных актов. Проведенное нами полевое обследование 46 разрабатываемых лесосек в условиях Вологодской области позволило сделать вывод, что нормативы по сохранению мест обитания редких и исчезающих видов растений и животных нарушаются в 96 % случаев, что является весьма высоким показателем. Как правило, работники лесозаготовительных бригад не ознакомлены с требованиями действующего законодательства в части сохранения объектов биологического разнообразия и не выполняют их на практике [9].

Цель исследования – оценка видового разнообразия растений в ключевых биотопах, сохраняемых в ходе лесозаготовительных работ в условиях таежной зоны.

Методика исследования включала общепринятые лесоводственно-таксационные методы изучения лесов. При полевых работах выполнялась таксация древостоя на постоянных пробных площадях с учетом требований ОСТ 56-69-84 [10], учет подроста и подлеска (по высотной градации и категориям жизнесопособности), описание живого напочвенного покрова (с использованием шкалы Друде). В камеральных условиях на основании полученных полевых материалов выполнялся расчет таксационных показателей древостоя, а также коэффициентов общности (индекс Жаккара) и видового сходства (индекс Серенсена) по числу встречающихся растений [11].

Исследование проведено на стационарных объектах, заложенных в границах таежной зоны (Вологодская область). Стационарные объекты представлены ключевыми биотопами – заболоченными участками леса в бессточном понижении (участок 1 и 4), участками леса вдоль временных водных объектов (участок 2 и 3) и участком леса на окраине болота (участок 5) (табл. 1).

Таблица 1

Реестр стационарных объектов исследования

№ п/п	Наименование стационарного объекта	Наименование ключевого биотопа	Площадь объекта, га
1	«Кубенское»	Заболоченный участок леса в бессточном понижении	1,8
2	«Кубено-Озерский»	Участок леса вдоль временного водного объекта	1,3
3	«Новленское»	Участок леса вдоль временного водного объекта	1,7
4	«Палкино»	Заболоченный участок леса в бессточном понижении	1,5
5	«Ермолино»	Участок леса на окраине болота	0,28

Результаты исследования показали, что число видов в сохраненных ключевых биотопах на всех участках существенно превышает число видов, произрастающих в примыкающем древостое (контроль) и на прилегающей вырубке (табл. 2).

Незначительная величина индекса общности Жаккара, составляющая 0,11–0,26, свидетельствует о том, что исследованные типы ключевых биотопов и примыкающие к ним участки включают небольшое количество общих видов растений, характерных для этих фитоценозов. Индекс видового сходства Серенсена изменяется от 0,20 до 0,57, что свидетельствует о средней степени видового флористического сходства по всем исследованным типам ключевых биотопов в сравнении с примыкающими участками. Полученные результаты объясняются экотонным (краевым или приграничным) эффектом, который заключается в увеличении

видового разнообразия в переходной зоне между двумя биологическими сообществами, где они встречаются и интегрируются.

Таблица 2

Встречаемость видов растений в различных зонах объектов

Тип ключевого биотопа	Количество видов растений		
	Лесосека		Примыкающий древостой (контроль)
	Ключевой биотоп	Вырубка	
Заболоченные участки леса в бессточных понижениях	44	18	22
Участки леса на окраине болота	12	-	9
Участки леса вдоль временного водного объекта	37	23	12

Таким образом, результаты исследования подтверждают более высокий уровень видового разнообразия в сохраненных ключевых биотопах в сравнении с примыкающим древостоем и вырубкой. Это свидетельствует о лесоводственно-экологической и природоохранной ценности исследуемых ключевых биотопов. Наличие значительного количества видов в сохраненных ключевых биотопах в сравнении с прилегающими территориями (вырубка и контроль) подтверждает необходимость сохранения объектов биологического разнообразия в ходе лесозаготовительных работ.

Кроме выделения центральной зоны биотопа (ядро) требуется сохранять его буферную (переходную) зону. Это предложение основано на различиях в показателях встречаемости видов в зоне ядра и буферной зоне (табл. 3).

Таблица 3

Встречаемость видов растений в ядре и буферной зоне ключевых биотопов

Тип ключевого биотопа	Количество видов растений	
	ядро биотопа	буферная зона
Заболоченные участки леса в бессточных понижениях	14	26
Участки леса на окраине болота	8	12
Участки леса вдоль временного водного объекта	15	28

Число видов, произрастающих в буферной зоне превышает число видов, обнаруженных в ядре биотопа. Естественная граница ядра и буферной зоны визуально различима.

Следует также отметить, что виды, занесенные в Красную книгу Российской Федерации [12] и Вологодской области (лобария легочная, неккера перистая и др.) [13], а также редкие для региона древесные растения (клен остролистный, липа мелколистная, дуб черешчатый) обнаружены в буферной зоне ключевого биотопа.

Приведенные выше факты свидетельствует о необходимости выделения ядра ключевого биотопа и буферной зоны вокруг него. Выделение буферной зоны должно осуществляться по естественным ландшафтным границам, при этом ее ширина должна составлять не менее средней высоты растущего древостоя.

Таким образом, результаты проведенного исследования позволяют говорить о необходимости выделения и сохранения ключевых биотопов при проведении лесозаготовительных работ. При выделении ключевых биотопов, кроме ядра, требуется сохранять буферную зону с учетом естественных ландшафтных границ как территорию с наибольшей встречаемостью видов растений.

Литература

1. Лебедева, Н. В. Биологическое разнообразие : учебное пособие для вузов / Н. В. Лебедева, Н. Н. Дроздов, Д. А. Криволуцкий. – Москва : ВЛАДОС, 2004. – 432 с.

2. Национальная Стратегия сохранения биоразнообразия России / Министерство природных ресурсов Российской Федерации. – Москва, 2001. – 75 с.

3. О ратификации Конвенции о биологическом разнообразии : Федеральный закон от 17.02.1995 г. № 16-ФЗ. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15582/ (дата обращения: 08.11.2023). – Текст : электронный.

4. Лесной кодекс Российской Федерации : Федеральный Закон от 04.12.2006 г. № 200-ФЗ (с изменениями и дополнениями вступившим в силу с 01.09.2023 г.). – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/ (дата обращения: 08.11.2023). – Текст : электронный.

5. Об охране окружающей среды : Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ (последняя редакция). – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения: 08.11.2023). – Текст : электронный.

6. Об утверждении Правил заготовки древесины и особенностей заготовки древесины в лесничествах, лесопарках, указанных в статье 23 Лесного кодекса Российской Федерации : Приказ Министерства природных ресурсов РФ от 01.12.2020 г. № 993 (Зарегистрировано в Минюсте России 18.12.2020 № 61553). – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_371476/ (дата обращения: 08.11.2023). – Текст : электронный.

7. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях : Федеральный Закон от 30.12.2001 г. № 195 (редакция от 04.08.2023) (с изменениями и дополнениями, вступившими в силу 01.10.2023). – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34661/ (дата обращения: 08.11.2023). – Текст : электронный.

8. Уголовный кодекс Российской Федерации : Федеральный Закон от 13.06.1996 г. № 63-ФЗ (редакция от 04.08.2023). – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_10699/ (дата обращения: 08.11.2023). – Текст : электронный.

9. Корчагов, С. А. Повышение эффективности лесопользования в таежной зоне Европейской части России / С. А. Корчагов, Н. А. Бабич, И. Н. Лупанова. – Вологда: с. Молочное, Вологодская обл.: Вологодская ГМХА им. Н. В. Верещагина, 2018. – 129 с.

10. ОСТ 56-69-83. Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки. – Москва : ЦБМТлесхоз, 1983. – 59 с.

11. Боголюбов, А. С. Простейшие методы статистической обработки результатов экологических исследований / А. С. Боголюбов. – Москва : Экосистема, 1998. – 13 с.

12. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Министерство природных ресурсов и экологии РФ ; Федеральная служба по надзору в сфере природопользования ; РАН ; Российское ботаническое общество ; МГУ им. М. В. Ломоносова ; Главныя редколлегия: Ю. П. Трутнев [и др.] ; составитель Р. В. Камелин [и др.]. – Москва : Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 855 с.

13. Красная книга Вологодской области. Том 2. Растения и грибы / ответственный редактор Г. Ю. Конечная, Т. А. Суслова. – Вологда : ВГПУ : Русь, 2004. – 360 с.

ИЗУЧЕНИЕ СВЕТОПОТРЕБНОСТИ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД

Ю.Д. Гордиенко, Д.Ю. Гостева
Россия, Российский государственный аграрный университет –
Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева
г. Москва

Аннотация. Рассматривается отношение различных древесных пород к количеству света, необходимого для их роста и развития. Проанализированы факторы, влияющие на светолюбие и теневыносливость древесных пород, включая их географическое положение, время года, возраст, структуру листьев и хвои. Основное внимание уделено классификации древесных растений по их отношению к свету. Рассмотрено влияние освещенности на рост и развитие деревьев, их биоразнообразие и экосистемные функции.
Ключевые слова: экосистема, лес, насаждение, светолюбивые древесные породы, теневыносливые древесные породы.

Annotation. The relationship of various tree species to the amount of light required for their growth and development is considered. The factors influencing the light and shade tolerance of tree species, including their geographical location, season, age, structure of leaves and needles, are analyzed. The main attention is paid to the classification of woody plants according to their relationship to light. The influence of illumination on the growth and development of trees, their biodiversity and ecosystem functions is considered.
Keywords: ecosystem, forest, planting, photophilous tree species, shadow enduring tree species.

Древесные породы – это один из важнейших компонентов лесов и других растительных сообществ. Они играют ключевую роль в обеспечении экосистем кислородом, регулировании климата и сохранении биоразнообразия. Один из ключевых факторов, влияющих на рост и развитие древесных пород, – свет. В данной статье мы рассмотрим отношение древесных пород к этому фактору и его влияние на их рост, развитие и жизнедеятельность.

Лес играет важную роль в распределении света на поверхности Земли. Деревья и растения поглощают часть солнечного света, что приводит к затенению поверхности земли и уменьшению количества света. Это особенно заметно в густых лесах, где солнечные лучи могут быть полностью заблокированы кронами деревьев. Свет является важным источником энергии для роста деревьев и растений. Разные виды деревьев и растений требуют разное количество света для своего роста. В зависимости от типа леса и географического положения, лес может занимать различные позиции по отношению к свету. Так, в тропических лесах деревья могут достигать больших размеров, поскольку получают много света. А в умеренных широтах деревья, такие как хвойные, адаптируются к короткому световому дню и получают свет через более длинные промежутки времени [1].

Почти все излучение Солнца сосредоточено в области 200–4000 нм. Свет – видимая часть солнечной радиации (380–680 нм). Ее называют фотосинтетической активной радиацией (ФАР), так как именно за счет этой части спектра происходят процессы фотосинтеза в зеленых растениях. Она способна приводить в возбужденное состояние молекулы хлорофилла и осуществлять образование органического вещества [2].

Световая обстановка в лесу зависит главным образом от древостоя (состава, возраста, высоты, сомкнутости) и от характера крон (ширины и ажурности). Важное значение имеет время года. Весной, когда нет листвы, к почве проникает больше света, что способствует цветению растений в это период [3].

Важным фактором в жизни леса является продолжительность освещения. Растениям свойствен фотопериодизм, который представляет собой реакцию на соотношение светлого и

темного времени суток, выражающуюся в изменениях роста и развития. Длина светового дня регулирует прохождение фенофаз [1, 4].

Свет влияет и на плодоношение деревьев. Древостой в разреженном состоянии начинает плодоносить гораздо раньше и обильнее, чем в густом. Поэтому лесосеменные плантации регулярно разреживают [5].

Древесные породы делят на светолюбивые и теневыносливые. К типичным гелиофитам относятся лиственница, береза, сосна, осина, к сциогелиофитам – пихта, бук, липа, ель, тис. В верхнем ярусе древостоя часто растут береза или сосна, во втором – ель и пихта. В то же время теневыносливые породы хорошо растут и на свету. Имеются различные аспекты, которые характеризуют разные виды растений в их пластичности по отношению к освещению. Некоторые виды растений являются облигатными светолюбами или тенелюбами, в то время как другие виды способны к адаптации к различным условиям освещенности. Для определения светолюбия или теневыносливости древесных пород можно обратить внимание на внешние признаки листьев и хвои древесных пород. Теневой лист тоньше, он меньше рассечен на доли, у него тоньше эпидермис, меньше столбчатая ткань, слабее жилкование, меньше устьиц, больше концентрация хлорофилла, хвоя – темно-зеленая. Характерные признаки деревьев – густота облиствления, относительная протяженность кроны, сбежистость ствола, толщина коры. У светолюбивых пород кроны ажурнее, весной распускается только часть почек. У теневыносливых пород (ель, пихта) крона низко опущена, а ее протяженность превышает половину высоты дерева, сучья отмирают медленнее, кора тоньше, отношение длины ствола к его диаметру (сбег) больше, чем у светолюбивых [6–7].

Древостои из светолюбивых и теневыносливых пород различаются густотой, сомкнутостью крон, освещенностью под пологом, наличием или отсутствием подроста, подлеска, живого напочвенного покрова. По совокупности внешних признаков составлены шкалы относительной теневыносливости древесных пород. Одна из наиболее распространенных шкал является шкала М.К. Турского. Он расположил древесные породы по мере увеличения теневыносливости следующим образом: лиственница, береза, сосна, осина, ива, дуб, ясень, клен, ольха черная, ильм, сосна крымская, ольха серая, липа, граб, ель, бук, пихта.

При оценке светопотребности древесных растений надо учитывать климатические и почвенные условия, конкуренцию за влагу и питательные вещества, возраст самих растений, а также какой из данных факторов находится в минимуме. Оценка светопотребности должна проводиться отдельно для особей разного возраста, поскольку эта особенность деревьев существенно меняется в онтогенезе. У деревьев толщина листьев и высота их палисадной паренхимы быстро нарастают до определенного возраста, а затем замедляются. Механизм поддержания популяции деревьев включает в себя несколько процессов и методов, направленных на сохранение и увеличение численности деревьев в определенном регионе [8–9].

Наряду со световым режимом большую роль в жизни леса играет конкуренция за воду и элементы питания. Поэтому, разреживая верхний ярус древостоя при рубках ухода, мы не только улучшаем световой режим для нижних ярусов более ценных пород, удлинняем их вегетационный период, но и ослабляем корневую конкуренцию.

К антропогенным факторам светопоступления в лес можно отнести вырубку деревьев, создание дорог и других объектов инфраструктуры, лесные пожары и загрязнение воздуха. Удаление деревьев приводит к увеличению количества света, поступающего на землю. Устройство дорог может уменьшить количество тени, создаваемой деревьями, и увеличить количество света, достигающего земли. Последствиями лесных пожаров является уничтожение древесной растительности, что также увеличивает количество света, достигающего поверхности земли. Ухудшение состояния атмосферного воздуха приводит к уменьшению количества фитомассы деревьев и увеличению количества света, проникающего в лес [6, 10].

Литература

1. Евстигнеев, О. И. Отношение лиственных деревьев к свету и водообеспеченности в связи со структурой леса / О. И. Евстигнеев // Лесоведение. – 1996. – № 6. – С. 26–35.

2. Кузьмичев, В. В. Анализ экологических функций древостоев березы и дуба в условиях урбанизированной среды по материалам долгосрочных наблюдений / В. В. Кузьмичев, А. В. Лебедев, Н. Н. Дубенок // Российская сельскохозяйственная наука. – 2018. – № 5. – С. 29–31.

3. Сучков, Д. К. Видовое разнообразие деревьев и кустарников в защитном лесоразведении аридной зоны / Д. К. Сучков // Промышленность и сельское хозяйство. – 2020. – № 12 (29). – С. 34–39.

4. Таксономический анализ флоры сосудистых растений Лесной опытной дачи Тимирязевской академии / Н. Н. Дубенок, А. В. Лебедев, Г. М. Миронова, В. В. Гостев // Природообустройство. – 2023. – № 1. – С. 108–114.

5. Оценка фитосанитарного состояния ельников заповедника «Кологривский лес» / А. В. Гемонов, А. В. Лебедев, Д. Ю. Сайкова, С. А. Чистяков // Вклад особо охраняемых природных территорий в экологическую устойчивость регионов: Современное состояние и перспективы : материалы II Всероссийской (с международным участием) конференции, приуроченной к 15-летию создания заповедника «Кологривский лес» (Кологрив, 28–29 октября 2021 г.) / Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный природный заповедник «Кологривский лес» имени М.Г. Синицына». – Кологрив : Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный природный заповедник «Кологривский лес» имени М.Г. Синицына». – 2021. – С. 83–93. – EDN IICWDB.

6. Евстигнеев, О. И. Отношение деревьев к свету: онтогенетический аспект : учебное пособие / О. И. Евстигнеев. – Москва : Перо, – 2022. – 36 с.

7. Лебедев, А. В. Таксономическая структура флоры сосудистых растений заповедника «Кологривский лес» / А. В. Лебедев, И. Г. Криницын, В. В. Гостев // Природообустройство. – 2022. – № 3. – С. 115–121.

8. Алексеев, В. А. Световой режим леса / В. А. Алексеев. – Ленинград : Наука, 1975. – 227 с.

9. Лебедев, А. В. Адвентивный компонент флоры Лесной опытной дачи Тимирязевской академии / А. В. Лебедев, В. В. Гостев // Тимирязевский биологический журнал. – 2023. – № 1. – С. 8–14.

10. Волков, С. Н. Влияния древоразрушающих грибов на древостои в ельниках заповедника «Кологривский лес» / С. Н. Волков, А. В. Гемонов, А. В. Лебедев [и др.]. – DOI 10.32935/2221-7312-2021-50-4-35-43 // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2021. – № 4 (50). – С. 35–43. – EDN LFEWTP.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ И РЕКОНСТРУКЦИИ ИСТОРИЧЕСКИХ ПАРКОВ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.П. Громов
Россия, Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет им. С.М. Кирова
г. Санкт-Петербург

Аннотация. В статье рассмотрены актуальные проблемы сохранения исторических парков. Проанализированы ландшафтно-географические особенности усадебно-паркового комплекса «Белогорка» Ленинградской области. Предложено использование инновационных методов исследования для исторической реконструкции парков.
Ключевые слова: исторические парки, ландшафтная археология, инновационные методы, историческая реконструкция, культурное наследие.

Annotation. The article discusses current problems of preserving historical parks. The landscape and geographical features of the Belogorka estate and park complex in the Leningrad region are analyzed. The use of innovative research methods for the historical reconstruction of parks is proposed.
Keywords: historical parks, landscape archeology, innovative methods, historical reconstruction, cultural heritage.

Исторические парки русских дворянских усадеб являются частью огромного исторического наследия страны, значение которых для культуры современной России сложно переоценить. К сожалению, в настоящее время сохранилось менее 5 % усадебно-парковых комплексов, и, если срочно не предпринять комплекс мер по защите дворянских усадеб, мы потеряем целый пласт культурного наследия и национального достояния.

И если в последнее время мы видим массовый интерес к утраченным символам всего русского, который подстегнул изучение разных пластов истории и культуры, в том числе и изучение дворянских усадеб, то исследованию исторических парков внимание практически не уделяется. А между тем исторические парки дворянских усадеб являются образцами отечественного землеустройства того времени и русской садово-парковой культуры.

Если опираться на передовой зарубежный опыт по сохранению исторических парков, мы можем видеть, что даже маленькие парки в Англии достаточно хорошо изучены, каталогизированы и бережно восстановлены. В странах Западной Европы при восстановлении парков главной задачей является сохранение его аутентичности, исторического облика, при котором современные функции парков реализуются в их первоначальных формах.

В России восстановление, сохранение и рациональное использование исторических парков практически не ведется, исключения составляют всемирно известные парадные парки царских резиденций, а также несколько восстановленных дворянских усадебно-парковых комплексов, таких как усадьба Марьино, усадьба Дылицы в Ленинградской области. Но, к сожалению, эти исключения не меняют общей картины угасания ландшафтно-архитектурного наследия нашей страны. Тем не менее, все еще есть возможность возрождения русской садово-парковой архитектуры.

Русские парки имеют ряд характерных отличительных черт, которые определяют актуальные проблемы, связанные с их восстановлением, сохранением и современным использованием.

Исторические парки формируются, перестраиваются и развиваются на протяжении всего своего существования, поэтому ландшафтным реставраторам приходится учитывать эти особенности, чтобы вернуть концепцию парка к первоначальному замыслу или к его

наивысшему расцвету. Исследования ландшафтных архитекторов затрудняются отсутствием достоверных описаний усадебно-парковых комплексов, схем парковой планировки, стилистических особенностей, ботанических каталогов, и чем меньше описательных данных, тем сложнее достичь аутентичности исторического парка.

Так как расцвет дворянских усадебно-парковых комплексов, «золотой век русской усадьбы», приходился на конец XVIII – первую половину XIX века, то к настоящему времени парки претерпели значительные изменения: рельефа, ландшафта, ботанической составляющей. Исследовать эти наслоения изменений парков представляется возможным только с помощью архивных и натурных, в том числе археологических, методов.

Отличительной особенностью русского усадебно-паркового комплекса является его тесная взаимосвязь с природным окружением парка. Дворянские усадьбы располагались в живописнейших уголках, на берегах рек, озер, возвышенностях, и это являлось отправной точкой в планировании парковой зоны.

Уникальным объектом исследования в сфере ландшафтной реставрации является усадьба Белогорка в Гатчинском районе Ленинградской области. Одним из принципов устройства этого усадебно-паркового комплекса стал принцип использования природных особенностей рельефа. Усадьба расположена на высоком правом берегу реки Оредеж. Для предотвращения обрушения берега были установлены укрепляющие подпорные зигзагообразные стены, а на склонах оборудованы террасы, соединенные лестницами. Изюминкой дворянской усадьбы стал великолепный пейзажный парк, образованный из естественного лесного массива (рис. 1).

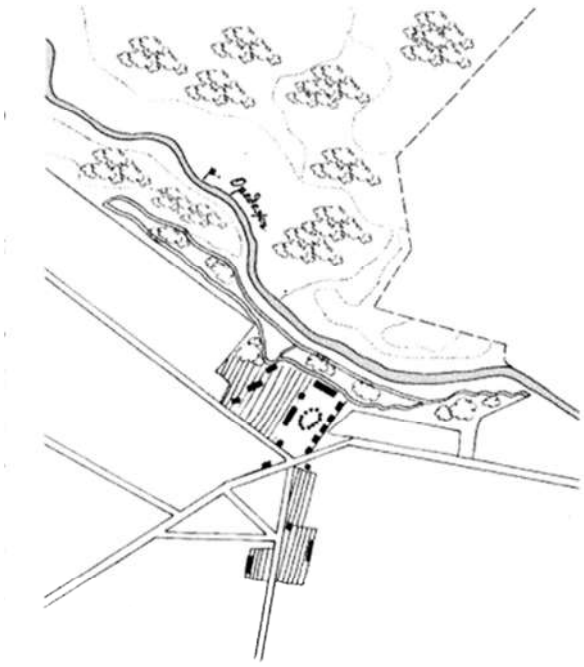


Рис. 1. Схема усадьбы Белогорка, начало XX в.

В послереволюционные годы усадьба Белогорка постепенно ветшала, парк приходил в запустение, усадьба передавалась из рук в руки, несколько раз менялись хозяева. В 2023 году новый собственник стал проводить масштабные реконструктивные работы по восстановлению здания усадьбы. В настоящее время нами ведутся переговоры с собственником усадебно-паркового комплекса по поводу участия в реставрации парковой зоны Белогорки.

В парковой зоне сохранены уникальные липовые аллеи партерного парка, но многие старые насаждения утратили свой декоративный облик вследствие частичного отмирания деревьев, появления самосева малоценных пород, зарастания полян, утрачены террасы на береговой линии (рис. 2). В результате изменилась композиция парковой зоны усадьбы, утрачен первоначальный замысел усадебно-паркового комплекса. Возникает необходимость восстановления исторического облика парка.

При применении современных методов научной ландшафтной реставрации, которые смогут восстановить сложную многогранную композицию парка, усадьба Белогорка может стать наглядным примером уникального отечественного садово-паркового искусства.



Рис. 2. Парк усадьбы Белогорка со стороны реки Оредеж [фото автора, 2023]

В виду того, что дворянские усадьбы довольно часто меняли владельцев, и каждый привносил какие-то изменения, дополнения, возникают объективные трудности в натурном обследовании парковой зоны. Воссоздание аутентичного парка затрудняется при отсутствии первоначального проекта, архивных документов, а временные наслоения ландшафта только усложняют задачу. Определить эти временные наслоения возможно, применяя следующие методы ландшафтной археологии: метод дендрохронологии, позволяющий определить возраст и породы некогда росших деревьев, почвенно-археологический метод, основанный на споро-пыльцевом анализе, и некоторые другие. Ландшафтная археология – это новая научная дисциплина, сформировавшаяся на стыке ландшафтной архитектуры и археологии, играющая первостепенную роль для достоверной реставрации исторических парков.

Также хочется отметить и инновационный метод исследования объектов культурного наследия с помощью аэрофотосъемки и наземного сканирования при помощи беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и передовых технологий, основанных на создании цифровой 3D-модели объекта. Эта модель, созданная с использованием компьютерной и фотограмметрической технологий, позволяет проводить детальный анализ ландшафта без необходимости проведения большого количества натурных работ.

Таким образом, используя современные инновационные методы исследования, можно говорить о создании научной базы для исторической реставрации дворянских усадебно-

парковых комплексов и повышения градуса внимания общественности к проблемам сохранения и восстановления объектов культурного наследия.

Литература

1. Бурлаков, А. В. Записки Гатчинского краеведа. Книга первая / А. В. Бурлаков. – Гатчина : Издательство НЧОУ НПО СПУ им. Дона Боско, 2012. – 239 с.

2. Исаченко, Т. Е. Природно-культурные комплексы старинных усадеб в ландшафтах Санкт-Петербургского региона / Т. Е. Исаченко // Известия русского географического общества. – 2003. – № 135 (2). – С. 1–14.

3. Лучинский, А. А. Сиверская дачная местность по Варшавской железной дороге (переиздание книги 1910 г.) / А. А. Лучинский, Н. В. Никитин. – Гатчина : Издательство АНО ДО «СЦДБ», 2013. – 80 с.

4. Мурашова, Н. В. Усадьба Белогорка / Н. В. Мурашова // Адреса Петербурга. – 2004. – № 15/27. – С. 9–99.

5. Мурашова, Н. В. Сто дворянских усадеб Санкт-Петербургской губернии: исторический справочник / Н. В. Мурашова. – Санкт-Петербург : Выбор, 2005. – 399 с.

6. Пыляев, М. И. Забытое прошлое окрестностей Петербурга / М. И. Пыляев. – Санкт-Петербург : Паритет, 2018. – 528 с.

7. Шуваева, Е. Ю. Особенности формирования дальних усадеб высшей знати на территории Ямбургского уезда Санкт-Петербургской губернии / Е. Ю. Шуваева. – DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-87-96 // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2021. – № 3. – С. 87–96.

8. Шуваева, Е. Ю. Формирование загородной усадебной застройки XVIII – начала XX вв. на примере Гатчинского района Ленинградской области / Е. Ю. Шуваева. – DOI: 10.34031/2071-7318-2019-4-12-85-93 // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2019. – № 12. – С. 85–93.

ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СРЕДЫ ЛЕСОЗАГОТОВКИ В АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННЫХ МОДЕЛЯХ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ (научный проект № 22-28-01940)

[1] С.В. Дианов, [2] Д.С. Дианов
[1]Россия, Вологодский государственный университет
[2]Россия, Вологодский научный центр РАН
г. Вологда

Аннотация. Рассматриваются вопросы создания инструментария, способного дать оценку эффективности решений по формированию пространственной среды производственно-транспортных объектов лесозаготовительного производства. Целью исследования являлась разработка механизмов пространственного отображения объектов в агент-ориентированных моделях лесозаготовительных систем. Авторами представлена концепция формирования моделей, использующая их интеграцию с геоинформационными системами. Она позволяет обеспечить связь параметров объектов дорожных сетей с элементами агент-ориентированных моделей, сформулировать и реализовать механизмы имитации функционирования сети дорог, используемых в процессах лесохозяйственной деятельности.

Ключевые слова: инфраструктура системы лесозаготовки, доступность лесных ресурсов, дорожная сеть, геоинформационные системы, агент-ориентированное моделирование.

Annotation. The issues of creating tools capable of assessing the effectiveness of decisions on the formation of the spatial environment of production and transport logging facilities are considered. The purpose of the study was to develop mechanisms for spatial display of objects in agent-based models of logging systems. The authors present the concept of forming models using their integration with geographic information systems. It allows you to connect the parameters of road network objects with elements of agent-based models, formulate and implement mechanisms for simulating the functioning of a network of roads used in forestry processes.
Keywords: logging system infrastructure, availability of forest resources, road network, geographic information systems, agent-based modeling.

В настоящее время ресурсный потенциал лесных систем в РФ используется в недостаточной степени. Одной из причин такого положения является их затрудненная транспортная доступность, делающая заготовительный процесс в краткосрочной перспективе нерентабельным. Однако, с учетом восстанавливаемости лесных ресурсов, разумно определять инвестиции в систему заготовки с точки зрения долгосрочной перспективы. Данная задача является сложной ввиду необходимости учета множества различных факторов (географических, экологических, природных, технологических, социальных, экономических, организационных), специфичных для разных регионов. Она может иметь множество решений, различных по своей эффективности. В связи с этим разработка инструментария, позволяющего обосновывать экономическую эффективность формирования инфраструктуры лесозаготовительной системы, является актуальной задачей.

Функционирование лесозаготовительного производства обеспечивается комплексом производственно-транспортных объектов, параметры размещения которых, а также их конструктивные и технологические решения определяют затраты на производство лесозаготовок, его эффективность и безопасность [1]. Хорошие дороги обеспечивают ритмичную работу всех звеньев лесозаготовительного производства. Это позволяет в максимальной степени использовать основные фонды и трудовые ресурсы, поднять уровень организации всего лесозаготовительного производства в целом. В результате себестоимость заготовки древесины снижается на 20–80 % [2].

Для определения экономической целесообразности строительства лесовозных дорог следует сопоставить дополнительные капиталовложения с экономией текущих производственных затрат. Эта экономия достигается не только на транспортных операциях. При развитой транспортной инфраструктуре сокращается общее расстояние от лесосек до потребителя, а главное, существенно сокращается расстояние вывозки по лесовозным дорогам, вследствие чего снижаются суммарные транспортные расходы. Таким образом, снижаются затраты на круглые лесоматериалы и, как следствие, на готовую продукцию.

Сеть постоянных лесовозных дорог – необходимое условие для перехода на интенсивное воспроизводство лесов. Однако вопрос о финансовых вложениях в строительство дорог остается дискуссионным [3]. На сегодняшний день существует потребность в инструментарии, который позволит делать прогноз эффективности таких инвестиций. Авторы статьи принимают участие в разработке агент-ориентированных моделей управления лесозаготовками [4]. В перспективе они могут стать одним из значимых инструментов при решении обозначенной задачи.

В текущей концепции моделей в качестве агентов (активные элементы моделируемой системы) выступают лесная техника, а в качестве пассивных условий внешней среды – ряд элементов, включающий в себя: лесные участки, лесные ресурсы, элементы дорожного полотна, склады. Общая схема моделирования определяется следующими положениями:

1. Имеется набор лесных участков на определенной территории. Они характеризуются географическим месторасположением и объемами различных ресурсов (древесных и недревесных). Также имеется существующая транспортная инфраструктура территории. На осно-

вании выше обозначенного необходимо на существующей транспортной инфраструктуре определить точки ответвления для начала формирования сети лесных дорог. Эти дороги должны обеспечить доступ к лесным участкам.

2. Дороги могут состоять из множества различных элементов (участков дорог). Каждый участок дорог характеризуется набором параметров.

3. В зависимости от заданных параметров участков дорог по ним могут передвигаться определенные виды техники. У каждого из них свои задачи и соответствующие числовые метрики и характеристики.

4. При передвижении техника оказывает влияние на параметры участков дорог (изменяются параметры участков). Соответственно, разный вид техники оказывает различную степень воздействия. Здесь также следует учитывать сезонность и климатические условия (осадки, засуха, повышенная влажность и т.п.).

5. Лесная техника перевозит различные ресурсы. Они доставляются для заготовки леса и перемещаются между лесными участками и на места базирования. Техника также может быть использована для доставки запчастей, бригад и др.

С использованием модели можно: оптимизировать транспортные потоки; определять параметры ремонта изношенных дорог; прогнозировать затраты на создание и поддержание лесной инфраструктуры; определять возможный и необходимый объем заготавливаемых ресурсов.

Важное значение в обозначенной концепции имеет качественное представление транспортных сетей в моделях. Они, с одной стороны, должны отображать существующую дорожную сеть, а, с другой стороны, должны предоставлять возможность формировать сеть предполагаемых к построению лесных дорог. Кроме того, необходимо обеспечить связь параметров объектов дорожных сетей с элементами агент-ориентированных моделей. Все это, в конечном счете, обеспечит возможность проведения экспериментов с целью оценки перспектив по использованию предлагаемых решений по формированию лесодорожных сетей. При этом необходимо, отталкиваясь от существующих в системах агент-ориентированного моделирования механизмов реализации пространственных сетей, сформулировать и реализовать механизмы имитации функционирования сети дорог, используемых в процессах лесохозяйственной деятельности.

Многие из существующих агент-ориентированных сред (например, программные среды AnyLogic, NetLogo, GAMA) обеспечивают возможность формирования пространственных сетей за счет интеграции с геоинформационными системами (ГИС). Таким образом, в агент-ориентированных моделях можно использовать информацию по существующей дорожной сети, которую содержат геоинформационные системы. При этом модели представляются более реалистичными и наглядными.

Интеграция обеспечивается за счет сервисов, предоставляемых современными Web-ГИС. К ним относятся тайловые сервисы и сервисы предоставления шейп-файлов. В первом варианте все изображения подготовлены и упакованы в сервис заранее в виде небольших фрагментов карт определенного размера и масштаба (тайлов). Такая организация данных значительно ускоряет работу по отображению картографических данных, обеспечивая поддержание высокой скорости отображения запрошенных участков карты даже при очень большом количестве одновременных обращений к сервису. Шейп-файл – это простой, нетопологический формат для хранения геометрического местоположения и атрибутивной информации географических объектов. Он содержит данные о точках, линиях и полигонах, которые составляют карту ГИС.

Дорожную сеть, полученную из ГИС можно дополнять с использованием имеющихся в агент-ориентированных средах специализированных элементов. К ним, как правило, относятся элементы, позволяющие создавать точечные и полигональные объекты, а также соединять их.

По сформированной таким образом сети могут перемещаться агенты. При этом можно задавать маршрут и скорость их передвижения, а также управлять движением.

В разработанной нами концепции дорожная сеть разбивается на отдельные участки – пути. С каждым путем ассоциируется отдельный агент, который содержит характеристики пути. На текущий момент нами установлены следующие характеристики данного вида агентов: стоимость создания и стоимость содержания – формирующие экономические аспекты использования путей; тип, характеристики грунта, текущее состояние – формирующие физические аспекты использования путей. На физические характеристики путей могут оказывать воздействие (изменять их значения) иные агенты модели. Этим обеспечивается взаимосвязь между дорожной сетью и объектами модели.

Представленная концепция была апробирована при создании моделей лесозаготовительных процессов на территории Бабушкинского муниципального округа Вологодской области. В среде платформы агент-ориентированного моделирования GAMA разработана дорожная сеть для лесозаготовок. В качестве источника картографических данных использовался портал OSM (OpenStreetMap), где можно получить отдельные шейп-файлы автомобильных дорог, лесных дорог и лесных кварталов. Необходимые для модели карты были созданы при помощи инструментария ГИС QGIS, позволяющего загружать, редактировать и просматривать географические данные. Для поиска и отбора необходимых данных использовался плагин QGIS QuickOSM. Он позволяет добавлять результаты поиска в проект в качестве отдельных слоев. На рисунке 1 представлен пример формирования быстрого запроса QuickOSM для получения данных о лесных дорогах Бабушкинского муниципального района Вологодской области: сначала формируется фильтр с указанием набора пар «ключ – значение» (ключ – атрибут элемента ГИС), а затем в проект загружаются все элементы, соответствующие данному набору фильтров.

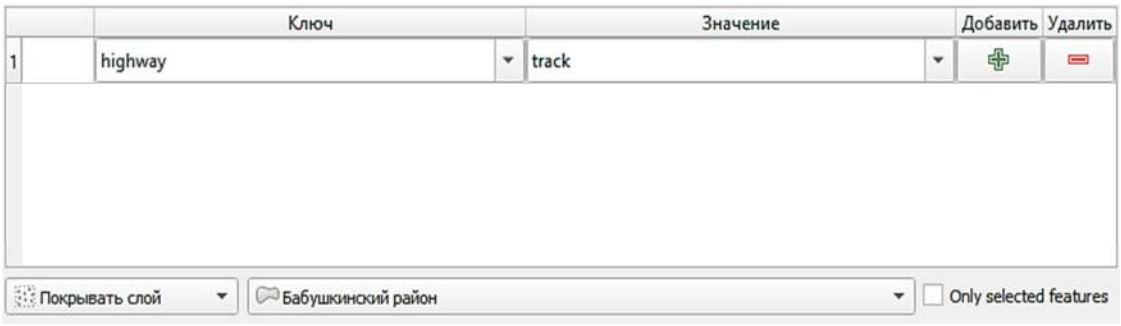


Рис. 1. Инструментарий запросов плагина QuickOSM

Всего было выполнено четыре запроса на получение географических данных Бабушкинского муниципального района по следующим объектам: территории района, территории лесных кварталов, сети автомобильных дорог, сети лесных дорог.

В среде моделирования GAMA были созданы три типа популяций агентов: ForestQuarters – лесные кварталы, ForestRoads – лесные дороги, MainRoads – автомобильные дороги. Также был создан агент верхнего уровня Main, в рамках которого описывалась общая логика моделирования и инициализировались популяции агентов, составляющих разрабатываемую модель.

Инициализация каждой из популяций агентов (в рамках агент Main) проводилась следующим образом:

1. Создается переменная файлового типа, которой присваивается объект, связанный с шейп-файлом.

2. В блоке инициализации (init) при помощи оператора create создается популяция агентов. Квалификатор from позволяет указать файл, на основе которого будут создаваться агенты – указывается файл, созданный в предыдущем пункте.

На рисунке 2 представлен программный код, отражающий перечисленные шаги:

```
global {
    file forestShapeFile <- file("../includes/forest_quarters.shp");
    file mainRoadsShapeFile <- file("../includes/main_roads.shp");
    file forestRoadsShapeFile <- file("../includes/forest_roads.shp");
    geometry shape <- envelope(forestShapeFile);
    init {
        create ForestQuarters from: forestShapeFile;
        create MainRoads from: mainRoadsShapeFile;
        create ForestRoads from: forestRoadsShapeFile;
    }
}
```

Рис. 2. Программный код модели,
отвечающий за создание агентов при помощи шейп-файлов

Помимо внешнего вида, из географических данных агенты получают точные размеры моделируемых объектов, что позволяет разрабатывать более адекватные модели.

На рисунке 3 изображен результат отрисовки агентов при конфигурации эксперимента как графического приложения (experiment main type: gui).

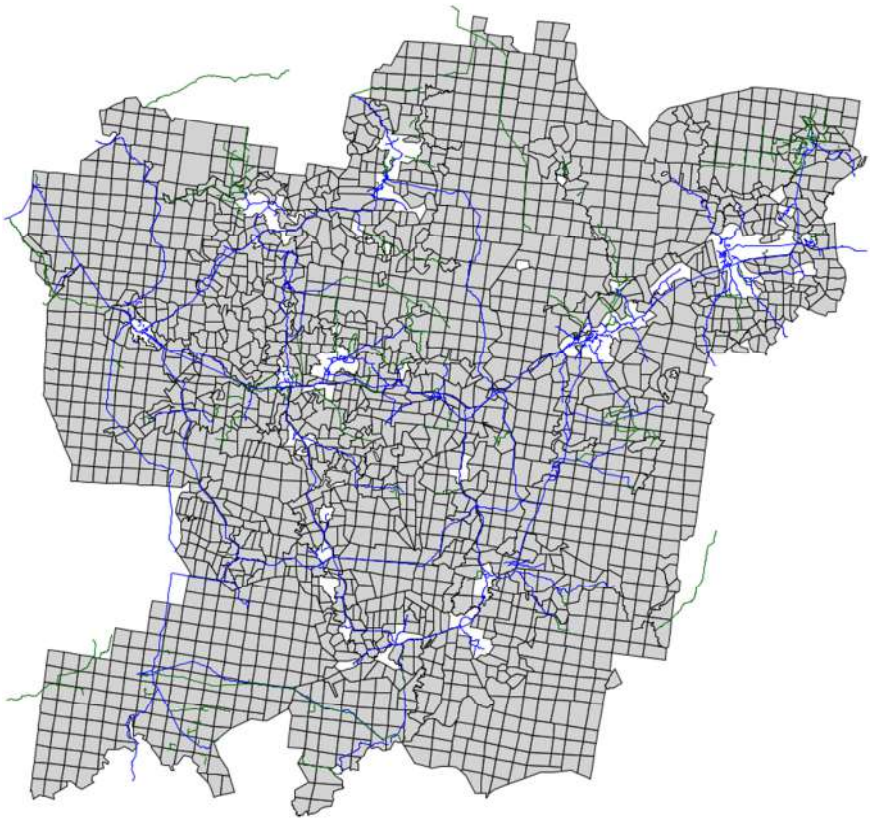


Рис. 3. Внешний вид модели в среде GAMA

Практическая значимость полученных результатов заключается в развитии методологии построения агент-ориентированных моделей, обеспечивающих процессы поддержки принятия решений по формированию пространственной среды производственно-транспортных объектов лесозаготовительного производства.

Литература

1. Данилов, А. Д. Математическое обеспечение системы автоматизированного проектирования объектов производственно-транспортной инфраструктуры лесопромышленного комплекса / А. Д. Данилов, Д. Н. Афоничев, В. С. Петровский. – DOI: https://doi.org/10.12737/3348 // Лесотехнический журнал. – 2014. – № 1. – С. 75–80.

2. Починков, С. В. Рыночная модель лесоуправления: экономические аспекты / С. В. Починков // Лесной журнал. – 2000. – № 1. – С. 26–29.

3. Курьянов, В. К. Обеспечение эффективности освоения экономически доступных лесных ресурсов посредством дорожного строительства в условиях реформирования лесного законодательства / В. К. Курьянов, В. А. Морковин // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2009. – № 1. – С. 330–333.

4. Проблемы агент-ориентированного моделирования формирования эффективной территориальной сети лесных дорог / К. А. Гулин, С. В. Дианов, Д. А. Алферьев, Д. С. Дианов. – DOI 10.15838/esc.2023.1.85.4 // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2023. – Т. 16, № 1. – С. 68–84.

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЙ КЛАССА САНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ КОРЕННЫХ ЛЕСОВ НА ТЕРРИТОРИИ СОКОЛЬСКОГО БОРА НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «РУССКИЙ СЕВЕР»

В.А. Зайцева, Ю.А. Платонова
Россия, Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина
г. Вологда, с. Молочное

Аннотация. За последние годы, привлечение населения к внутреннему туризму сыграло огромную роль в повышении посещаемости особо охраняемых территорий. Однако не всегда после насыщенного наплыва туристов уникальные территории сохраняют свой первозданный вид. Основным показателем негативного влияния на древостои служит класс санитарного состояния насаждений. Чтобы оценить динамику изменений санитарного состояния на территории Сокольского бора национального парка «Русский Север», были обследованы шесть постоянных пробных площадей в наиболее посещаемых местах. Данное исследование позволило вывить негативную тенденцию снижения класса санитарного состояния в период с 2020 по 2023 год.
Ключевые слова: класс санитарного состояния, насаждение, особо охраняемые территории.

Annotation. In recent years, the promotion of domestic tourism has significantly contributed to the surge in visitations to protected areas. Nevertheless, the influx of tourists often compromises the unblemished beauty of the distinct surroundings. The classification of the sanitary status of the plantations is the primary criterion indicating the detrimental effect of tourism on forest areas. To evaluate the changes in sanitary conditions over time, six permanent sample areas were surveyed in the most frequented locations within the Sokolsky Bor region of the Russky Severn National Park. The study revealed a negative trend in the reduction of sanitary condition levels between 2020 and 2023.
Keywords: sanitary condition class, plantation, specially protected areas.

Актуальность исследования обусловлена тем, что в настоящее время значительное внимание уделяется сохранности уникальных природных территорий, которые образуют

особо охраняемые природные территории (ООПТ) различных уровней. В последние годы привлечение населения к внутреннему туризму сыграло огромную роль в повышении посещаемости таких территорий. Однако не всегда после насыщенного наплыва туристов уникальные территории сохраняют свой первозданный вид. По последним данным, на территории Российской Федерации за последний год посещаемость ООПТ выросла на 31 %, а значит, и необходимость контроля за состоянием таких территорий крайне необходима.

На территории национального парка «Русский Север» лесные земли занимают 144,5 тыс. га – 86 %, нелесные земли 23,52 тыс. га – 14 %. Преобладающими типами условий местопроизрастания являются черничные, долгомошные и травяно-болотные типы. Они составляют 64 % покрытой лесом площади. Все хвойные породы, произрастающие в национальном парке, в основном соответствуют занимаемым ими типам условий мест произрастания [1].

Для оценки динамики изменений санитарного состояния на территории Сокольского бора национального парка «Русский Север» были обследованы ранее заложенные шесть постоянных пробных площадей, в местах на которых в течение всего сезона наибольшая посещаемость туристов и местного населения, и определены их таксационные показатели (табл. 1) [2].

Таблица 1

Таксационные показатели пробных площадей

Состав	Средние		Бонитет	$P_{отн.}$	А, лет	Кол-во экземпляров, шт/га
	$Д_{ср}$, см	$Н_{ср}$, м				
1 пробная площадь						
9С1ЕедБ	32,3	24,2	I	0,81	73	659
2 пробная площадь						
10СедЕедБ	26,7	22,7	II	0,90	74	642
3 пробная площадь						
7Е3С	29,5	22,0	II	0,70	83	446
4 пробная площадь						
7С3БедЕ	22,8	22,0	II	0,81	75	632
5 пробная площадь						
8С1Е1Б	23,5	19,7	II	0,81	74	694
6 пробная площадь						
9С1БедЕ	29,6	20,2	II	0,82	74	642

Объектами исследования являются пять участков сосновых древостоев, близких по возрасту и таксационной характеристике, относящихся к зеленомошной группе типов леса, и участок елового насаждения. Все древостои характеризуются как высокополнотные, высокобонитетные, приспевающие [2].

Для качественного определения состояния насаждения на всех пробных площадях проведено обследования санитарного состояния каждого дерева и определен общий балл санитарного состояния для конкретного участка (табл. 2).

Таблица 2

Санитарное состояние насаждений за 2020–2023 год

Год	Категория санитарного состояния					
	1ПП*	2ПП*	3ПП*	4ПП*	5ПП*	6ПП*
2020	2,01	1,34	1,82	2,64	2,53	1,11
2021	2,28	1,80	1,85	2,71	2,50	1,21
2022	2,88	2,10	2,39	3,00	2,98	1,88
2023	2,92	2,15	2,41	3,01	3,09	1,90
*примечание: ПП – пробная площадь						

В период с 2020 по 2023 год наблюдается тенденция снижения класса санитарного состояния насаждений в Сокольском бору. Так, по состоянию на 2023 год класс санитарного состояния первой пробной площади понизился на 45,21 %, второй пробной площади – на 60,44 %, третьей пробной площади – на 32,41 %, четвертой пробной площади – на 14,01 %, пятой пробной площади – на 22,13 % и шестой – на 71,17 %. Таким образом, можно сделать вывод о значительном ухудшении санитарного состояния насаждений на всех пробных площадях в течение четырех лет (рис.).

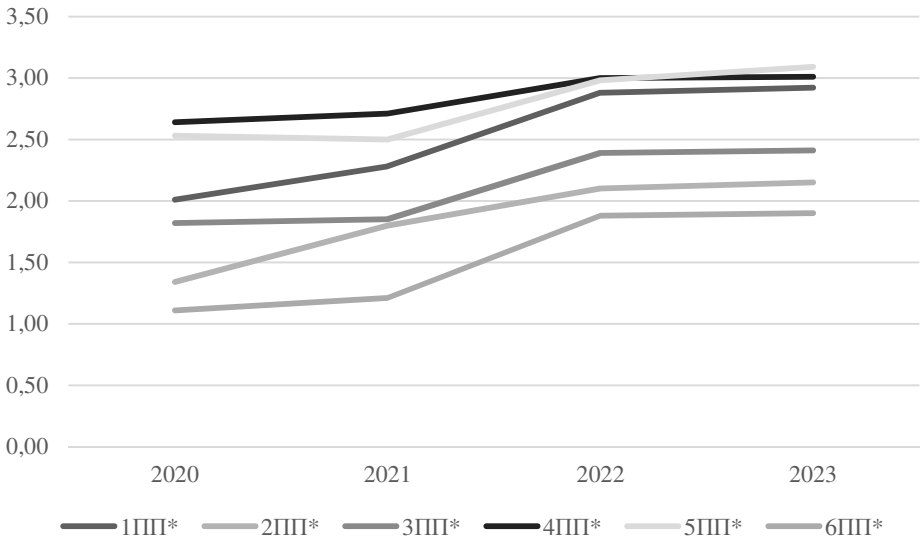


Рис. Динамика изменений класса санитарного состояния насаждений за последние четыре года

Подводя итоги, можно выделить тенденцию снижения класса санитарного состояния на всех пробных площадях в течение каждого года. Стоит отметить, что наименьшее снижение наблюдается на четвертой и пятой пробных площадях и в среднем составляет 18,1 %, а наибольшее – на первой, второй, третьей и шестой пробных площадях и в среднем составляет 52,3 %. Такое понижение обусловлено не только повышенной антропогенной нагрузкой, но и природными факторами. В 2021 году на территории Сокольского бора прошел ураган, который способствовал значительному снижению класса санитарного состояния насаждений.

В свою очередь, данное исследование выявило необходимость принятия мер по защите коренных лесов на территории Сокольского бора в национальном парке «Русский Север». Данного эффекта можно достичь с помощью организации определенных маршрутов посещения ООПТ по типу экологических троп, а также своевременного ухода за лесом.

Литература

1. Маров, Д. А. Оценка санитарного состояния сосновых насаждений в Сокольском бору национального парка «Русский Север» / Д. А. Маров, Л. В. Зарубина // Материалы XIX Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. – УГЛТУ, 2023. – С. 195–199.

2. Зайцева, В. А. Оценка санитарного состояния сосновых древостоев на территории Национального парка «Русский Север» / В. А. Зайцева, Ю. А. Платонова, Л. В. Зарубина // Молодые исследователи агропромышленного и лесного комплексов – регионам. – Вологда; Молочное, 2022. – Т. 3. – С. 216–220.

БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ ПОСТАВКАМИ ЛЕСНОЙ ПРОДУКЦИИ

А.М. Заяц
Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова г. Санкт-Петербург

Аннотация. Рассматриваются особенности применения блокчейн-технологии в управлении поставками лесной продукции. Представлен алгоритм функционирования блокчейн-системы, в котором подробно расписаны процедуры его реализации.
Ключевые слова: блокчейн-система, транзакции, смарт-контракт, алгоритм.

Annotation. The features of the application of blockchain technology in the management of the supply of forest products are considered. The algorithm of functioning of the blockchain system is presented, in which the procedures for its implementation are described in detail.
Keywords: blockchain system, transactions, smart contract, algorithm.

В современных условиях устойчивое управление лесными ресурсами предполагает применение цифровых технологий, связывающих в единый контур большое число разнородных объектов лесоуправления и лесного хозяйства России на основе разработки и применения цифровой экосистемы по всей цепочке создания ценности предприятий лесопромышленного комплекса. Сегодня в рамках Федеральной государственной информационной системы лесного комплекса осуществляется разработка программных средств для ведения государственного лесного реестра в электронном виде и отчасти возможности прослеживаемости оборота древесины [1].

В рамках исполнения поручений Президента России о декриминализации лесного комплекса, направленных на упорядочение использования лесных ресурсов в рамках законодательства РФ, их исполнение перешло в сферу конкретных решений. Так, в некоторых регионах движения древесины – с момента заготовки на делянке до потребителя – можно проследить с помощью электронного сопроводительного документа. Однако такое решение построено на централизованном управлении, осуществляемом одним или несколькими центрами, специально оснащенными выделенными серверами.

При таком управлении все действия, влияющие на целостность, актуальность и достоверность данных, проводятся в центрах, они и ответственны за них, при этом пользователи абсолютно доверяют результатам этих операций и убеждены, что они проведены правильно. Здесь также принимаются решения на одобрение или отказ выполнения транзакций, проведение операций по корректировке и изменению состояния содержимого баз данных.

Состояние деловых отношений во многих отраслях экономики, в том числе и в лесном хозяйстве, характеризуется непрозрачностью, а иногда и запутанностью корпоративных ин-

фокоммуникаций, наличием большого количества иногда не нужных посредников, разнородностью организационных структур, что затрудняет обмен информацией между подразделениями компаний и предприятий.

Учесть эти особенности и не допускать их негативного проявления можно путем размещения и хранения всей полной и актуальной базы на каждом из узлов инфокоммуникационной системы с использованием технологии блокчейн. Она характеризуется отсутствием доверия пользователей (узлов) друг к другу или к центру, предполагая, что центр, администрирующий базу данных, имеет возможность манипулировать данными, нарушая их целостность и искажая размещенную в них информацию.

Блокчейн как информационная система обеспечивает хранение информации в распределенной, децентрализованной, одноранговой базе данных, которая содержит подробную, хронологически структурированную и неизменяемую информацию в виде транзакций или результатов их выполнения с защитой от искажения и потери, с возможностью осуществлять передачу и преобразование данных внутри системы с сохранением их достоверности [2].

Информация в блокчейне не может быть взломана или подделана, и она немедленно становится «доверенной» и, следовательно, принимается любым, у кого есть доступ к сформированной цепочке. Реализация действий в блокчейн-системе осуществляется следующим образом (рис. 1).

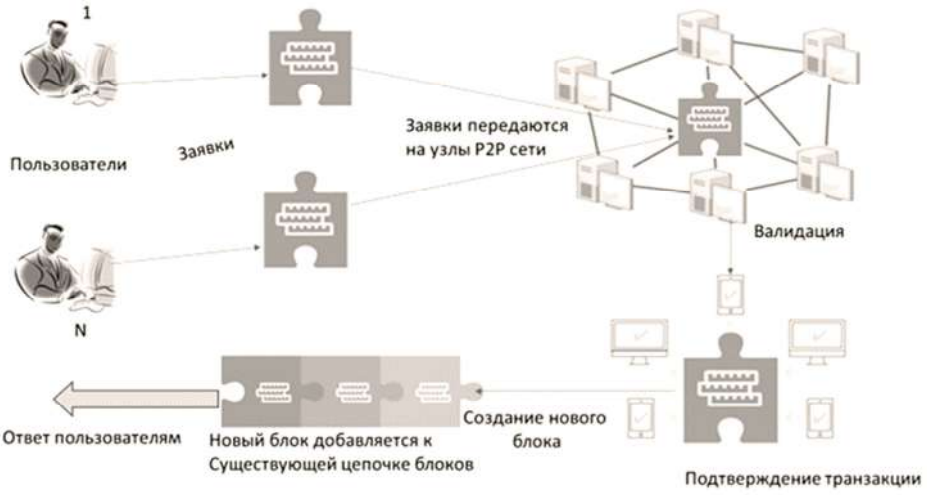


Рис. 1. Схема последовательности действий при формировании и выполнении транзакций в блокчейн-системе

Здесь в децентрализованной одноранговой базе данных содержится хронологически структурированная и неизменяемая информация в виде цепочки блоков, к которой могут добавляться новые блоки по специальной так называемой блокчейн-технологии, реализуемой следующим образом:

1. Пользователи формируют транзакции и отправляют заявки на их выполнение.

2. Запись информации о транзакции формируется в виде блока, и запрошенная операция транзакции передается в сеть на все ее узлы.

3. В узлах производится подтверждение (валидация) транзакции и статуса пользователя путем выполнения соответствующих алгоритмов. Здесь производится проверка правильности структуры блока, времени его создания, совместимости его с предыдущим блоком, а также подписей транзакций и соответствия транзакций данным блокчейна.

4. Подтвержденная транзакция может включать контракты, записи или другую информацию. После валидации, выполненной методом анализа заданных условий применения и оценки соответствия характеристик транзакции необходимым требованиям, формируется

вывод о ее безопасности и возможности исполнения операции, указанной в транзакции. После подтверждения транзакция записывается в новый блок распределенного журнала.

5. Подтвержденная транзакция добавляется в общую цепочку существующих блоков. В новой цепочке блок остается постоянным и неизменным, вычисляется хеш блока, который записывается в следующий блок. Такая последовательность записи хешей в блоках делает невозможным незаметное изменение/удаление блоков или отдельных транзакций из блоков. Таким образом, если транзакция попала в блокчейн, то можно быть уверенным, что ее данные останутся неизменными.

6. Транзакция подтверждается, что она завершена. После этого пользователи могут просмотреть цепочку блоков, проверить правильность исполнения транзакции.

Важным является то, что внести изменения в результат транзакции «задним числом» не получится. Каждый последующий блок связан программным кодом с предыдущим. То есть для того, чтобы попытаться внести изменения в один из них, необходимо поменять всю цепочку. Каждый занесенный в реестр блок останется неизменным в ней навсегда, а каждый последующий усложнит цепочку, тем самым повысив ее безопасность. Содержимое журнала реестра доступно всем участникам в режиме реального времени, что дает возможность проследить весь путь добавленного документа и знать на каком этапе он находится в момент проверки.

Высокое доверие к блокчейну обеспечивается тем, что любые изменения данных в цепочке блоков возможны, только если все участники сети подтверждают легитимность транзакции в соответствии с общими правилами и протоколами, реализуемыми в системе.

Таким образом, ввиду того, что все записи в блокчейне хранятся в виде блоков, связанных между собой специальными ключами, изменить какую-то запись невозможно, так как ключи у блоков не совпадут и цепочка разрушится. Поэтому блоки в блокчейне нельзя удалять и редактировать – можно просмотреть содержимое каждого блока.

Анализ показывает, что внедрение технологии распределенного реестра и так называемых умных (смарт) контрактов улучшит наблюдаемость, фиксацию местоположения и действий в цепочке поставок древесины: лесосеки, склады, комбинаты, пункты таможенного декларирования и вывоза древесины (рис. 2). Технология блокчейн эффективна для упрощения сложных и фрагментированных процессов поставок, подобных тем, которые обычно встречаются в сфере лесной логистики и цепочки поставок.

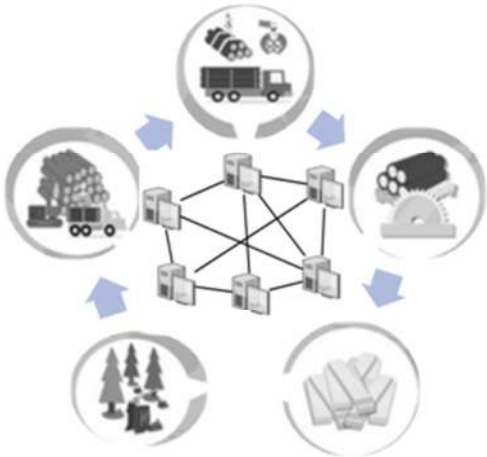


Рис. 2. Цепочка перемещения древесины от стоящего дерева на лесосеке до конкретного потребителя, отражаемая в блокчейн системе

Внедрение технологии блокчейн позволяет проводить электронное отслеживание перемещения древесины от стоящего дерева на лесосеке до конкретного потребителя [3, 4].

Потребитель лесной продукции хочет и имеет право знать, где и как осуществлялась заготовка древесины и ее влияние на окружающую среду, как и кем осуществлялась перевозка древесины, какие технологии использовались для обработки древесины и получения конечного продукта. Эти потребности клиента могут быть успешно удовлетворены с помощью технологии блокчейн. Эта технология позволяет компаниям хранить и передавать информацию об истории продукта с полной прозрачностью.

В лесной логистике блокчейн обеспечивает прозрачность всех документов и транзакций от заготовки древесины на лесной делянке до поступления потребителю готовой продукции в том виде, в котором она была прописана в договоре. Технология блокчейн реализует проверенные транзакции, отслеживает активы и создает прозрачную и эффективную систему для управления всеми документами, участвующими в процессе лесной логистики.

Так как в транзакциях блокчейн-системы прописываются все грузоотправители лесной продукции и перевозчики, а также другие участники цепочки поставок, то здесь можно видеть параметры каждого груза: его маршрут, скорость, документы, а также все внесенные изменения (когда, почему и кем). Это повышает доверие между разными компаниями, которым приходится работать вместе в рамках одной цепочки поставок

Ключевым преимуществом блокчейна является его способность децентрализовано сохранять неизменяемые блоки, в которых может быть записано происхождение лесной продукции, ее месторасположение, маршрут, даты перемещения и другие параметры, отраженные в договоре, с помощью неизменных и защищенных от несанкционированного доступа данных, это повышает прозрачность и наглядность поставок, а также создает новые возможности для привлечения потребителей убедительными и поддающимися проверке описаниями происхождения лесной продукции.

Потребители лесной продукции также могут отслеживать состояние лесных территорий и отдельных логистических процессов по загруженным фотографиям и использовать этот материал для проверки соглашений между участниками. В блокчейне записывается информация от проверенных идентификацией реальных участников. Подлинность запрашивающего производителем груза и всей цепочки поставок подтверждается смарт-контрактами. Блокчейн системы оправданно могут быть использованы для лесного бизнеса с довольно специфической логистикой и управлением цепочкой поставок.

Объем и перечень данных и документов будет определяться в каждом случае отдельно в зависимости от масштаба блокчейн-системы определяемого количеством участников и формируемых транзакций. Данные записываются в блокчейн автоматически, пользователи только дают запросы на создание и запись этих данных. Сама цепочка хранится на компьютерах всех пользователей одновременно, автоматически обновляется и сверяется с другими копиями, чтобы не допустить ошибок и взломов.

Многие данные, такие как дата заготовки лесной продукции, общее количество продаваемого продукта, проверяются. Каждый из грузоотправителей и участников смарт-контрактов проходят процедуру идентификации. Только авторизованные участники и грузоотправители допускаются в смарт-контракты, если соглашение о лесной продукции и ее оплата выполнены, то цепочка переходит к отправке лесной продукции отправителем.

Управление цепочками по определению – это контроль всего производственного потока, от приобретения сырья до доставки конечного продукта/услуги в пункт назначения. В режиме реального времени, лесохозяйственная продукция может быть отслежена и проверена при передвижении от производителя до потребителя.

Вся информация, касающаяся соглашений между идентифицированными участниками, хранится в базе данных, начиная с первичного соглашения о ресурсах, подлежащих продаже производителем. Здесь же заинтересованные стороны могут получить доступ к цене, дате, происхождению, качеству, сертификации, месту назначения и другой информации с помощью блокчейна.

Правильное выполнение всех функций в блокчейн-системе, наряду с ее архитектурными особенностями, во многом зависит от адекватности разработанного алгоритма решения задач [5].

На схеме (рис. 3) отражены возможные состояния блокчейн-системы, взаимосвязи процессов и последовательность событий при реализации поставок лесной продукции от ее производителя до потребителя.

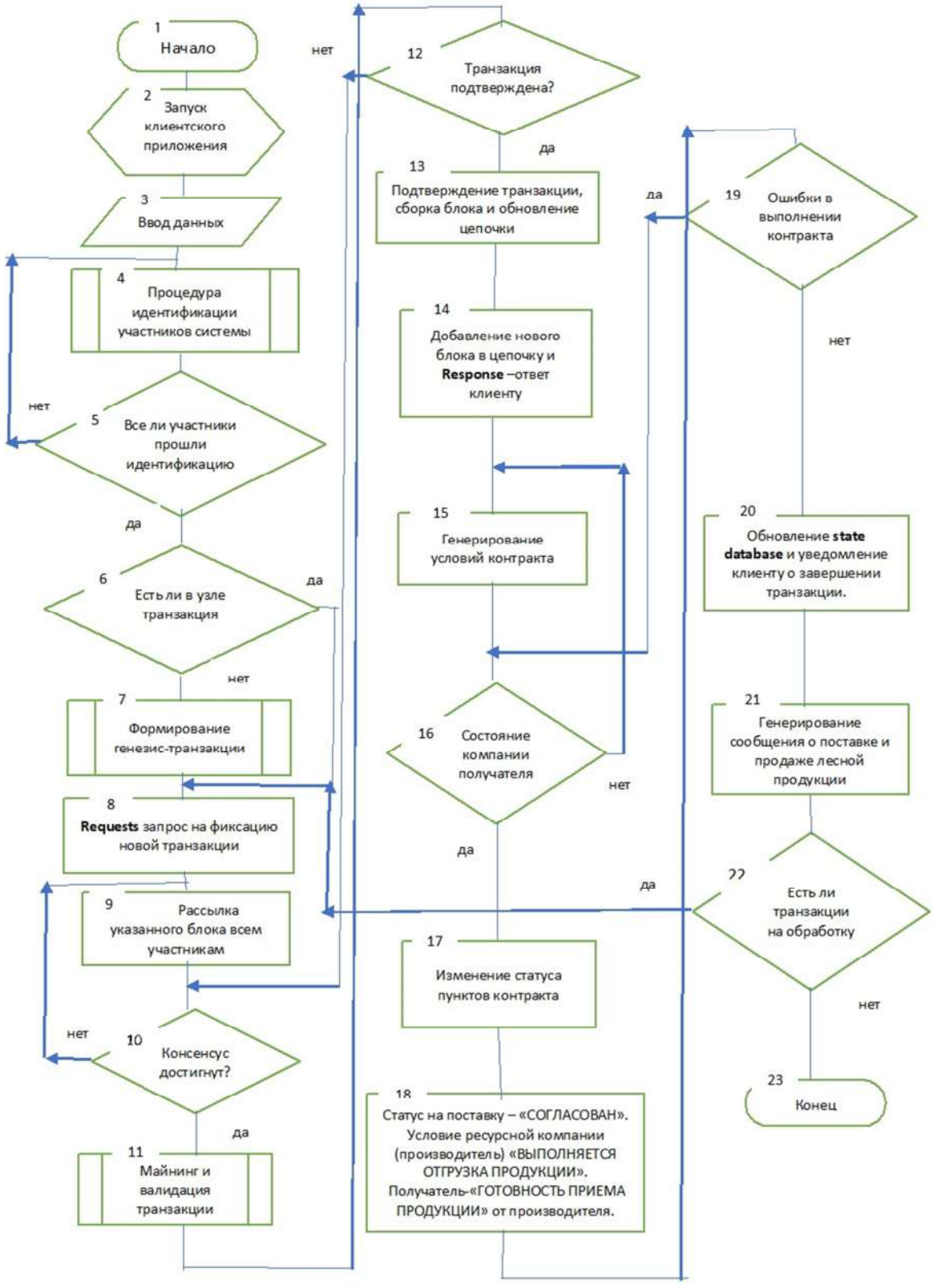


Рис. 3. Схема алгоритма функционирования блокчейн-системы

Началом работы системы является запуск приложения клиента, обеспечивающего его взаимодействие с блокчейн-системой (символ 2). Далее производится ввод данных необходимых для функционирования системы блокчейн при формировании транзакций и блоков (символ 3):

• количество авторизованных производителей и участников приобретения лесной продукции;

• количество узлов блокчейн-сети;

• данные о производителях, грузоотправителе, перевозчике, грузополучателе древесины;

• информация об объеме, виде (породе) и сортиментном составе древесины;

• данные о пунктах отгрузки и прибытия древесины;

• лесничества, целевые назначения лесов, формы рубки, виды рубки, видовой состав древесины, основания предоставления лесных участков, лесохозяйственный регламент, проекты освоения лесов, лесные декларации и т.п.

Набор вводимых данных зависит от различных факторов, в том числе и от характеристик предметной профессиональной области, где будет использоваться блокчейн-система.

До момента отправки транзакции осуществляется идентификация (авторизация) всех участников системы с помощью криптографической процедуры распознавания и обеспечения возможности помещения их новой транзакции в блок с дальнейшей ее обработкой и реализацией в блокчейн-системе (символы 4, 5).

Перед отправкой транзакции в системе проверяется состояние блокчейна в выбранном узле и его готовность принять очередную транзакцию. Если в выбранном узле блокчейн сформирован, то осуществляется непосредственная отправка транзакции в этот узел (символ 6), если отсутствует блокчейн (цепочка), то происходит формирование генезис-транзакции (первой транзакции блока) и она образует начало цепочки в выбранном узле. Блок с генезис-транзакцией имеет индекс 0, previous_hash как 0 и свой хэш. Клиент может оправлять транзакцию в любой узел блокчейна, который выполняет рассмотренные требования (символ 7).

Далее с помощью модуля Requests (Запросы) формируется и отправляется запрос на фиксацию новой транзакции в выбранном блоке, которая помещается в пул базы данных непроверенных транзакций (символ 8). Следующим шагом является распространение информации о транзакции через пиринговую сеть на другие узлы для ее майнинга и подтверждения подлинности.

Транзакции распространяются по сети, пока не попадут на узлы – майнеры, которые выполняют их проверку до тех пор, пока в индексе проверяемого блока будет транзакция, отвечающая всем требованиям консенсуса, который применяется к блокам с целью контроля параметров транзакции на достоверность, корректность и легитимность.

Далее транзакции упаковываются в блоки, которые передаются на каждый из узлов сети. Блок с собранной транзакцией имеет свое начальное состояние (т.е. адресацию и время) и предполагаемое конечное. Алгоритм консенсуса определяет, как выбирается майнер в блокчейне и по каким правилам он формирует блоки (символы 9–13).

Все упомянутые участники, получая данные о предполагаемой транзакции, не только подтверждают корректность начального состояния блока, но и записывают данные о блоке в свою цепочку. Таким образом, нет единого места, где хранится база данных об операциях, она находится на всех узлах. После подтверждения блока участниками подтверждается вся цепочка.

При положительном исходе проверки осуществляется запись результатов в базу данных состояний (state database), и сама транзакция добавляется в пул памяти блокчейна. После чего происходит добавление нового блока в цепочку и объект Response формирует клиенту ответ после добавления новой транзакции в блок (символ 14).

После этих процедур в контракте изменяется статус запроса на поставку лесной продукции на «СОГЛАСОВАН», а условие договора со стороны ресурсной компании (произво-

дитель) изменяется на «ВЫПОЛНЯЕТСЯ ОТГРУЗКА ПРОДУКЦИИ», при этом условие договора со стороны получателя изменено на «ГОТОВНОСТЬ ПРИЕМА ПРОДУКЦИИ» от производителя. В системе генерируется сообщение о поставке и продаже лесной продукции (символы 15–18).

Если в ходе обработки транзакции произошла ошибка в реализации пунктов контракта, то происходит возврат к условиям смарт-контракта и отображается сообщение об ошибке (символ 19).

При успешной реализации договора и пунктов смарт-контракта процедура реализации транзакции завершается, и в системе повторяются рассмотренные ранее действия (символы 20–22).

Если процедура поставок осуществляется в соответствии со схемой алгоритма, где все участники цепочки поставок информируются обо всех изменениях, происходящих в ее реализации, если нет новых изменений, то процесс завершается (символ 23).

Разработанный алгоритм позволяет сделать вывод о том, что технология блокчейн в полной мере реализует функции управления поставками лесной продукции. Используя блокчейн, отрасль может лучше контролировать происхождение древесины, поддерживать законную и ответственную лесозаготовку, а также улучшать отслеживаемость и прозрачность.

Литература

1. Кравченко, П. П. Цифровые технологии в лесной промышленности: перспективы и барьеры / П. П. Кравченко, Д. С. Бурцев. – doi: 10.18334/vinec. 12.2.114874 // Вопросы инновационной экономики. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 1029–1050.

2. Заяц, А. М. Блокчейн – не только Биткоин / А. М. Заяц // Информационные системы и технологии: теория и практика : сборник научных трудов / отв. ред. М. Р. Вагизов. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2023. – Вып. 15. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54255120&pff=1 (дата обращения: 16.11.2023). – Текст : электронный.

3. Морозова, Ю. А. Программные решения блокчейн в логистике и управлении цепями поставок / Ю. А. Морозова // Цифровая экономика. Информационное общество. – 2019. – № 6. – URL: http://www.infosoc.iis.ru/ (дата обращения: 16.11.2023). – Текст : электронный.

4. Сергеев, В. И. Применение инновационной технологии «Блокчейн» в логистике и управлении цепями поставок / В. И. Сергеев, Д. И. Кокурин // Креативная экономика. – 2018. – Т. 12, № 2. – С. 125–140.

5. Заяц, А. М. Блокчейн система лесной логистики и поставок лесной продукции / А. М. Заяц // Информационные системы и технологии: теория и практика : сборник научных трудов / ответственный редактор М. Р. Вагизов. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2023. – Вып. 15. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54255120&pff=1 (дата обращения: 16.11.2023).

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

О.А. Золотова, О.В. Баженова, Е.А. Иванищева, А.Ф. Осолодкина
Россия, Вологодский государственный университет
г. Вологда

Аннотация. В статье на основе научных публикаций и статистических данных проанализированы изменения лесных площадей и показателей, характеризующих количественный и качественный состав лесных ресурсов Вологодской области. Динамика показателей показана в связи с историей лесопользования на фоне зональных характеристик коренных лесов. Динамика лесистости, площади, структуры запасов на протяжении XX века рассмотрены для области в целом. Характеристики лесного фонда, выполненные на основе данных территориальных кадастров и авторских расчетов по динамике показателей в XXI веке, приведены в разрезе округов и районов области.
Ключевые слова: Вологодская область, лесные ресурсы, лесной фонд.

Annotation. The article analyzes changes in forest areas and indicators characterizing the quantitative and qualitative composition of forest resources of the Vologda Oblast on the basis of scientific publications and statistical data. The dynamics of indicators is shown in connection with the history of forest management against the background of zonal characteristics of indigenous forests. The dynamics of forest cover, area, and stock structure during the XX century are considered for the region as a whole. The characteristics of the forest fund, made on the basis of data from territorial cadastres and author's calculations on the dynamics of indicators in the XXI century, are given in the context of districts and districts of the region.
Keywords: Vologda region, forest resources, forest fund.

Современные вологодские леса как ресурс для одной из главных отраслей экономики области имеют свойства, обусловленные зональными условиями произрастания, с одной стороны, и сформированные под влиянием длительной интенсивной эксплуатации лесов, наложившей отпечаток на современный облик лесных сообществ, – с другой стороны. Понимание взаимного влияния этих факторов необходимо для объяснения качества и распространения лесных ресурсов сегодня и грамотного лесопользования, которое не должно привести наше и последующие поколения к их утрате.

Сегодня вологодские леса сильно отличаются от исходных первобытных хвойных лесов и характеризуются преобладанием вторичных хвойно-мелколиственных древостоев. Согласно геоботаническому районированию, леса Вологодской области относятся к средней и южной подзонам тайги евроазиатской хвойно-лесной (таежной) области. Коренной растительностью в регионе являются хвойные леса – ельники и сосняки [8].

Среди хвойных лесов преобладают ельники, представленные повсеместно. Наиболее крупные массивы еловых лесов сосредоточены в пределах Вытегорского района, северной части Бабаевского округа, а также Вашкинского, Вожегодского, Верховажского, Великоустюгского, Никольского округов [2]. Среди ельников преобладают зеленомошные типы леса. Наиболее распространены в области ельники черничные. Довольно редко небольшими участками встречаются ельники брусничные. В южной части области значительное распространение имеют ельники кисличные, небольшими массивами встречаются ельники сложные с примесью широколиственных пород. В понижениях рельефа и на слабодренированных водоразделах распространены ельники долгомошные, болотно-травяные и сфагновые. По долинам небольших рек и ложбинам встречаются ельники травяные с папоротниками и высокотравьем.

Сосняки представлены на всей территории области, но наибольшие их площади находятся в юго-западной части в границах Череповецкого района, Чагодощенского, Устюженского, Кадуйского, Бабаевского округов. Значительные площади сосняков представлены также в Тарногском, Верховажском, Бабушкинском округах. Среди сосняков типичными для региона являются сосняки зеленомошные – черничные и брусничные. В южной части Вологодской области, относящейся к южной подзоне тайги, увеличиваются площади, занятые сосняками-кисличниками. По боровым террасам рек и на песчаных равнинах юго-запада области произрастают сосняки лишайниковые. Довольно широко представлены сфагновые и долгомошные сосняки. В условиях избыточного увлажнения встречаются сосняки приручейно-крупнотравные, болотно-травяные, осоково-сфагновые [2, 8]. На побережье Онежского озера, в долинах рек Северная Двина и Юг выявлены редкие для области сухие дюнные сосняки [9].

В восточных округах области в виде естественной примеси в древостоях долинных достаточно увлажненных еловых, сосново-еловых лесов встречается пихта сибирская, а в сосняках – лиственница сибирская.

Значительная территория Вологодской области занята мелколиственно-хвойными и мелколиственными лесами. Особенно широко распространены мелколиственные леса в староосвоенных южнотаежных ландшафтах, где они сформировались на месте хвойных и хвойно-широколиственных лесов, уничтоженных в ходе хозяйственной деятельности. Среди мелколиственных лесов преобладают березняки, в основном представленные зеленомошными черничными и кисличными типами леса. Леса с преобладанием березы распространены в Вологодском, Грязовецком, Междуреченском, Сокольском, Тотемском и других округах южной части области. Чистые по составу древостоя осинники встречаются небольшими по площади выделами по всей области. Ольшатники обычны на бывших пахотных землях сельхозугодий, на вырубках, в поймах рек. Ивняки встречаются локальными участками в поймах рек, на заболачивающихся вырубках, гарях [2, 8].

В южных округах области в мелколиственных и хвойно-мелколиственных лесах в виде естественной примеси встречаются широколиственные породы – липа, клен, местами вяз и дуб. Элементы южной тайги по известковым почвам заходят довольно далеко на север, но в условиях средней тайги чаще смещены на склоны южной экспозиции и в долины рек [3]. Уникальные для области небольшие массивы вязовых лесов встречаются по правобережью реки Сухоны – урочища Вязы (Тотемский округ), Темный мыс (Вологодский округ). В заказнике «Ванская Лука» в Устюженском округе охраняются леса с участием в древостое дуба [8].

Многовековая история освоения человеком территории современной Вологодской области включает и изменения лесных ландшафтов в связи с разными видами хозяйственной деятельности, и прямое использование леса как ресурса древесины. Анализ истории пользования лесом позволяет сформулировать основные тенденции пространственно-временной трансформации лесных ресурсов Вологодчины.

На первых этапах славянского освоения территории и вплоть до XV–XVI веков освоение лесов было скорее опосредованным, связанным с преобладающими на тот момент видами хозяйственной деятельности. Изначально лесистость территории составляла, по-видимому, практически 100 %. Леса расчищались под пашни и пастбища и использовались в главных промыслах и для строительства городов и крепостей.

Леса с примесью широколиственных пород при сельскохозяйственном освоении уничтожались в первую очередь, так как они занимали лучшие, наиболее плодородные почвы [3]. В середине XVI века при возведении стен Вологодского кремля использовался дуб, довольно широко распространенный в то время в юго-западных районах области. Под влиянием изменений климата ухудшились естественные природные условия произрастания широ-

колиственных пород и, на фоне массовой вырубки, в последующие века дубравы уже не восстановились [10].

Издавна в пределах территории современной Вологодской области существовали три ареала промыслов, связанных с интенсивным использованием лесов. Это два ареала железоделательного промысла на основе болотных руд в окрестностях годов Устюжны и Белоозера, существовавшие задолго до XV–XVI веков и вплоть до XVIII в. Для выплавки железа требовалось большое количество древесного угля, который жгли на месте из вырубленного леса. Аналогичное использование леса было и в очагах развития соляных промыслов в районах современных города Тотьма и села им. Бубушкина в XVI–XVIII веках, где для выпаривания соли из рассолов требовалось большое количество дров [10].

Первое ощутимое воздействие на леса в связи с их непосредственным использованием приходится на Петровскую эпоху, когда началось промышленное освоение лесов. Для развития судостроения вырубались самые лучшие сосновые леса по берегам сплавных рек. Особенно ценились лиственничные корабельные рощи, которые отводились, если на одной десятине леса было не менее 50 пригодных для кораблестроения деревьев (46 штук на гектар). До конца XIX века основной товарной породой была сосна, которую заготавливали для строительства русского флота или для экспорта мачтового леса. Вначале вырубались только самые лучшие сосны, потом – сосны среднего размера. С 1880 года в рубку пошла и крупномерная ель, до этого считавшаяся сорной породой (приводится по: [1]), на которую появился спрос на внутреннем рынке благодаря строительству железных дорог в стране и открытию пароходного движения по водным путям. Преобладали приисковые, а на более поздних этапах подневольно-выборочные рубки, обесценивавшие большие участки лесов за счет извлечения лучших деревьев. В сосново-еловых лесах такие рубки приводили к смене сосны на ель, так как более требовательная к условиям освещения сосна не может возобновляться под тенью ели.

По мере увеличения спроса на хвойную древесину средних размеров стали практиковаться условно-сплошные рубки, при которых на корню оставлялись тонкомерные фаутные хвойные и все лиственные деревья. Такие рубки ухудшали санитарное состояние лесов и также способствовали смене сосны елью.

С 1929 года основными становятся сплошносечные рубки леса, при которых на отведенном участке вырубаются все деревья. Такие рубки предполагали полный сбыт заготовленной древесины и максимальную механизацию лесозаготовок. Однако тогда преимущественно требовалась качественная хвойная древесина, поэтому в рубку поступали наиболее ценные и доступные в транспортном отношении лесные массивы.

В довоенный период заготовка леса велась в основном зимой, а вывозили древесину на лошадях. После войны были созданы крупные механизированные предприятия, работавшие в течение всего года, и в 1950–1955 годах лесозаготовки приняли интенсивный характер. На вырубках уничтожалась лесная подстилка, уплотнялась почва, нарушался водный режим, не всегда оставлялись семенные куртины. Площади таких вырубок заселялись преимущественно лиственными породами, в результате чего началась смена хвойных пород менее ценными лиственными – березой, осиной, ольхой [1].

Сейчас все шире используется агрегатная лесозаготовительная техника и узколесосечные сплошные рубки. Лесовозобновление при таких рубках для повышения качества должно опираться на создание лесных культур, желательно на основе продукции заводов по производству саженцев с закрытой корневой системой.

Наиболее полно и аргументированно оценить изменения лесных ресурсов области можно только за период XX – начало XXI веков, так как сопоставимые данные на более раннее время получить сложно. XX век стал временем наиболее интенсивного использования лесных ресурсов, хотя нужно заметить, что лесистость области в это время хотя и снижалась, но в целом менялась мало, так как леса не только вырубались, но и восстанавливались, в лес-

ной фонд поступали и зарастающие лесом сельскохозяйственные земли. Сведения о лесном фонде показывают что лесистость в 1912 году составляла примерно 80 % и снизилась примерно до 70 % в конце 1980-х – начале 1990-х [6, 10].

Более заметные изменения отмечаются в возрастном и породном составе лесов. В начале XX века доля хвойных древостоев составляла примерно 90 % [6]. В конце 1940-х годов, когда лесозаготовки повсеместно еще не приняли интенсивный характер, доля хвойных пород в составе древостоев составляла около 70 % [6]. В середине 1950-х с началом механизированной круглогодичной заготовки леса, уже фиксируется снижение доли хвойных до 65 % с преобладающим участием ели (табл.).

Таблица

Породный состав лесов Вологодской области, % [3, 6, 7]

Породы	1953 год [3]	1998 год [6]	2019 год [7]
Сосна	24,5	24,2	22,3
Ель	41	30,7	28,6
Береза	28	36,1	37,2
Осина и др. лиственные	6,5	9	11,9

Анализ таблицы показывает, что доля хвойных в древостоях постоянно сокращается и, прежде всего за счет ели, доля сосны сокращается несущественно. На рубеже веков доля хвойных снижается до 50–55 %. В настоящее время доля мелколиственных вплотную приблизилась к 50 %, а преобладающей породой в древостоях уже является береза, доля которой превышает 37 % [5].

Возрастная структура лесов менялась также неутешительно. Еще в середине XX века спелые и перестойные леса преобладали. В конце XX века доля спелых и перестойных уже составляла около 45 % [6].

Общие выводы, которые можно сделать на основе анализа всего опыта лесопользования вплоть до конца XX века, состоят в том, что вся история лесопользования способствовала снижению доли спелых древостоев и смене хвойных на лиственные.

Интенсивное использование лесных ресурсов продолжается и в наступившем столетии. Оценить пространственно-временную трансформацию лесных ресурсов Вологодской области в XXI веке можно более детально благодаря доступности Комплексных территориальных кадастров природных ресурсов, в которых представлена сопоставимая информация. Она, вместе с выполненными на ее основе расчетами, положена в основу нашего анализа. Построенные на основе цифровых показателей карты (рис. 1, 2) дают наглядное представление о состоянии лесного фонда.

Общая площадь лесного фонда на начало 2022 года составила 11 472,4 тыс. га, средняя лесистость по области – 69 %. Размерные показатели лесного фонда напрямую зависят от площади и округов, и районов, и их сельскохозяйственной освоенности. Поэтому в разрезе районов и округов Вологодской области показатель лесистости заметно различается (рис. 1).

Максимальные в области показатели лесистости характерны для юго-восточных округов и составляют 80,2 % в Никольском и 80,5 % в Бабушкинском округах. Достаточно высокая лесистость (от 70 до 80 %) характерна для северной и северо-восточной частей области. Минимальные показатели характерны для центральных и юго-западных, максимально освоенных в сельскохозяйственном отношении и обладающих лучшей транспортной доступностью районах и округах. Самые низкие показатели составляют от 43 до 48 % в Череповецком районе, Устюженском, Вологодском округах.

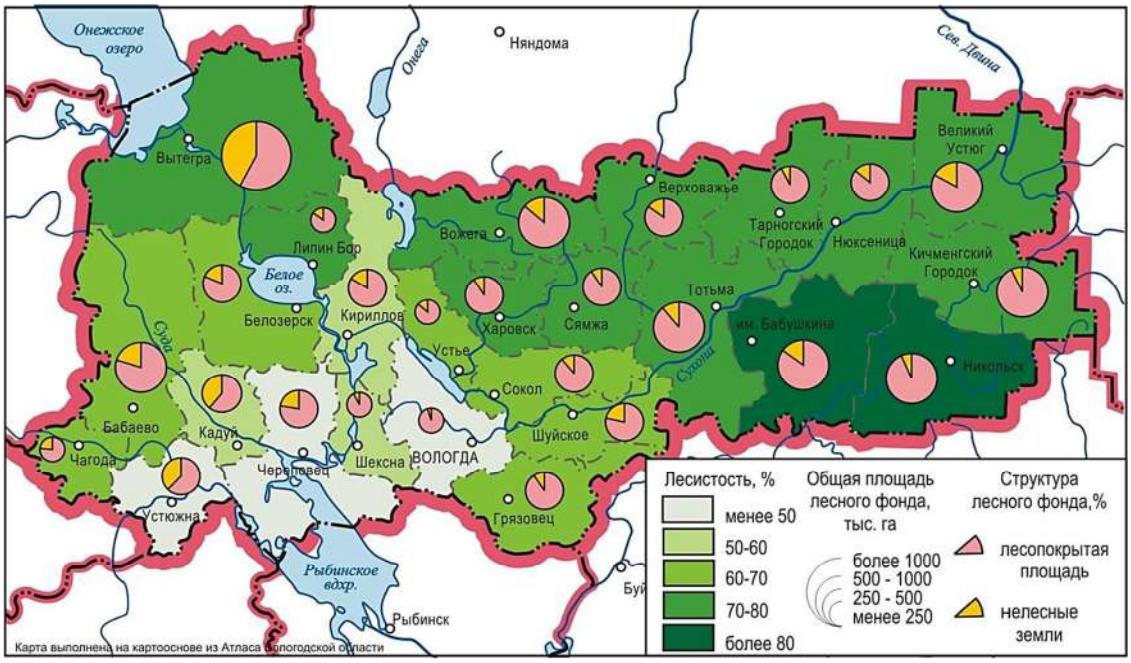


Рис. 1. Размеры и структура лесного фонда Вологодской области (расчитано и построено по [4, 5])

Площадь лесного фонда также различается и максимальные показатели характерны для Вытегорского района (1218,5 тыс. га), Бабаевского (835,5 тыс. га), Тотемского (736,2 тыс. га) округов. При этом доля лесных земель в лесном фонде в большинстве районов и округов составляет более 75 %, но для Бабаевского, Кадуйского и Устюженского округов характерны очень высокие показатели необлесенных площадей (35–39 %), преимущественно в связи с большими площадями болот.

Размеры площади лесного фонда в значительной степени определяют и запасы древесины, которые конечно зависят и от возрастной структуры леса. Общие запасы древесины составляют 1544,8 млн м^3. Максимальные запасы сосредоточены в Вытегорском районе, Тотемском, Бабушкинском, Никольском округах и составляют 130,1 млн м^3, 109,4 млн м^3, 108,7 млн м^3, 101,6 млн м^3 соответственно (рис. 2). В остальных районах и округах показатель запаса варьирует от 23 млн м^3 до 100 млн м^3.

В большинстве районов и округов области преобладают спелые и перестойные древостои, доля их в основном составляет 65–70 %. Но доля хвойных почти нигде не превышает 25 %. Этот показатель выше в лесах Вытегорского района (43,6 %), Вашкинского (43,8 %), Вожегодского (36,7 %), Великоустюгского (42,5 %), Бабаевского (45,3 %), Белозерского (35,8 %), Чагодощенского (40,1 %) округов. Но нигде не достигает 50 %.

В структуре спелых древостоев абсолютно преобладают лиственные (береза). Доля их в среднем по области составляет 30 % (от 19,6 % в Устюженском до 61,6 % в Вологодском и Грязовецком округах). Более 40 % спелые лиственные древостои составляют в Череповецком районе, Нюксенском, Кичменгско-Городецком, Тотемском, Бабушкинском округах. Более 50 % – в Междуреченском, Никольском, Сокольском округах, Шекснинском районе. В целом этот показатель выше в округах и районах, расположенных в подзоне южной тайги.

За исследуемый период общий запас древесины в целом по области и по округам и районам в частности менялся. Но общую тенденцию здесь выявить сложно. Как показывает карта, положительная динамика наблюдается в восточных округах, примыкающих к средней и особенно к нижней Сухоне. Например, в Великоустюгском, Нюксенском и Тарногском округах запас древесины вырос на 20 % и более. В западной части максимальный прирост запасов наблюдается в Шекснинском районе и Чагодощенском округе, но единого сплошного ареала положитель-

ной динамики районы и округа не образуют и чередуются с зонами отрицательной динамики. 14 районов и округов из 26 характеризуются отрицательным приростом запаса древесины. Самая значительная убыль запаса наблюдается в Грязовецком округе.

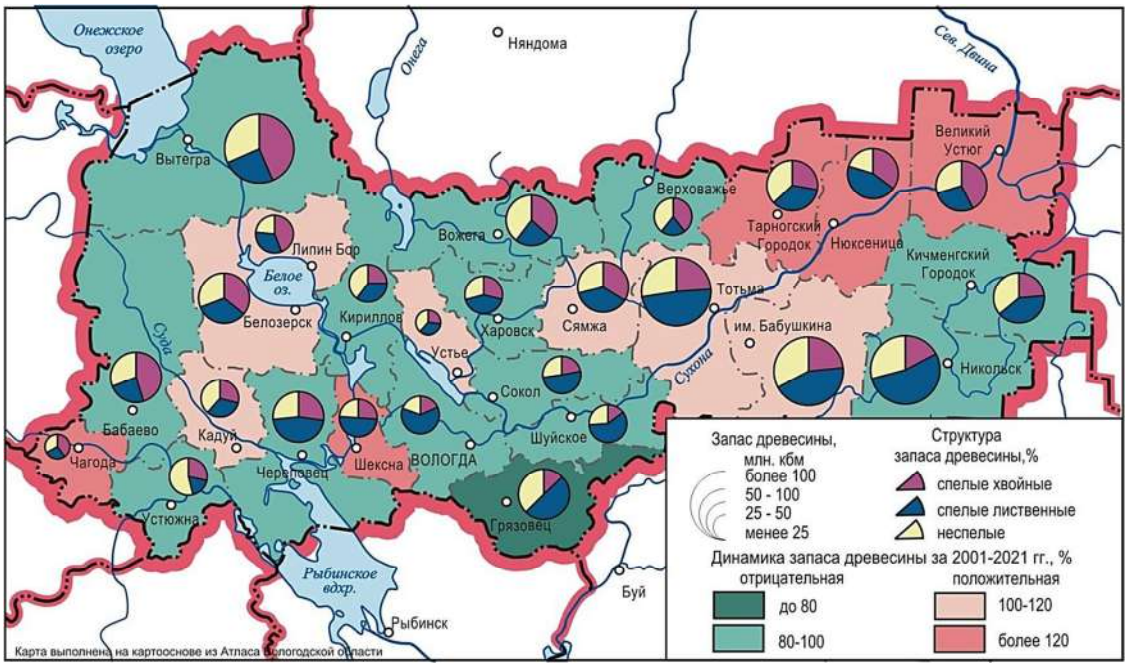


Рис. 2. Объем, структура и динамика запаса древесины в Вологодской области по районам и округам в 2021 году (расчитано и построено по [4, 5])

Проведенный анализ динамики лесных ресурсов Вологодской области позволяет сформулировать следующие выводы:

1. Примерно до середины XIX века масштабное сведение лесов было обусловлено преимущественно сельскохозяйственным освоением, развитием промыслов, использующих дрова и древесный уголь и удовлетворением экспортного спроса. Развитие водного и железнодорожного транспорта и появление спроса на внутреннем рынке страны закрепило преимущественно промышленное использование лесов.

2. Наиболее заметное снижение лесистости произошло еще до начала XX века. В течение XX века лесистость снизилась примерно на 10 %, но произошли наиболее значимые изменения структуры и качества лесных ресурсов. В структуре древостоев снизилась доля спелых и доля хвойных, из которых наиболее заметно снизилась доля ели. По суммарной доле хвойные преобладают, но преобладающей породой является береза, она же преобладает в структуре спелых лесов, особенно в лесах южно-таежной подзоны.

3. Южнотаежные леса претерпели максимальную трансформацию в процессе хозяйственного освоения как на стадии сельскохозяйственного освоения из-за более плодородных почв и лучших агроклиматических условий, так и на стадии промышленного освоения лесов в силу лучшей транспортной доступности и близости к потребителю.

Литература

1. Анишин, П. А. Лесопользование и качество лесного фонда Европейского Севера / П. А. Анишин // Антропогенное преобразование ландшафтов Севера Европейской части СССР : Межвузовский сборник научных трудов. – Вологда, 1990. – С. 3–9.

2. Атлас Вологодской области : учебное пособие / ГОУ ВПО «Вологодский государственый педагогический университет» ; [главный редактор Е. А. Скупинова]. – Санкт-Петербург ; Череповец : ФГУП «Аэрогеодезия» : Порт-Апрель, 2007. – 108 с.

3. Бобровский, Р. В. Растительный покров / Р. В. Бобровский // Природа Вологодской области : сборник статей / под редакцией Ю. Д. Дмитревского, В. М. Малкова. – Вологда : Областная типография, 1957. – С. 210–300.

4. Комплексный территориальный кадастр природных ресурсов Вологодской области. Выпуск 27 (на 01.01. 2022) // Официальный сайт Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Вологодской области. – Вологда, 2022. – URL: https://dpr.gov35.ru/dokumenty/detail.php?ELEMENT_ID=120757 (дата обращения: 19.11.2023). – Текст : электронный.

5. Комплексный территориальный кадастр природных ресурсов Вологодской области. Выпуск 6 / Администрация Вологодской области, Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды. – Вологда, 2001. – С. 32–33.

6. Леса земли Вологодской / Управление лесами Вологодской области [и др.] ; В. И. Антонова [и др.]. – Вологда, 1999. – 294 с.

7. Породный состав насаждений на землях лесного фонда Вологодской области, тыс. га // Официальный сайт Департамента лесного комплекса Вологодской области. – Вологда, 2023. – URL: https://dlk.gov35.ru/vedomstvennaya-informatsiya/statistika/lesnye-resursy-vologodskoy-oblasti/ (дата обращения: 19.11.2023).

8. Природа Вологодской области / [Ю. Н. Белова [и др.] ; главный редактор Г. А. Воробьев] ; Правительство Вологодской области, Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды, Вологодский государственный педагогический университет. – Науч. изд. – Вологда : Вологжанин, 2007. – 434 с.

9. Сохранение ценных природных территорий Северо-Запада России. Анализ репрезентативности сети ООПТ Архангельской, Вологодской, Ленинградской и Мурманской областей, Республики Карелии, Санкт-Петербурга / Г. Александров, К. Кобяков, А. Марковский [и др.]; под редакцией К. Н. Кобякова. – Санкт-Петербург, 2011. – 506 с.

10. Шевелев, Н. Н. Природопользование и экологические проблемы Вологодской области / Н. Н. Шевелев, В. В. Комиссаров ; [под общей редакцией Н. Н. Шевелева]. – Вологда : Русь, 1994. – 94 с.

СРАВНЕНИЕ ПОВРЕЖДЕННОЙ И НЕПОВРЕЖДЕННОЙ ХВОИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ПРИГОРОДНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ МЕТОДОМ ТЕРМОГРАВИМЕТРИИ

Исследование выполнено в рамках Госзадания «Снижение рисков возрастающего воздействия болезней и вредителей на лесные экосистемы в условиях глобальных изменений окружающей среды» № 0287-2021-0011, Рег. НИОКТР № 121031500335-2

Л.К. Казарян, Н.В. Астраханцева, С.Р. Лоскутов
Россия, Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН
г. Красноярск

Аннотация. Загрязнение воздуха в районе крупных промышленных центров оказывает сильное влияние на состояние растительности, ее устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам. Целью данного исследования было определение характеристик поврежденной хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) из пригородной зоны Красноярска методом термогравиметрии. Для сравнения также была отобрана визуально здоровая хвоя сосны обыкновенной. Параметры термической деструкции – потеря массы в неизотермических условиях, скорость потери массы, пиковые температуры, массовая доля термолабильных и термостабильных компонентов хвои – свидетельствуют о ее повреждении. По результатам

деконволюции ДТГ-контуров охарактеризованы изменения полимерной матрицы поврежденной хвои сосны. Энергия активации термической деструкции хвои, рассчитанная по методу Бройдо, указывает на частичную деполимеризацию полимерных компонентов углеводного и фенольного комплексов вещества хвои.
Ключевые слова: *Pinus sylvestris* L., хвоя сосны, повреждения, термогравиметрия.

Annotation. Air pollution around large industrial centers has a strong impact on vegetation and its resistance to biotic and abiotic stresses. The aim of this study was to characterize damaged needles of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) from the suburban area of Krasnoyarsk by thermogravimetry. The visually healthy Scots pine needles were also collected for comparison. Thermal degradation parameters indicative of Scots pine needle damages were determined: mass loss in non-isothermal conditions, mass loss rate, peak temperatures and proportions of thermolabile and thermostable components. Based on the results of DTG deconvolution and the activation energy of thermal degradation, calculated using Broido method, the polymeric matrix of damaged Scots pine needles were characterized.
Keywords: *Pinus sylvestris* L., pine needles, damages, thermogravimetry.

С ростом численности населения мира параллельно растущая индустриальная деятельность приводит к аккумуляции вредных веществ растениями и животными.

При изучении загрязнения пригородных лесов, как правило, изучают реакцию листьев как «ключевого» органа растений. Чаще всего исследования ограничиваются изучением пигментного состава, в нашей работе впервые были исследованы термогравиметрические параметры поврежденной и здоровой хвои. Термогравиметрический анализ – метод исследования физико-химических и химических превращений, происходящих в веществе при изменении температуры. С помощью этого метода обнаруживают тепловую природу, эндо- или экзотермический характер и температурный интервал превращения.

Наиболее часто встречаемые признаки повреждения у взрослых деревьев сосны обыкновенной – пятнистый хлороз (ПХ) и усыхание хвои (УХ) (рис. 1).

Образцы для исследования собирали в начале августа 2022 года в сосняках VI класса возраста, располагающихся северо-восточнее г. Красноярска в направлении основного переноса промышленных выбросов города.



Рис. 1. Образцы хвои сосны (Pinus sylvestris Ledeb.):
1 – контроль (неповрежденная хвоя), 2 – пятнистый хлороз (ПХ),
3 – депигментированная хвоя (ДХ)

Термические характеристики здоровой и поврежденной хвои определяли с помощью аналитической системы ТГ/ДТГ («NETZSCH», ФРГ) в окислительной среде со скоростью нагрева 10 °С·мин$^{-1}$ до 700 °С. Обработка данных термического анализа проводилась с помощью пакета программ «”NETZSCH”, Proteus Thermal Analysis. 4.8.4» [1].

На рисунке 2 представлены термогравиметрические данные экспериментальных образцов.

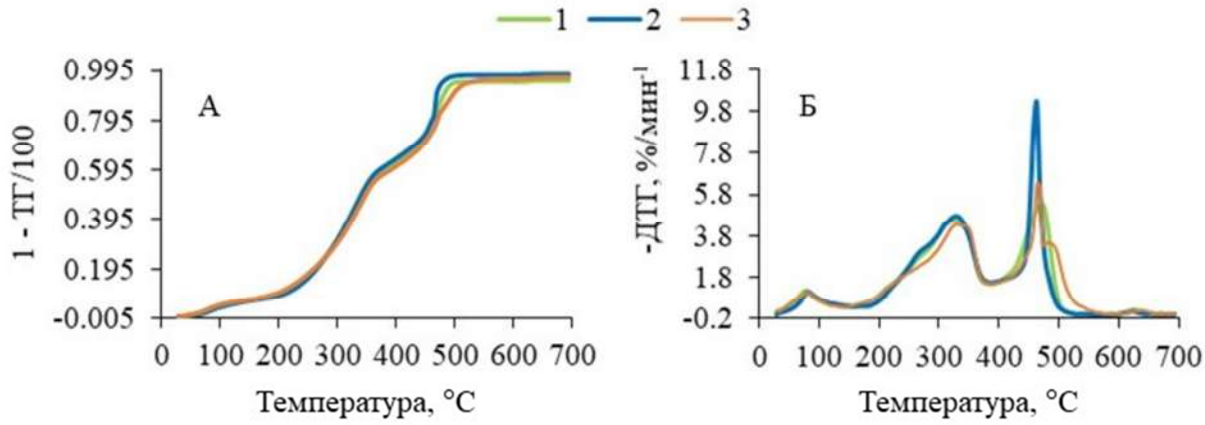


Рис. 2. Результаты термогравиметрии хвои:
А – степень конверсии – α = 1 – ТГ/100; Б – скорость конверсии, равная -ДТГ.
1 – неповрежденная хвоя, 2 – ПХ, 3 – ДХ

На рисунке 3 приведены профили потери массы в процессе неизотермической конверсии образцов. Они дифференцированы как по числу и «протяженности» температурных интервалов, так и по величинам Δ(ТГ), что позволяет дифференцировать и сами образцы.

Существенные различия термодеструкции между контрольным и поврежденными образцами хвои проявляются и на зависимостях ДТГ = *f*(*t*, °С). Эти различия вызваны внешним биотическим и/или техногенным воздействием. В результате изменения химического состава вещества хвои изменяется картина термодеструкции, что приводит к иному, чем для здоровой хвои, наложению (частичному перекрыванию) процессов убыли массы при термодеструкции и виду контуров ДТГ.



Рис. 3. Профили потери массы образцами хвои в термогравиметрическом тесте:
1 – здоровая хвоя, 2 – ПХ, 3 – ДХ; ОМ – остаточная масса

Для определения «содержания» таких контуров, то есть выявления числа «микростадий» термического разложения, отвечающих той или иной группе разлагающихся компонентов образца, эффективными методами являются деконволюция контуров ДТГ с использованием метода сплайн-интерполяции Савицкого – Голея (последовательно по 4 точками

свертки экспериментальных зависимостей) для последующей генерации производных (рис. 4) [2, 3].

Такой анализ дифференциальной термогравиметрии позволяет с большой вероятностью провести отнесение температурных интервалов «микростадий» к термодеструкции тех или иных компонентов анализируемого образца.

На рисунке 4 показаны вторые производные контуров ДТГ окислительной термодеструкции образцов хвои в температурных интервалах испарения влаги (30–120 °С), термического разложения низкомолекулярных веществ и углеводного комплекса, состоящего из гемицеллюлоз и целлюлозы (120–420 °С – группа условно термолабильных компонентов хвои), разложения лигнина, других полифенолов – условно термостабильных компонентов (420–520 °С).

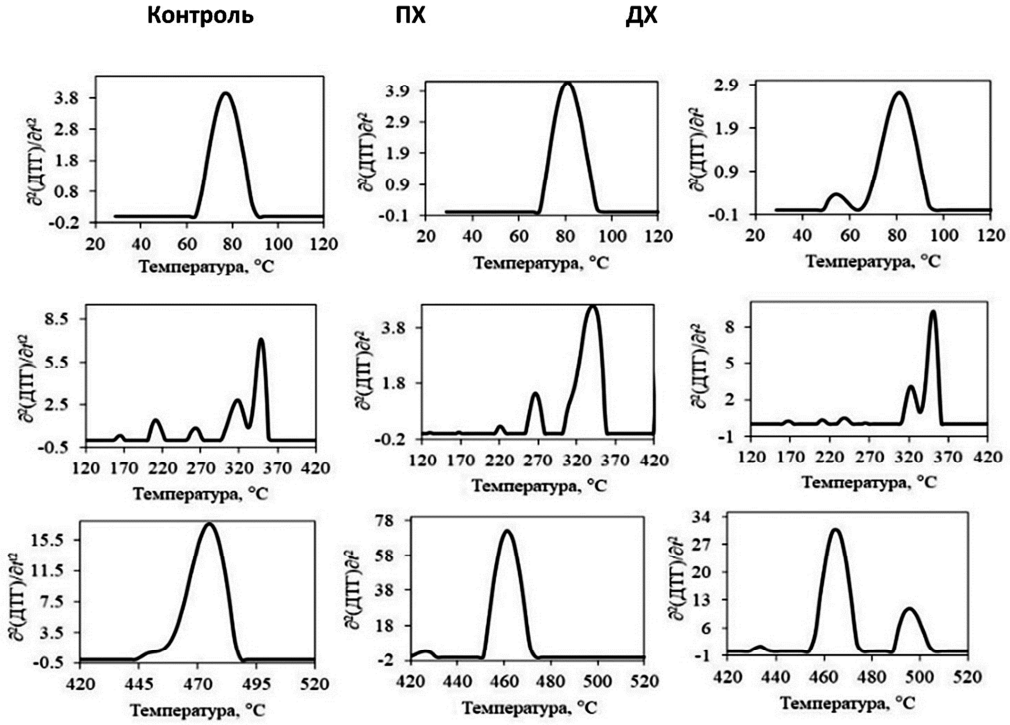


Рис. 4. Вторые производные контуров ДТГ образцов хвои для характеристических интервалов термической деструкции основных групп химического состава

Зависимости $\partial^2(\text{ДТГ})/\partial t^2 = f(t)$ для представленных температурных интервалов термодеструкции контрольного и поврежденных образцов хвои четко свидетельствуют об изменении химического состава УХ и ДХ. Так, при испарении влаги и легколетучих органических веществ температура максимальной скорости убыли массы УХ по сравнению с контролем увеличилась на 5,0 °С. В ДХ зарегистрированы два пика в этом температурном диапазоне, отвечающие фракциям воды с разной энергии связи с веществом хвои – при 68,8 и 78,8 °С (меньше и больше пика контроля – 78,6 °С). Величина скорости убыли массы уменьшилась в среднем на 5,1 %.

Существенные различия протекания термодеструкции поврежденных образцов хвои по сравнению с контрольным обнаружены в температурном диапазоне термического разложения низкомолекулярных веществ и компонентов углеводного комплекса (холоцеллюлозы).

Зависимости $\partial^2(\text{ДТГ})/\partial t^2 = f(t)$ свидетельствуют о заметном изменении количественного и качественного состава низкомолекулярных веществ и трансформации углеводного комплекса, что характеризуется различным числом температурных поддиапазонов «микроста-

дий», изменением интенсивности протекания процесса деструкции в поврежденной хвое, а также увеличением потери массы в этом температурном поддиапазоне на 28,2 % и уменьшением на 35,7 % образцами УХ и ДХ (рис. 3).

В температурном интервале 420–520 °С подвергаются окислительной термодеструкции условно термостабильные компоненты хвои – лигнин и другие высокомолекулярные (конденсированные) полифенолы. Как видно из рисунка 4, температура основного пика варьирует в пределах 12–17 °С. Интенсивность термического разложения в поддиапазоне 450–480 °С ПХ и ДХ увеличивается по сравнению с контролем на 76,0 и 163,8 % соответственно.

Это обстоятельство, а также появление «новых» пиков свидетельствует о существенной трансформации комплекса полимерных (конденсированных) термостабильных веществ фенольной природы хвои под влиянием внешнего воздействия.

Изменение химического состава и структуры вещества полимерной матрицы любого материала приводит, как правило, к изменению параметров кинетики его термической конверсии в условия термогравиметрического теста. Основным кинетическим параметром, позволяющим дифференцировать исследуемые объекты и/или стадии процесса термодеструкции, является кажущаяся энергия активации (E_a), которая может быть рассчитана в данном случае по кинетической модели Бройдо [4, 5]:

$$\ln[-\ln(1-\alpha)] = -\frac{E_a}{RT} + \ln\left(\frac{ART_m^2}{\beta E_a}\right),$$

где α – степень конверсии, E_a – энергия активации, кДж/моль; T – температура (К), R – универсальная газовая постоянная, 8,31 Дж/(К·моль); A – предэкспоненциальный множитель (частотный фактор); β – скорость нагрева, °С/мин; T_m – температура пика ДТГ, К. Из уравнения Бройдо следует, что энергия активации E_a определяется по углу наклона прямой, построенной в координатах $\ln[-\ln(1-\alpha)] versus \frac{1}{T}$.

На рисунке 5 приведены результаты расчета E_a термоокислительной деструкции образцов хвои. Как видно, величина E_a термической конверсии поврежденной хвои заметно отличается от здоровой. В температурном диапазоне деструкции углеводного комплекса ПХ наблюдается сравнительно небольшое изменения E_a (уменьшение на 2,5 %) и существенные для ДХ – уменьшение на 12,5 %. Наиболее выраженные отличия кинетики термодеструкции по E_a поврежденной хвои проявляются в температурном интервале разложения ароматической компоненты (404–444 °С), свидетельствуя о фрагментации полимерного ароматического комплекса хвои: уменьшение величины энергии активации составило 19,3 и 12,0 % для ПХ и ДХ соответственно.

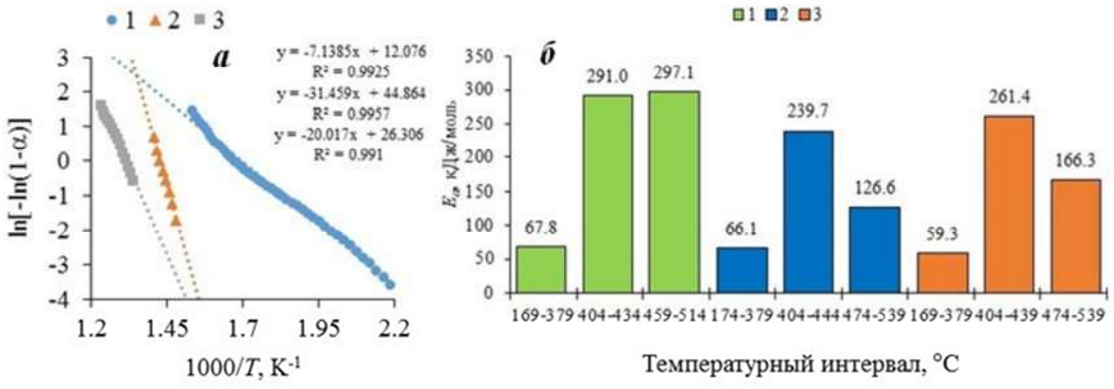


*Рис. 5. Пример графиков Бройдо, построенных по результатам термогравиметрии ДХ (**а**); зависимость энергии активации термического разложения образцов хвои, рассчитанная для идентичных температурных интервалов (**б**): 1 – контроль, 2 – ПХ, 3 – ДХ*

Выводы:

1. Профили потери массы и остаточная масса исследуемых образцов хвои, полученные в термогравиметрическом тесте, объективно и наглядно отражают влияние биотических и техногенных факторов на хвою.

2. Деконволюция контуров ДТГ позволяет установить «микростадийность» термического разложения опытных образцов и охарактеризовать изменения в «спектре» потери массы, связанные с повреждением хвои.

3. Рассчитанные по ТГ-кривым поврежденной хвои значения кажущейся энергии активации окислительной термодеструкции дают представление о степени деградации полимерных компонентов вещества хвои в результате биотического/техногенного повреждения.

Литература

1. Диагностика ранних изменений физико-химических свойств древесины под действием грибных инфекций / С. Р. Лоскутов, О. А. Шапченкова, Е. А. Петрунина [и др.] // Химия растительного сырья. – 2022. – № 2. – С. 61–72.

2. Savitzky, A. Smoothing and Differentiation of Data by Simplified Least Squares Procedures / A. Savitzky, M. J. E. Golay // Analytical chemistry. –1964. –Vol. 36, № 8. – P. 1627–1639.

3. Properties of Savitzky – Golay digital differentiators / J. Luo, K. Ying, P. He, J. Bai // Digital Signal Processing. – 2005. – Vol. 15. – P. 122–136.

4. Broido, A. Sensitive Graphical Method of Treating Thermogravimetric Analysis Data / A. Broido, A. Simple // J. Polym. Sci. –1969. – Vol. 7. – P. 1761–1773.

5. Gao, M. Thermal degradation of wood treated with guanidine compounds in air. Flammability study / M. Gao, C. Sun, K. Zhu. – Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. – 2004. – Vol. 75. – P. 221–232.

СТУПЕНЧАТАЯ ИНТРОДУКЦИЯ КЛЕНА ГИННАЛА (*ACER GINNALA*) НА ЕВРОПЕЙСКИЙ СЕВЕР

Е.Б. Карбасникова, В.В. Суров
Россия, Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина
г. Вологда, с. Молочное

Аннотация. Статья обобщает опыт интродукции клена Гиннала (*Acer ginnala*) в условиях Вологодской агломерации. Приводятся многолетние данные по изучению сезонного развития вида, его репродуктивным свойствам и возможным способам размножения в культуре. Выполнена оценка декоративности на основе десяти показателей, а также перспективности интродукции вида. Клен Гиннала проходит все стадии сезонного развития и образует полноценные семена, что обеспечивает возможность его дальнейшего распространения в условия Европейского Севера. Декоративность древесного растения характеризуется высокими баллами за счет архитектоники кроны, декоративной окраски плодов и листьев в осенний период. По сумме показателей отнесен к группе видов вполне перспективных для интродукции. Даны заключения о степени интродукционного стресса вида в новых условиях произрастания и рекомендации его дальнейшего использования.

Ключевые слова: ступенчатая интродукция, интродукционный стресс, натурализация, сезонное развитие, декоративность, озеленение.

Annotation. The article summarizes the experience of the introduction of the Ginnala maple (*Acer ginnala*) in the conditions of the Vologda agglomeration. Long-term data on the study of the seasonal development of the species, its reproductive properties and possible methods of reproduction in culture are presented. The decorative value was assessed on the basis of ten indicators, as well as the efficiency of the introduction of the species. The Ginnala maple goes through all stages of seasonal development and forms full-fledged seeds, which makes it possible for its further expansion into the conditions of the European North. The decorativeness of a woody plant is characterized by high scores due to the architectonics of the crown, decorative coloring of fruits and leaves in the autumn period. According to the sum of the indicators, it is classified as a group of species that are quite promising for introduction. Conclusions are given on the degree of intro-duced stress of the species in new growing conditions and recommendations for its further use.
Keywords: step-by-step introduction, introduction stress, naturalization, seasonal development.

Проблема повышения биологического разнообразия городских и сельских территорий Европейского Севера стоит достаточно остро в последние десятилетия. В качестве эффективного решения данной проблемы является интродукция дендрофлоры. По материалам исследований [1–3], перспективными видами являются представители дальневосточной флористической области.

Вологодская агломерация отличается умеренно-континентальным климатом. В качестве лимитирующих факторов, отрицательно влияющих на рост интродуцентов и вызывающих интродукционный стресс, можно выделить следующие: неустойчивый характер погоды в зимний период, возврат холодов весной и поздние весенние заморозки, возможность наступления отрицательных температур и появления снега летом, сильные ветра и резкие температурные перепады зимой, выпадение обильных осадков в предзимний период.

Микроклимат города отличается по ряду показателей. Здесь температура воздуха днем выше, чем в пригороде, вечером медленнее происходит его остывание, ниже скорость ветра, раньше наступает таяние снега. В этой связи при интродукции растений в условия Европейского Севера целесообразнее в качестве первой ступени выбирать крупные города, где климат мягче. Таким пунктом является агломерация Вологодская, которая включает в себя 2 городских округа г. Вологда и г. Череповец и 24 муниципальных образования на территории 4 округов: Череповецкого, Шекснинского, Вологодского, Сокольского.

Цель работы – изучить опыт ступенчатой интродукции клена Гиннала (*Acer ginnala*) в условиях агломерации Вологодская.

Для проведения исследований выполнен литературный анализ источников, посвященных интродукции в северные регионы. В качестве методической базы использовались общепринятые методики и стандарты. Материалы обработаны статистическими методами. Сезонный рост изучался на протяжении 10-летнего периода. Декоративность и перспективность интродукции определена для более чем 320 деревьев. Оценка качества семенного материала проведена для 1000 шт. семян.

Клен Гиннала встречается в насаждениях общего пользования в пределах всей изучаемой территории. Этот вид в естественных условиях растет по берегам рек и морским побережьям Дальнего Востока. Имеет форму небольшого деревца, достигающего высоты не более 6 м. Растение довольно компактно, диаметр кроны, не превышает 5 м. Имеет ряд положительных качеств, способствующих его использованию в озеленении: быстро растет (средний прирост 18 см в год), зимостоек (балл I–II), хорошо переносит пересадку, неприхотлив к почвам, толерантен к городским условиям.

Успешность интродукции обеспечивается полнотой прохождения сезонного развития древесной породы, что характерно для изучаемого вида (рис. 1).



Рис. 1. Фенологический спектр клена Гиннала в условиях агломерации Вологодская

Набухание почек наблюдается в среднем в первой декаде мая 3.05±5, при температуре воздуха 9,3±1,0 °С. Примерно через неделю происходит распускание почек (10.05±5) при повышении температуры до 11,6±0,5 °С. Полное облиственение отмечается в последней декаде мая (27.05±5) при среднесуточной температуре 16,0±1,2 °С и сумме эффективных температур 422,3±1,2 °С. Начало и окончание вегетации в значительной степени зависит от суммы положительных температур. Начало периода описывается уравнением линейной регрессии y=3,58+4,34x и имеет высокое значение коэффициента корреляции 0,85. В меньшей степени от накопленного тепла зависит окончание вегетативного цикла развития (коэффициент корреляции 0,61) и линейная регрессия имеет следующий вид y=11,92x-3,59. В уравнениях x – дата наступление фенологической фазы, y – количество накопленного тепла.

Продолжительность вегетационного периода клена Гиннала составляет 156±6 дней, что соответствует требованиям вида в естественных условиях произрастания. Это свидетельствует о том, что интродукционный стресс выражен слабо. В более южных регионах длительность сезонного цикла незначительно выше и находится в пределах статистической ошибки (Москва (159 дней), Минск (161 день)).

Цветение наступает в первой декаде июня (7.06±5) при повышении температуры до 15,2±1,1 °С. Оно длится 19±3 дней и в значительной степени зависит от погодных условий в этот период. Окончание данной фенологический фазы фиксируется 20.06±5 при накоплении тепла 704,3±8,9 °С. Наличие цветения является индикатором успешности натурализации вида. Массовое созревание семян приходится на 23.09±2, плодоношение характеризуется как среднее (балл 3). Образование семян при интродукции свидетельствует о высокой степени натурализации в новых условиях произрастания.

Семена клена Гиннала в пределах агломерации Вологодская имеют следующие биометрические показатели: длина семени находится в пределах 5,0–9,0 мм, толщина 1,0–3,0 мм, ширина 5,0–7,0 мм, объем 18,0–94,0 мм^3. Коэффициент парусности, характеризующий аэродинамические свойства семян, имеет значения в пределах 12,1–15,3 см^2/г и является довольно высоким показателем, обеспечивающим их эффективное распространение.

В лабораторных условиях определена жизнеспособность семян, которая составила 91± 4 %. Масса 1000 шт. 32,1±2,2 г. Колеблется в пределах 20,6–41,0 г в зависимости от года проведения исследования. Лучшим способом предпосевной обработки семян является стратификация при температуре 0–5 °С не менее 2-х месяцев. Прорастание семян в открытом грунте наступает при прогревании почвы 10 °С. Возможно вегетативное размножение, но оно менее эффективно и более трудозатратно. Черенки заготавливают летом, обрабатывают

индигокармином (0,01 % раствор) на протяжении 15 часов. Укореняется в открытом грунте 18–25 % черенков.

Наличие семенного размножения обеспечивает ступенчатость интродукции клена Гиннала в условия Европейского Севера. Полноценные семена станут источником акклиматизированного посадочного материала, позволяющим получить следующее более устойчивое поколение деревьев. В качестве второй ступени могут выступать пригородные лесопарки и насаждения городского каркаса лесов.

Клен Гиннала относится к видам с высокой декоративностью, которая была определена по методике О.С. Залывской (2006) [4]. Она включает 10 основных показателей, учитываемых при формировании городских посадок (рис. 2).



Рис. 2. Декоративность клена Гиннала

Клен Гиннала относится к высокодекоративным видам. Суммарный балл составляет 37. По ряду показателей имеет наивысшее значение. В условиях изучаемого района формирует невысокое дерево с шатровидной кроной. Ствол серый с красивым рисунком коры и красноватыми побегами. Листья трехлопастные темно-зеленые летом и оранжево-красные осенью. Цветы невзрачные. Собранные в метелки. Красивы его плоды-крылатки, зеленые летом и ярко-красные осенью. Отсутствие аромата листьев и цветов несколько снижает показатель декоративности, но не критично.

Степень перспективности вида для интродукции оценивали по методике П.И. Лапина и С.В. Сидневой (1968) [5], учитывающей 7 показателей (рис. 3).

Общая сумма, характеризующая успешность интродукции, составляет 92 балла, что позволяет отнести данный вид к I группе перспективности (вполне перспективный вид).

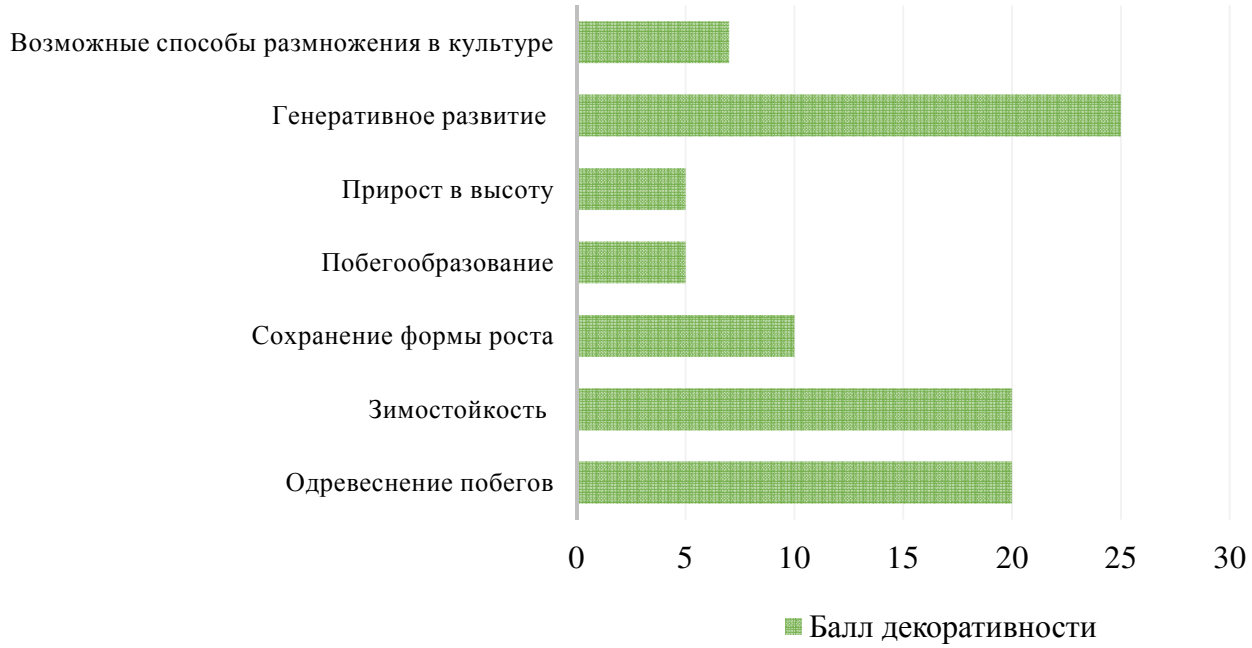


Рис. 3. Показатели успешности интродукции клена Гиннала

Изучение клена Гиннала в условиях агломерации Вологодской позволило установить следующее: вид проходит все стадии сезонного развития, имеет низкую степень интродукционного стресса и высокий показатель натурализации. Наличие полноценных семян дает возможность ступенчатой интродукции данного вида в более северные условия. В пределах изучаемого района перспективность интродукции высокая. Декоративность вида также на значительном уровне, что позволяет рекомендовать клен Гиннала для более широкого внедрения в городские посадки, а крупномерные саженцы, выращенные из семян местного происхождения, должны использоваться для увеличения биологического разнообразия зеленых зон населенных пунктов.

Литература

1. Бабич, Н. А. Интродуценты и экстразональные виды в антропогенной среде (на примере г. Вологды) / Н. А. Бабич, Е. Б. Карбасникова, И. С. Долинская. – Архангельск : САФУ, 2012. – 184 с.

2. Бабич, Н. А. Натурализация видов дендрофлоры в условиях интродукционного стресса : монография / Н. А. Бабич, Е. Б. Карбасникова. – Архангельск, 2022. – 262 с.

3. Карбасникова, Е. Б. Рекомендации по ассортименту древесных и кустарниковых растений для озеленения промышленных городов Вологодской агломерации / Е. Б. Карбасникова, Н. А. Бабич. – Архангельск : САФУ, 2021. – 60 с.

4. Залывская, О. С. Интродукция древесной и кустарниковой флоры в условиях Европейского Севера (на примере г. Северодвинска) : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / О. С. Залывская. – Архангельск, 2006. – 23 с.

5. Лапин, П. И. Определение перспективности растений для интродукции по данным фенологии / П. И. Лапин, С. В. Сиднева // Бюллетень ГБС. – 1968. – Вып. 69. – С. 14–21.

МИКРОКЛИМАТ ДЕНДРОЛОГИЧЕСКОГО САДА ИМЕНИ И.М. СТРАТОНОВИЧА

А.А. Кирьянова, К.П. Размыслова, И.А. Попкова
Россия, Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова
г. Архангельск

Аннотация. В настоящей статье измерены освещенность, влажность, скорость ветра, температура почвы для изучения микроклимата дендрологического сада имени И.М. Стратоновича, расположенного в городе Архангельске. Цель работы – изучение элементов микроклимата дендросада и влияние на них биотических и абиотических факторов. Проведен сравнительный анализ городского микроклимата с микроклиматом сада, выявлены и установлены основные отличия. На участках с высокой плотностью насаждений самая высокая влажность воздуха, температура воздуха ниже на 2,6 °С, чем на открытых участках городской территории. Наибольший эффект изменения температуры воздуха и почвы наблюдается в полдень, затем происходит его снижение. Абсолютная влажность воздуха между парковым и открытым пространствами в течение дня не изменяется.
Ключевые слова: микролимат, влажность воздуха, освещенность, температуры почвы.

Annotation. In this article were measured to study the microclimate parameters of the dendrological garden named after Stratonovich: illumination, humidity, wind speed, and soil temperature. This dendrological garden is located in the Arkhangelsk. A comparative analysis of the urban microclimate with the microclimate of the garden was carried out, the main differences were identified and established. Areas with a high density of plantings have the highest humidity, the air temperature is 2.6 °C lower, than in open areas of urban territory. The greatest effect of changes in air and soil temperature is observed at noon, then it decreases. The absolute humidity of the air between the park and the spaces without vegetstions does not change during the day.
Keywords: microclimate, air humidity, illumination, soil temperatures.

Микроклимат сада зависит от нескольких факторов, включая географическое расположение, климатические условия, растительный покров и местные особенности. Местоположение сада может определить тип климата, сезонные изменения и особенности погоды. Интродуценты в саду оказывают существенное влияние на микроклимат – деревья создают тень и охлаждают окружающую среду, а также уменьшают скорость ветра. Направление, в котором сад обращен к солнцу, может влиять на микроклимат. Сады, обращенные на юг, могут получать больше солнечного света и тепла, в то время как сады, обращенные на север, могут быть более прохладными и влажными. Рельеф местности может также влиять на микроклимат сада. Например, наклонные участки могут влиять на дренаж и воздушные потоки, а долины могут быть более влажными и холодными. Человеческая деятельность, такая как строительство зданий, установка искусственного освещения и орошение, существенно меняет микроклимат сада. А.М. Издебский [2] отмечал, что чем выше полнота насаждений, тем ниже скорость движения воздуха и выше влажность воздуха.

Целью данной работы является изучение элементов микроклимата (освещенность, температура и влажность воздуха, температура вочвы, скорость ветра) дендросада под влиянием биотических и абиотических факторов.

Объектами исследования была территория дендрологического сада и открытая территория у фасада главного корпуса Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова. Дендрологический сад имени И.М. Стратоновича находится в центре Архангельска (64°33' с.ш., 40°32' в.д.), с трех сторон (север, запад и восток) ограничен зданиями – здание технопарка, главный корпус САФУ им. М.В. Ломоносова и высотными жилы-

ми домами. По южной части дендросад граничит с набережной Северной Двины и автодорогой.

Исследования проводились в течение дня, 11 июля 2023 года, на 7 различных по видовому составу, структуре и расположению участках дендросада (рис.). Для измерения освещенности использовали люксметр Ю-16 с пределом измерений 5000 люкс и применением дополнительного поглотителя (калька). Влажность воздуха измеряли при помощи аспирационного психрометра МВ-4М. Температуру почвы фиксировали коленчатыми термометрами ТМ-5. Скорость ветра определяли, используя чашечный анемометр МС-13. При проведении измерений пользовались методическими указаниями к лабораторным занятиям [4] и методическими указаниями к выполнению лабораторного практикума [1]. Температура воздуха фиксируется в дендросаду метеостанцией RST Meteoscan 929 pro. Обработка данных проведена при помощи программы Microsoft Excel.

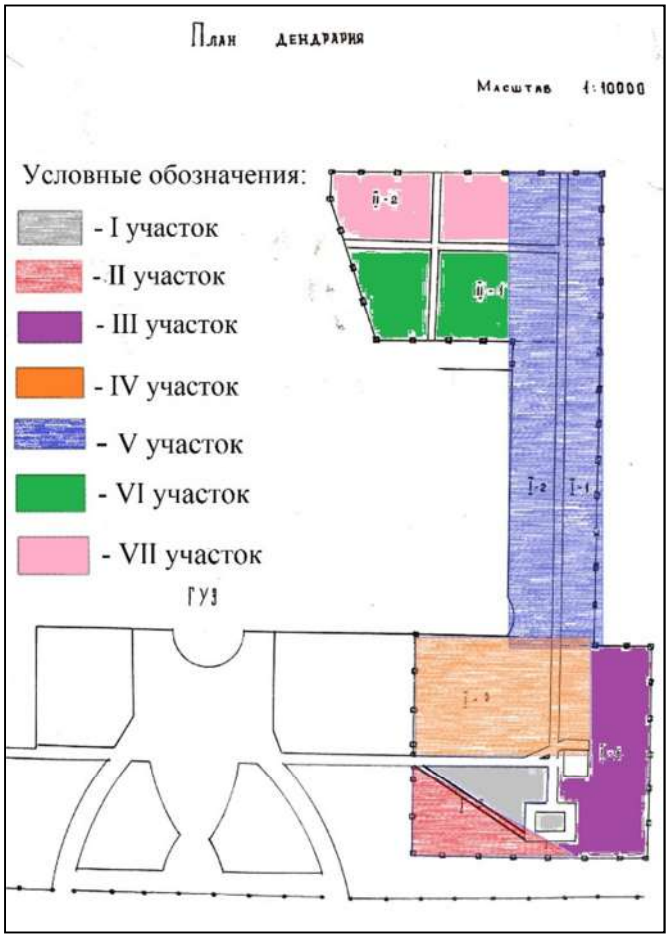


Рис. Точки замеров суточной динамики микроклимата

Все полученные измерения были математически обработаны и средние значения занесены в таблицу.

В день проведения измерений в дендрологическом саду зафиксирован штиль (0,1–0,3 м/с) (участки I–V), и тихий ветер от 0,4 до 1 м/с (участки VI и VII). Полнота насаждений данных участков составляет от 60 до 80 %. Также на снижение скорости ветра на участке V влияет его расположение – территория размещена между зданиями. Скорость ветра за счет плотности насаждений в дендрарии также в целом была ниже, чем в городе в 2,5–3,5 раза.

Таблица

Средние данные микроклимата в дендрологическом саду

№ участка	Температура почвы, °С	Освещенность, люкс	Влажность воздуха, %	Скорость ветра, м/с
I	12,0±1,11	23 730±187,65	81,0±4,23	0,2±0,02
II	12,5±1,42	17 070±174,49	68,0±1,05	0,2±0,01
III	12,0±1,12	23 070±91,07	65,8±1,06	0,3±0,02
IV	11,8±2,28	24 530±121,03	60,9±2,03	0,1±0,01
V	10,9±2,48	27 000±150,44	68,2±1,02	0,3±0,01
VI	12,5±1,12	21 730±128,38	67,0±1,01	1,0±0,01
VII	13,0±2,43	27 670±102,04	66,4±2,02	0,7±0,03

Влажность воздуха на всех участках была от 60 до 68 %, что говорит об отсутствии влияния полноты насаждений в дендросаду на данный параметр. В день измерений в городе влажность воздуха составляла 35–41 %, что почти в 2 раза ниже, чем в дендросаду.

Самая высокая температура почвы (13,5 °С) отмечена на наиболее открытых и освещенных участках (27 670 люкс). Наименьшая температура составила 10,5 °С и была зафиксирована на участке, расположенном в самой затененной части сада, между главным корпусом университета и высотным жилым домом (17 070–21 730 люкс). Температура воздуха в саду на самых освещенных участках была равна температуре воздуха в городе на открытых участках и составляла 18,6 °С. В самой затененной части сада температура воздуха составляла 16,2 °С, что на 2,6 °С ниже, чем в городских условиях.

Влажность воздуха в парковой зоне была выше, чем на открытом пространстве. Абсолютная разница во влажности воздуха между зонами в ходе наблюдения практически не менялась.

Таким образом, изучены основные параметры микроклимата в дендрологическом саду по сравнению с открытой городской территорией. Экспериментально установлено, что на территориях с высокой плотностью зеленых насаждений температура воздуха в летний период ниже на 2,6 °С, ниже скорость ветра в 2,5–3,5 раза и в 2 раза выше влажность воздуха.

Литература

1. Бабич, Н. А. Метеорология и климатология: методические указания к выполнению лабораторного практикума / Н. А. Бабич, А. М. Антонов, И. С. Нечаева. – Архангельск : Северный (Арктический) федеральный университет, 2010. – 63 с.

2. Издебский, А. М. Опыт физиолого-гигиенического изучения микроклимата зеленых насаждений / А. М. Издебский // Гигиена и санитария. – 1949. – № 5. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-fiziologo-gigienicheskogo-izucheniya-mikroklimata-zelenyh-nasazhdeniy (дата обращения: 09.11.2023). – Текст : электронный.

3. Попова, Л. Ф. Химическое загрязнение урбоэкосистемы Архангельска : монография / Л. Ф. Попова. – САФУ, 2014. – 231 с.

4. Сунгурова, Н. Р. Метеорологические методы в лесном мониторинге: методические указания к лабораторным занятиям / Н. Р. Сунгурова, Н. А. Бабич. – Архангельск : АГТУ, 2005. – 57 с.

АНАЛИЗ РЕКРЕАЦИОННО-ЛЕСОВОДСТВЕННОЙ СИТУАЦИИ ВБЛИЗИ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ЛОВОЗЕРСКОГО РАЙОНА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

А.В. Козменко, А.С. Новоселов
Россия, Вологодский государственный университет
г. Вологда

Аннотация. В статье рассматривается вопрос установления потенциала рекреационной деятельности в лесной среде вблизи основных населенных пунктов (Ревда, Ловозеро и др.) Ловозерского района Мурманской области. Во время исследования обособлены скопления лесных выделов вокруг поселков, и в них детально рассмотрена лесоводственно-таксационная ситуация. Подбор лесных объектов проводился исходя из особенностей местной рекреации и лесоводственных критериев. По результатам исследования сделан вывод, что преобладающий тип леса на территории района – сосняк брусничный. Наибольшая площадь концентрации лесных выделов с таким типом леса наблюдается недалеко от села Краснощелье, где суммарная площадь участков с брусникой составляет 582 га. Авторы публикации рекомендуют выполнить прореживание древесного подроста в некоторых лесных выделах вблизи Каневки и Краснощелья в целях улучшения пожарной безопасности и удобства прогулочного отдыха.
Ключевые слова: формы отдыха, сосновый древостой, собирательство, лесные ягоды, рекреация, лесоводство.

Annotation. The article discusses the issue of establishing the potential of recreational activities in the forest environment near the main settlements of the Lovozersky district of the Murmansk region (Revda, Lovozero, etc.). During the research, we identified clusters of forest areas around settlements and the forestry assessment situation was considered in detail on this territory. The selection of forest objects was carried out based on the individual characteristics of local recreation and forestry criterion. According to the results of the study it was concluded that the predominant type of forest in the district is lingonberry-pine. The largest space of concentration of forest areas with this type of forest is observed near the village Krasnoshchelye. The total area of plots with lingonberry on this territory is 582 ha. The authors of this article recommend thinning of young trees in some forest areas near Kanevka and Krasnoshchelya. This action will improve fire safety and increase the convenience of walking.
Keywords: forms of recreation, pine stand, gathering, wild berries, recreation, forestry.

Рекреация – это деятельность человека в свободное время, осуществляемая с целью восстановления физических, эмоциональных и психологических сил, здоровья, а также всестороннего развития, не связанная с выполнением трудовых обязанностей и повседневных бытовых потребностей [2].

Под формой рекреационного использования лесов понимается совокупность видов и форм лесной рекреации, отличающихся организацией отдыха на территориях различного функционального назначения и реализуемых в целях восстановления жизненных сил и улучшения здоровья людей [3]. Существуют следующие основные виды лесной рекреации: дорожная, бездорожная, собирательская, бивуачная, транспортная, кочевая.

Исследование лесопользования в целях рекреации проводилось на территории Ловозерского района, лесистость которого составляет 41,4 %, тогда как на территории Мурманской области она равна 37,3 % [1].

Цель исследования – проанализировать рекреационно-лесоводственную обстановку в относительной близости к населенным пунктам Ловозерского района Мурманской области в рамках собирательства (времяпрепровождение на ягодных угодьях).

Задачи исследования:

1. Изучить материалы лесоустройства в изучаемом районе.

2. Проанализировать документацию о благоустройстве зон отдыха граждан, пребывающих в лесах.

3. Оформить карты-схемы размещения рекомендуемых мест отдыха вокруг населенных пунктов для сбора пищевого ресурса (ягоды).

4. Выявить основные параметры для мест рекреации и проанализировать их.

Методика исследования. Расстояния от внешней границы групп лесных выделов (с компактной дислокацией) до периферии застройки населенного пункта устанавливались картографическим способом, исходя из масштабирования и с учетом особенностей местности.

При оценке лесных участков целевой отбор проводился исходя из привлекательности насаждений (d1,3 – 20 см и более; относительная полнота от 0,5 и более), типов леса в целях собирательства (черничный и брусничный), среднего радиуса рекреации в пределах 7 км.

Для исследования вокруг каждого населенного пункта были выделены лесные кварталы допустимой (минимальной) удаленности (по два квартала во все стороны). После обособления кварталов проведен анализ выделов внутри каждого квартала. Данные для анализа территорий были взяты из таксационных описаний лесного фонда Ловозерского района.

Места для рекреации выделялись по нескольким параметрам:

1. Тип леса – брусничный, черничный.

2. Состав – сосняки.

3. Диаметр по породе – от 20 см и более.

4. Полнота – от 0,5 и более.

После выборки были сформированы группы выделов в квартальной сетке; они нанесены на карту района (рис.). Для удобства анализа составлена сводная ведомость лесоводственно-таксационных показателей (табл.), где отображены данные по группам лесов вокруг населенных пунктов.

Сепарация выделов, требующих улучшения эстетических и лесоводственных показателей, проводилась исходя из численности хвойного подроста (> 3 тыс. шт/га). Работы по оформлению карт-схем проводились в программных средах Adobe Photoshop CS6 13.0.1 и paint.net 5.0.11.

Описание объектов исследования. Ловозерское государственное лесничество делится на два участковых лесничества: Ловозерское и Верхне-Понойское. Леса на территории района занимают 41,4 % от общей площади. Для исследования были выбраны крупные населенные пункты и окружающие их территории.

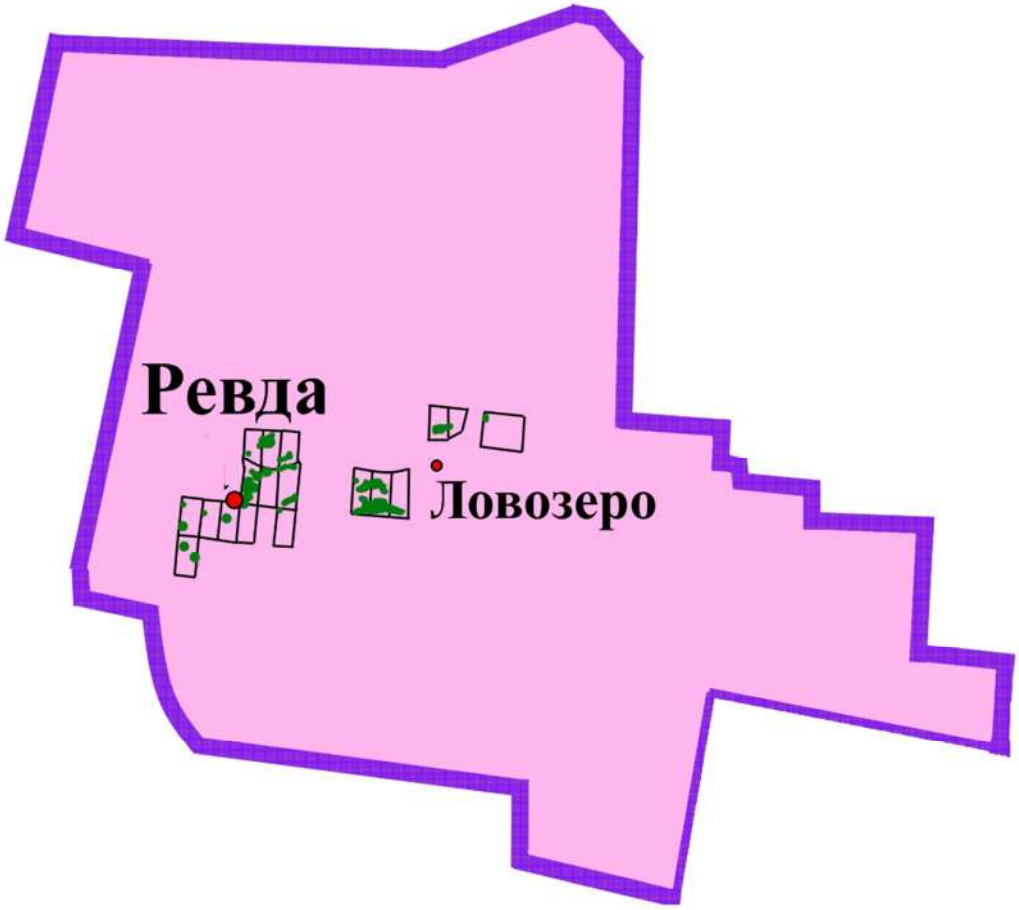
Самый крупный населенный пункт – это поселок городского типа Ревда, численность населения которого составляет 8,4 тыс. чел. На территории поселка есть общеобразовательная, музыкальная и спортивная школы, детские сады. Также имеются магазины и места для досуга – культурно-спортивный центр, центр детского творчества, библиотеки и кино. В Ревде находится центральная районная больница, кроме того, вблизи имеется градообразующее предприятие Ловозерский горно-обогатительный комбинат, который занимается добычей лопаритового концентрата.

Ловозеро – село и административный центр рассматриваемого района. Численность населения насчитывает 2,9 тыс. чел. В селе есть общеобразовательная школа, магазины, больница, несколько детских садов, центр развития досуга и культуры, центр детского творчество и национальный культурный центр. Жители активно занимаются собирательством и ловлей рыбы.

Следующий по величине населенный пункт – это село Краснощелье, в котором проживает 423 человека. Из-за удаленности населенного пункта добраться до него можно по зимнику или авиатранспортом. В селе есть несколько магазинов, школа, детский сад, фельдшерско-акушерский пункт, библиотека и дом культуры. Электроэнергия для различных

нужд вырабатывается дизельным генератором. Большая часть населения занимается оленеводством, рыболовством, собирательством и сельским хозяйством.

Ловозерское участковое лесничество



Верхне-Понойское участковое лесничество



Рис. Объекты рекреации на карте-схеме Ловозерского лесничества

Наименьший населенный пункт района – село Каневка. Численность населения не превышает 67 человек. Здесь отсутствуют общественно-значимые места. Добраться до села можно только авиатранспортом или автомобилями по зимнику. Продукты доставляются раз в две недели вертолетом. Постоянной электроэнергии в Каневке нет, поэтому местные жители используют автономные источники (генераторы). В основном население занимается оленеводством, рыболовством и собирательством.

Ранее Ловозерским лесничеством были проведены работы по благоустройству зон отдыха граждан, пребывающих в лесах, в количестве пяти объектов. Все эти места находятся вблизи населенных пунктов, тем не менее, они не обладают особой привлекательностью, и отсутствуют места для сбора ягод.

На территории района произрастают брусничные леса, но иногда встречаются черничники. По древесным формациям можно выделить сосняки, ельники и березняки. Преобладают сосняки брусничные. В этих лесах рекреанты занимаются собирательством.

Результаты исследования и их обсуждение. По итогам изучения и анализа территорий Ловозерского лесничества были выделены группы лесов, соответствующие выделенным критериям. Эти места пригодны для рекреации и находятся в радиусе семи километров от населенных пунктов. Добраться до них можно пешком или сплавляясь на лодке по реке. На большинстве выделов присутствует завалуненность в диапазоне от 25 до 50 %. Также большинство выделов отнесены к особо защитным участкам.

Вокруг н/п «Ревда» по площади преобладают брусничники, и они в два раза превышают черничники по площади. По количеству выделов в рамках групп также преобладает брусничный тип леса. Средний таксационный диаметр деревьев в данном типе в среднем равен 22 см, а средняя высота примерно 12,5 см. Самый удаленный от поселения тип леса – черничный (объекты примерно на три километра дальше, чем брусничники).

Село Ловозеро окружено насаждениями с брусничным и черничным типами леса. Площади лесов и количество выделов в группах равны, но брусничники находятся гораздо ближе к поселению, чем черничники. Средние диаметры древесных стволов для брусничных лесов составляют 22 см, в то время как диаметр деревьев черничного равен 21 см. Вокруг населенного пункта преобладающий тип леса выделить достаточно сложно.

Вблизи села Краснощелье необходимо выделить преобладающий тип леса – брусничный. Он занимает большую часть территории и находится на небольшом расстоянии (около 3,7 км). Черничные леса не обладают большой концентрацией и в 1,5 раза удалены от поселка. Средний диаметр древесных пород составляет 23 см.

Каневка – это село, окруженное разрозненными сосняками с брусничным типом леса. Количество групп и выделов небольшое. Группы концентрируются на расстоянии 2,5 км от населенного пункта. Древесных пород немного и их средний таксационный диаметр равен 26 см, а высота – в среднем составляет чуть больше 11 метров.

Для улучшения эстетической привлекательности, удобства передвижения и пожарной безопасности работникам лесничеств предлагается разредить древесный подрост ручными кусторезами до численности растений 3 тыс. шт/га. Это мероприятие рекомендуется провести в районе села Краснощелье (кв. 280, выд. 11, С. бр., 52 га; кв. 311, выд. 22, С. бр., 40 га; кв. 342, выд. 5, С. бр., 7 га) и Каневка (кв. 632, выд. 30, С. бр., 10 га).

Выводы и рекомендации. По результатам проведенной работы установлено, что: 1) на территории Ловозерского района Мурманской области выступает в качестве доминирующего типа леса брусничный; 2) лесные объекты рекреации находятся ближе всего в окрестностях села Ловозера; в связи с особенностями рельефа до них удобнее всего добираться, по сравнению с другими н/п; 3) основные объекты рекреации находятся вблизи Ревды и Ловозера; 4) брусничный тип леса в большей степени представлен в районе села Краснощелье (582 га, что составляет 33 % от всех аналогичных лесных выделов).

В качестве рекомендации лесничеству предлагается: провести изреживание хвойного подроста в районе Краснощелья (99 га, в трех выделах) и Каневки (10 га в одном выделе).

Таблица

Сводная ведомость лесоводственно-таксационных показателей лесов

Индекс типа леса	Группы выделов	Площадь	Количество выделов	Удаленность от населенных пунктов, км	Средняя полнота	Средний диаметр, см	Средняя высота, м
н/п «Ревда»							
С. бр.	1	97	5	22,7	0,5	22	12
	2	72	4	19,8		20	11
	3	187	14	6,03		23	12
	4	36	2	6,6		22	14
	5	27	2	4,3		23	14
	6	61	3	6,5		23	12
Итого	-	480	30	-	-	-	-
С. чер. св.	1	4	1	22,7	0,5	20	12
	2	62	5	19,8	0,5	20	11
	3	87	2	6,03	0,6	20	12
	6	68	4	6,5	0,5	24	13
Итого	-	221	12	-	-	-	-
Всего	-	701	42	-	-	-	-
н/п «Ловозеро»							
С. бр.	1	84	3	0,3	0,4	25	11
	2	39	1	3,07	0,5	20	11
	3	214	5	2,4	0,5	22	11
Итого	-	337	9	-	-	-	-
С. чер. св.	2	150	4	3,07	0,5	22	12
	3	189	5	2,4		21	11
Итого	-	339	9	-	-	-	-
Всего	-	676	18	-	-	-	-
н/п «Краснощелье»							
С. бр.	1	40	5	1,1	0,5	23	11
	2	144	3	0,6	0,5	23	11
	3	275	10	3,9	0,4	25	12
	4	123	3	5,4	0,5	24	13
Итого	-	582	21	-	-	-	-
С. чер. св.	3	23	1	3,9	0,5	20	12
Итого	-	23	1	-	-	-	-
Всего	-	605	22	-	-	-	-
н/п «Каневка»							
С. бр.	1	226	4	3,6	0,5	26	13
	2	66	5	1,06		26	8
	3	65	2	2,9		27	13
Итого	-	357	11	-	-	-	-
Всего	-	357	11	-	-	-	-

Литература

1. Лесохозяйственные регламенты лесничеств // Министерство природных ресурсов, экологии и рыбного хозяйства Мурманской области : [сайт]. – URL: https://mpr.gov-murman.ru/documents/leshozregl/ (дата обращения: 19.11.2023). – Текст : электронный.

2. Рекреационное лесоводство: учебное пособие / А. И. Миленин ; Министерство образования и науки, ФГБОУ ВПО «ВГЛТА». – Воронеж, 2013. – 140 с.

3. Система экономической оценки рекреационных лесов / Н. М. Большаков ; Сыктывкарский лесной институт. – Сыктывкар : СЛИ, 2006. – 216 с.

ВИДОВОЕ АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ БЛИЗКО ПРОИЗРАСТАЮЩИХ РАСТЕНИЙ. ВЫЯВЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОГО ВЛИЯНИЯ ПУТЕМ ЦИФРОВИЗАЦИИ ДАННЫХ

[1] Н.М. Копыть, [1] А.Ф. Потокин, [2] С.А. Митягин
[1]Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова
[2]Университет ИТМО
г. Санкт-Петербург

Аннотация. Городские зеленые насаждения являются неотъемлемым аспектом городской среды, они создают психоэмоциональный фон жилищной застройки, регулируют ветровые потоки, задерживают передвижение летучих химических соединений. Растения произрастают и стараются приспособиться для собственного выживания в местах с губительными для них лимитирующими факторами, имеющими антропогенное происхождение. На сегодняшний день в городской среде не встретить произрастающее полноценно здоровое растение, почему так происходит? Именно на данный вопрос и поможет ответить изучение аллелопатического влияния растений друг на друга внутри зеленых насаждений. Именно внутреннее влияние видов часто служит главным фактором угнетения здоровья и без того отравленного произрастанием в городской среде.
Ключевые слова: зеленые насаждения, влияние растений, аллелопатическое влияние, сочетание видов, классификация аллелопатии, подбор растений.

Annotation. Urban green spaces are an integral aspect of the urban environment, they create a psycho-emotional background of housing development, regulate wind flows, and delay the movement of volatile chemical compounds. Plants grow and try to adapt for their own survival in places with anthropogenic limiting factors that are destructive for them. Today in the urban environment do not meet growing fully healthy plants, why is it so? The study of allelopathic influence of plants on each other within green spaces will help to answer this question. It is the internal influence of species that often serves as the main factor of health oppression already poisoned by growing in the urban environment.
Keywords: green spaces, plant influence, allelopathic influence, species combination, allelopathy classification, plant selection.

Древесно-кустарниковые растения, произрастающие в городских зеленых насаждениях, представляют собой биотоп, где идет непосредственное взаимодействие, ограниченное лишь территориальной удаленностью. Соседствование в рамках одной территории с возможным тесным контактом при произрастании влечет за собой влияние в различных аспектах, а также

способствует распространению заболеваний, связанных с распространением грибковой и вирусной инфекцией [1]. Контактирование растений и влияние друг на друга в рамках определенной территории не является развитой и изученной темой для городских зеленых насаждений. В большей степени данная тема изучается на представителях плодовооовощных растений, произрастающих на огородах и плантациях, где игнорирование соседства и взаимодействия может повлиять на количественные и качественные характеристики урожая. В общепринятой отечественной и зарубежной практике решение проблемы сводится к профессиональному взгляду биологов, растениеводов и ландшафтных архитекторов, формирующих посадочный ассортимент на определенную территорию. Именно они и могут нуждаться в качественном контроле со стороны машинной обработки данных и перепроверки, а также помощи для грамотного подбора ассортимента растений.

В рамках решения проблемы совместимости растений и их взаимодействия внутри городских насаждений предлагается изучение перечня видового разнообразия, оформленного в паспортах объектов ЗНОП или перечня, сформированного по итогам натурной инвентаризации объекта. Путем машинной обработки видового перечня через «Матрицу совместимости растительных видов» (рис. 1).

атрица совместимости растительных видов	Родовое название	акация	альбиция	багрянник	багульник	барбарис	береза	боярышник	бук	слива	вяз	орех	груша	дуб	ель	ива	калина	карагана	клен	клен	клен	конский каштан	крушина	лещина	липа	лиственница	люпин	тополь	пихта	полынь	шиповник	рябина	самшит	сирень	слива	смородина	сосна	тополь	чубушник	шиповник	яблоня	ясень
Родовое название	Видовое название	акация белая	дия ленкоранская	рянник японский	ульник болотный	ис обыкновенный	береза повислая	ник сглаженный	бук лесной	ня обыкновенная	вяз шершавый	грецкий орех	ша обыкновенная	Дуб черешчатый	Ель европейская	ива козья	на обыкновенная	ана древовидная	ен остролистный	клен полевой	ен ясенелистный	конский каштан	крушина ломкая	на обыкновенная	та сердцелистная	ица европейская	пин многолетний	на обыкновенная	пихта сибирская	нь обыкновенная	ик морщинистый	на обыкновенная	ит вечнозеленый	нь обыкновенная	слива домашняя	мородина черная	на обыкновенная	бальзамический	бушник Лемуана	ник колючейший	яблоня домашняя	, пенсильванский
акация	акация белая	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
альбиция	ьбиция ленкоранска	-1	0			-1						-1					-1					-1							-1	-1	-1		-1	-1					-1	-1		
багрянник	багрянник японский	-1		0		-1						-1					-1					-1							-1	-1	-1			-1					-1	-1		
багульник	багульник болотный	-1			0	-1						-1			-1		-1					-1							-1	-1	-1			-1					-1	-1		
барбарис	рбарис обыкновенн	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
береза	береза повислая	-1				-1	0	-1	-1			-1	1			-1	-1					-1		-1		-1		-1	-1	-1	-1	-1		-1			-1	-1	-1	1	-1
боярышник	ярышник сглаженн	-1				-1	-1	0	-1			-1					-1					-1							-1	-1	-1			-1					-1	-1		
бук	бук лесной	-1				-1	-1	-1	0			-1					-1					-1							-1	-1	-1			-1					-1	-1		
слива	ишня обыкновенна	-1				-1				0		-1	-1				-1					-1							-1	-1	-1			-1					-1	-1	-1	
вяз	вяз шершавый	-1				-1					0	-1	-1				-1					-1							-1	-1	-1			-1		-1			-1	-1		
орех	грецкий орех	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
груша	груша обыкновенная	-1				-1	1			-1	-1	-1	0	1			-1					-1	-1		1				-1	-1	-1			-1	-1	-1			-1	-1		
дуб	дуб черешчатый	-1				-1						-1	1	0			-1	-1				-1							-1	-1	-1			-1					-1	-1	1	
ель	Ель европейская	-1			-1	-1						-1			0		-1					-1					-1		-1	-1	-1			-1					-1	-1		
ива	ива козья	-1				-1	-1					-1				0	-1					-1							-1	-1	-1			-1					-1	-1		
калина	алина обыкновенна	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
карагана	арагана древовидна	-1				-1						-1		-1			-1	0				-1							-1	-1	-1			-1			-1		-1	-1		-1
клен	клен остролистный	-1				-1						-1					-1		0			-1				-1			-1	-1	-1			-1			-1		-1	-1		
клен	клен полевой	-1				-1						-1					-1			0		-1							-1	-1	-1			-1					-1	-1		
клен	клен ясенелистный	-1				-1						-1					-1				0	-1				-1			-1	-1	-1			-1			-1		-1	-1		
конский каште	конский каштан	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
крушина	крушина ломкая	-1				-1						-1	-1				-1					-1	0						-1	-1	-1			-1					-1	-1		
лещина	ещина обыкновенна	-1				-1	-1					-1					-1					-1		0					-1	-1	-1			-1					-1	-1		

Рис. 1. Матрица совместимости растительных видов

Именно на основе существующего ассортимента при добавлении подобранного перечня можно выявить взаимосвязи и подверженность общим заболеваниям, что является неизученной темой, непосредственно влияющей на состояние древесно-кустарниковых растений в городских насаждениях. Данные о взаимодействии и влиянии растений друг на друга впоследствии могут быть использованы для активного предотвращения заболеваемости соседствующих видов, подверженных общим болезням, вредителям [2]. Характеристика видового взаимодействия представлена в виде классификации по трем параметрам: негативное влияние (-1); нейтральное сочетание (0); положительное взаимодействие (1). Для описания вы-

бранного параметра приводятся примечания, а также комментарии для дальнейшего использования примечаний в качестве руководства по выращиванию, где дается пояснение о возможных или предстоящих негативных проблемах, связанных с соседствующим произрастанием (рис. 2).

Также комментарии содержат информацию по нейтрализации негативного соседства при помощи увеличения соседствующей дистанции.

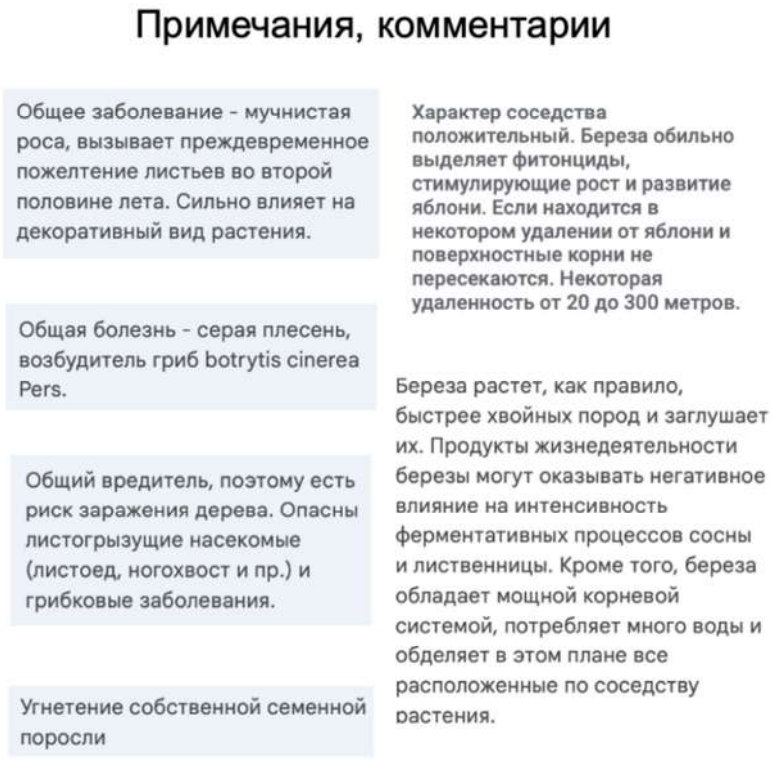


Рис. 2. Примечания и комментарии, дополняющие классификацию в матрице

На стадии формирования видового ассортимента растений на определенную, выбранную территорию в большинстве случаев учитываются: лимитирующие факторы, почвенно-грунтовые условия и иногда в учет берутся соседствующие виды, влияние которых недооценено в рамках тесной территории объекта или контактного расположения соседствующих видов [3]. Именно существующие виды при взаимодействии с подобранным ассортиментом в последующем формируют биотоп, в котором происходит взаимодействия и связи среди соседствующих растений.

С помощью машинной обработки возможно решить несколько задач по классификации и выявлению сопряжений данных связанных с совместимостью растений:

1. Классифицировать перечень существующего видового ассортимента растений на территории по степени устойчивости, основанной на процентном соотношении: аборигенных, апробированных долгой интродукцией видов растений и неустойчивых интродуцентов, которые включают в себя декоративные формы растений;

2. Составить понимание о приблизительных данных по лимитирующим факторам и почвенно-грунтовым условиям территории на основе характеристик произрастания существующего ассортимента растений на данной территории;

3. Подобрать под условия произрастания существующих лимитирующих факторов и почвенно-грунтовых условий подходящие дополняющие ассортимент растения;

4. Провести анализ взаимосвязей и возможного воздействия растений друг на друга в рамках выбранной территории [4].

В рамках проведения эксперимента на существующих территориях, был выбран ЗНОП в Центральном районе Санкт-Петербурга – сад Салтыкова-Щедрина (рис. 3). Расположение сада обеспечивает отсутствие прямого контакта с другими ЗНОП Центрального района, в то же время можно проследить дистанцию от ближайших ЗНОП и сопоставить совпадение заболеваний и присутствие вредителей, данная информации в последствие качественно повлияет на изучение дистанции по распространению причин развития фитопатологии.

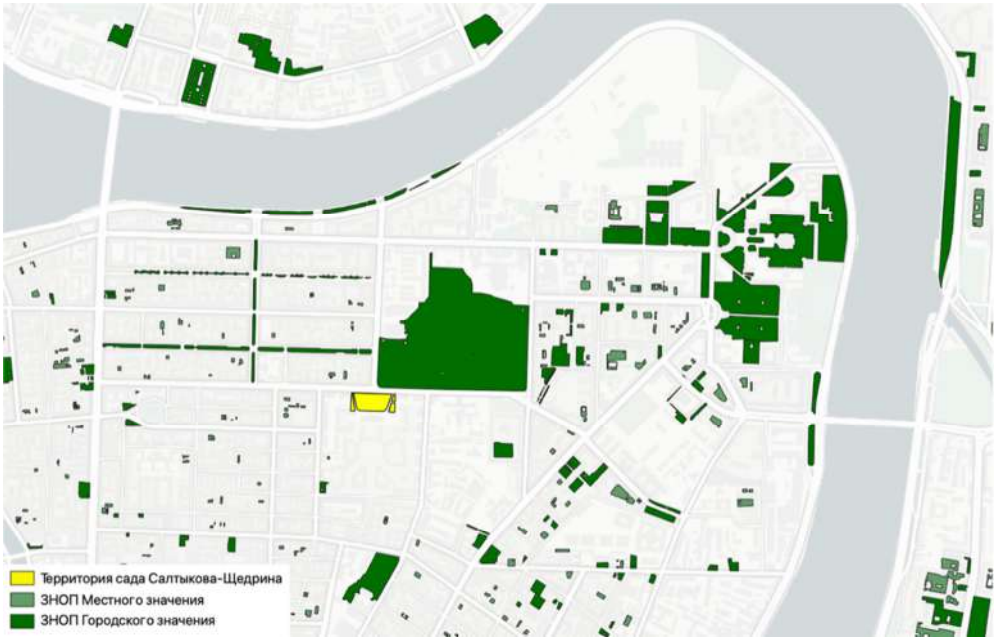


Рис. 3. Расположение сада Салтыкова-Щедрина. Санкт-Петербург

На рисунке 4 представлен ассортимент растений, произрастающих в саду по данным паспорта объекта ЗНОП, предоставленного СПП «Центральное».

Сад Салтыкова-Щедрина, Центральный район, СПб

(порядковый номер растения в Базе данных породного состава разрабатываемой лабораторией технологий умного города ИТМО)

Барбарис обыкновенный (20)
Барбарис Тунберга (21)
Вяз шершавый (67)
Дуб черешчатый (96)
Жимолость татарская (110)
Ива белая (116)
Калина гордовина (133)
Кизильник блестящий (148)
Клен гиннала (493)
Клен остролистный (164)
Липа мелколистная (504)
Лиственница сибирская (200)
Пузыреплодник калинолистный (254)
Роза *'Scarlet Meidiland'* (356)
Рябина обыкновенная (16)
Сирень венгерская (280)
Сирень обыкновенная (282)
Спирея Вангутта (312)
Спирея пепельная *'Grefsheim'* (315)
Спирея японская *'Froebelii'* (320)
Тополь бальзамический (327)
Форсиция средняя (342)
Чубушник венечный (349)
Шиповник морщинистый (540)
Шиповник обильноцветущий *'la sevillana'* (536)
Ясень обыкновенный (368)

Рис. 4. Ассортимент растений

Анализ породного состава сада показывает, что присутствует множество красивоцветущих растений, отсутствуют вечнозеленые виды. В целом композиция сада составлена обычными видами городского озеленения, также присутствующими и в соседних садах, скверах

Центрального района, что и делает сад Салтыкова-Щедрина интересным подбором для проверки Матрицы сочетаемости видов на классификацию влияний растений друг на друга.

В рамках визуализации был выбран формат графовой модели для наглядности взаимосвязей растений в саду, визуализация подготовлена коллективом лаборатории технологий умного города института дизайна и урбанистики Университета ИТМО (рис. 5). Как видно из графа, больше всего сочетаний носят негативный характер, это связано с обилием произрастающих видов одних семейств. В саду присутствует множество представителей семейств розоцветные Rosaceae, а также ивовые Salicaceae и кленовые Sapindaceae, имеющих одинаковые болезни, распространяющиеся между видами семейства. Стоит отметить, что в саду присутствуют и положительные взаимосвязи представителей видов тополь и липа. Данное сочетание также положительно влияет на виды рода яблоня Malus, отсутствующие в саду. Заключение по обработке данных о взаимосвязях растений в саду несет информацию о возможном включении в ассортимент растений сада представителей рода яблоня Malus.

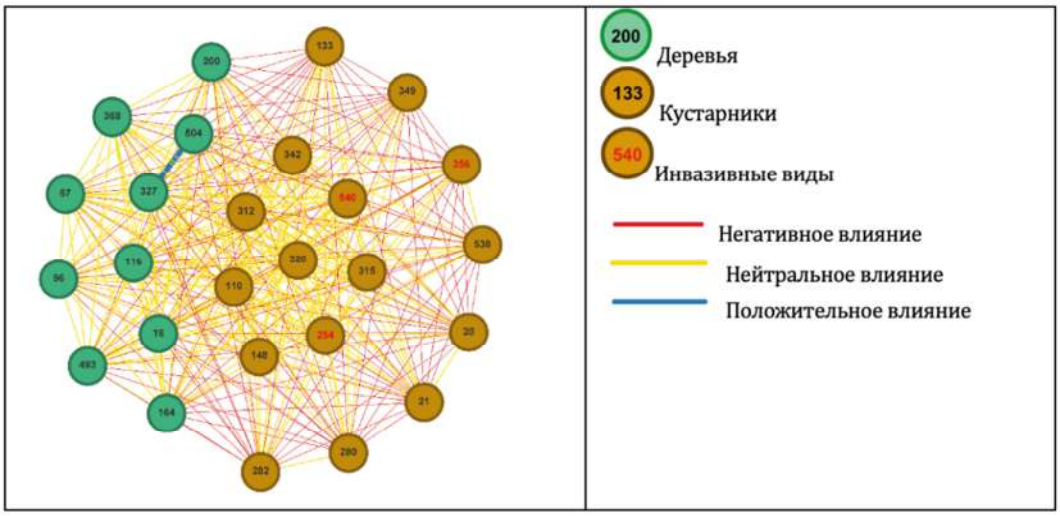


Рис. 5. Визуализация сочетаний растений в саду Салтыкова-Щедрина

Выводы. Проведены экспериментальные исследования по выявлению взаимосвязей растений среди существующего породного состава сада Салтыкова-Щедрина, Санкт-Петербург. Разработана методика выявления взаимосвязей породного ассортимента в рамках видового перечня растений с количественной оценкой возможного негативного и позитивного влияния соседствующих видов растений в рамках выбранной территории. В дальнейшем при изучении других ЗНОП и выявлению заболеваний на признаки перемещения будут расширены познания о возможной дистанции распространения фитопатологических заболеваний.

Литература

1. Shirgapure, K. H. Allelopathy a tool for sustainable weed management / K. H. Shirgapure, P. Ghosh // Arch. Curr. Res. Int. – 2020. – Vol. 20. – P. 17–25.

2. Veselkin, D. V. Effects of Water Extracts from the Leaves of Boxelder Maple Acer negundo and Native Tree Species on the Early Development of Plants / D. V. Veselkin, O. S. Rafikova // Russian Journal of Ecology. – 2022. – Vol. 53. – № 2. – P. 59–67.

3. Roots of invasive woody plants produce more diverse flavonoids than non-invasive taxa, a global analysis / V. Borda et al. // Biological Invasions. – 2022. – Vol. 24. – № 9. – P. 2757–2768.

4. Wei, Z. Plant species complementarity in low-fertility degraded soil / Z. Wei [et al.] // Plants. – 2022. – Vol. 11, № 10. – P. 1370.

5. Green Spaces in Urban Environments: Network Planning of Plant Species Composition. Sustainability / S. Mityagin, N. Kopyt, I. A. Shmeleva [et al.]. – 2023. – Vol. 15. – P. 14905.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИНТРОДУКЦИИ ДАЛЕКАРЛИЙСКОЙ БЕРЕЗЫ ДЛЯ ОЗЕЛЕНЕНИЯ СЕВЕРНЫХ ГОРОДОВ

А.А. Крайнова
Россия, Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова
г. Архангельск

Аннотация. В данной статье рассматриваются перспективы интродуцирования березы далекарлийской для озеленения северных городов. Проводится анализ ее биологических особенностей на предмет использования такой березы для озеленительных целей в условиях северного климата. Предлагается наиболее эффективный метод выращивания далекарлийской березы.
Ключевые слова: озеленение, северный климат, интродукция, повислая береза, далекарлийская береза, микроклональное размножение.

Annotation. This article discusses the prospects for the introduction of dalecarlica birch for landscaping northern cities. The analysis of its biological features for the use of such birch for landscaping purposes in the conditions of the northern climate is carried out. The most effective method of growing dalecarlica birch is proposed.
Keywords: landscaping, harsh climate, introduction, *Betula pendula* Roth, dalecarlica birch, microclonal propagation.

Озеленение городов является неотъемлемой частью развития городской инфраструктуры, создающей полноценные условия для жизни и отдыха ее жителей. В условиях северных широт, где климат характеризуется продолжительной зимой, коротким летом и сильными ветрами, а также скудными почвами, выбор подходящих видов древесных растений для озеленения становится особенно актуальным. Одним из перспективных интродуцентов для таких территорий может стать далекарлийская береза (*Betula pendula* Roth. f. dalecarlica (L.f.)).

Далекарлийская береза является ценной и редкой формой березы повислой (*Betula pendula* Roth), которая от иных ее разновидностей отличается сильно рассеченной формой листа с заостренными длинными зубцами. Листья образуют эффект свисания за счет боковых ветвей, что особо эффектно может смотреться в аллейных посадках в городском ландшафте. Дерево характеризуется прямоствольностью, ажурной узко-вертикальной кроной и растущими под острым углом основными ветвями. Взрослый вид такой березы отличается серебристо-белой корой с темными трещинами, имеет прирост в год порядка 35 см и может достигать в высоту до 30 м [1].

Береза далекарлийская устойчива к отрицательным температурам, загазованности и засухам, светолюбива. Корневая система стержневая с поверхностными боковыми корнями. Такая береза терпима к большинству типов почв, включая влажные и песчаные почвы, что делает ее пригодной для выращивания в условиях северного городского климата.

Кроме того, далекарлийская береза характеризуется как перспективный вид для комплексного использования в составе лекарственных огородов при социальных учреждениях. Данный вид имеет среднюю степень цветения, ее листья и кора содержат высокое количество биологически активных веществ [2].

Данный вид березы произрастает преимущественно в северной части Европы, в частности в Скандинавии. В России данное дерево впервые было интродуцировано в единичных экземплярах по европейской части в прошлом столетии [1].

По Северу России далекарлика редка в культуре. К настоящему времени известно, что в республике Карелия сохранилось несколько экземпляров данной формы березы [1]. На территории Архангельской области более 10 лет успешно произрастает один экземпляр далекарлий-

ской березы на территории санитарной зоны промышленного предприятия. Это еще раз подтверждает жизнеспособность данного вида в неблагоприятных условиях произрастания.

Следовательно, далекарлийская береза имеет ряд преимуществ, которые делают ее перспективным интродуцентом для использования в озеленении территорий северных городов:

- экологическая ценность: далекарлийская береза, как и другие деревья, способна служить дополнительным источником кислорода и очищать воздух от токсичных примесей, при этом имея невысокую степень выделения аллергенов по сравнению с другими видами берез, что делает его использование в озеленении городов особо актуальным с точки зрения здоровья жителей;

- устойчивость к малоблагоприятной среде обитания: данный вид способен выживать в холодных условиях климата с небогатыми почвами и загазованностью воздуха, что характерно для городской среды;

- быстрый рост: далекарлийская береза может достигать значительных размеров за короткий период времени, что дает возможность за небольшие сроки создавать зеленые насаждения, где они нужны для укрепления почвы, улучшения воздуха или создания структуры ландшафтных объектов города;

- высокая декоративность: крона с эффектом свисания боковых ветвей и необычная форма листьев сделают это дерево гармоничным элементом городского ландшафта и создадут условия для пребывания горожан.

Учитывая все эти преимущества, далекарлийская береза может оказаться весьма перспективным экземпляром для зеленой инфраструктуры северных городов благодаря своим биологическим особенностям и малопотребностям к условиям произрастания.

Если рассматривать непосредственный способ интродуцирования далекарлийской березы, то можно отметить неэффективность использования традиционных методов для такого вида березы [3]. Несмотря на то что семена далекарлийской березы имеют высокую всхожесть, признак декоративности листьев может практически не сохраняться при размножении данным способом, поскольку происходит расщепление признаков [4]. Возможно, это связано с рецессивной мутацией, вызывающей расслоение листа. Рассеченные листья эволюционно моложе по сравнению с цельными листьями, поэтому они могут сильнее реагировать на различные факторы среды обитания [5]. Применение черенкования и прививки для данного вида является также малоэффективным [6, 7].

Однако в случае использования метода клонального микроразмножения для далекарлийской березы, можно полностью сохранить все признаки и свойства данного дерева [4, 6]. Микроклональное размножение березы далекарлийской имеет особые перспективы для использования в озеленении. Ключевыми преимуществами этой технологии является производство большого количества саженцев за короткие сроки культивирования, а также создание высокой степени генетической чистоты саженцев за счет использования изолированных тканей растения. Производство в больших масштабах сделает этот метод экономически более выгодным, чем другие способы получения растений.

На сегодняшний день в нашем университете ведется разработка технологии клонального микроразмножения березы далекарлийской с перспективой использования ее в озеленении северных городов.

Таким образом, одной из актуальных задач в области озеленения северных городов является поиск и внедрение новых видов растений, способных выдерживать климатические условия таких регионов и при этом обладающих высокими декоративными качествами. Поэтому интродукция березы далекарлийской может стать весьма перспективным вкладом в развитие зеленой инфраструктуры территорий с суровым климатом. Данный вид представляет собой ценный экземпляр для использования в озеленении северных городов с целью повышения декоративности и расширения видового разнообразия. Благодаря необычной форме листовой пластины в сочетании с быстротой роста и неприхотливостью к условиям обитания, а также невысокой степенью выделения аллергенов при цветении такая береза может участвовать в

различных видах городского ландшафта, включая создание парков, скверов, аллей и уличных насаждений. Для наиболее эффективного способа интродукции березы далекарлийской можно использовать технологию микроклонального размножения, которая позволит получить большое количество генетически идентичных растений и сохранить уникальные декоративные признаки данного вида, что является важным фактором для успешного озеленения.

Литература

1. Ветчинникова, Л. В. Клональное микроразмножение редких представителей рода Betula L. : учебное пособие / Л. В. Ветчинникова, А. Ф. Титов. – Петрозаводск : КарНЦ РАН, 2022. – 51 с.

2. Емельянова, О. Ю. Перспективы интродукции растений рода Betula L. в Орловской области / О. Ю. Емельянова, М. А. Макаркина, А. Н. Фирсов // Современное садоводство. – 2018. – № 4. – С. 61–69.

3. Iliev, I. Micropropagation of Betula pendula Roth cultivars by adventitious shoot induction from leaf callus / I. Iliev, A. Scaltsoyiannes, A. Gajdosova // Acta Horticulturae. – 2010. – 885 (885). – P. 161–174.

4. Адаптация регенерантов далекарлийской березы (Betula pendula Roth. var. Dalecarlica Schneid.) к условиям ex vitro на субстратах различного состава / А. В. Константинов, Д. В. Кулагин, И. М. Баландина, В. Е. Падутов // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 1 (50). – С. 365–373.

5. Mashkina, O. S. Morphogenesis of a Dissected Birch Leaf in vitro Culture / O. S. Mashkina and T. M. Tabatskaya // Russian journal of developmental biology. – 2020. – Vol. 51, № 6. – P. 397–409.

6. Iliev, I. Shoot organogenesis and plant regeneration from leaf callus cultures of Black bark silver birch (Betula pendula Roth. 'Melanocortea') / I. Iliev, A. Scaltsoyiannes, A. Rubos // Acta Horticulturae. – 2003. – 616 (616). – P. 321–326.

7. Application of biotechnology in forestry: nature environment and pollution technology current status and future perspective / K. Vikas, R. Sandeep, K. T. Manoj, K. R. Deepak // An international quarterly scientific journal. – 2015. – Vol. 14, № 3. – P. 1–10. – ISSN: 0972-6268.

ВЛИЯНИЕ РАСТЕНИЙ КИПРЕЯ УЗКОЛИСТНОГО НА ПРИЖИВАЕМОСТЬ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ХВОЙНЫХ ПОРОД ДЕРЕВЬЕВ

[1] А.В. Маклахов, [2] Б.Н. Старковский, [3] Г.А. Симонов
[1]Россия, Вологодский государственный университет
[2]Россия, Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина
[3]Россия, Вологодский научный центр РАН, СЗНИИМЛПХ
г. Вологда

Аннотация. В статье рассмотрены аспекты влияния растений кипрея узколистного (иван-чая) на приживаемость, рост и развитие посадочного материала хвойных пород деревьев. Установлено, что при совместном произрастании кипрея узколистного и посадочного материала хвойных пород деревьев выживаемость молодых деревьев составляет 80 %.
Ключевые слова: посадочный материал, кипрей узколистный, хвойные породы, приживаемость, воспроизводство лесов.

Annotation. The article considers aspects of the influence of fireweed (ivan-tea) plants on the viability, growth and development of planting material of coniferous trees. It has been established that

with the joint growth of fireweed and planting material of coniferous trees, the survival rate of young trees is 80 %.
Keywords: planting material, fireweed, coniferous species, survival rate, re-production of forests.

Вопрос грамотного управления лесными ресурсами как одного из драйверов экономики – задача, стоящая перед главами лесных регионов. В настоящее время известно, что природная сырьевая база восстанавливаться такими же темпами, как она изымается без помощи человека, не в состоянии. Согласно Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 г. к 2024 году должен быть достигнут баланс по объемам рубки и восстановленным посадкам. По данным Департамента лесного комплекса Вологодской области, по состоянию на октябрь 2023 года на территории области лесовосстановление выполнено на 90 % площади [1, 2]. В этой ситуации надо понимать, что работы по лесовосстановлению это не просто цифры в отчетах, а глубокая и ответственная работа по целому комплексу проведенных мероприятий, потому что вырубка леса изменяет проективное покрытие живого напочвенного покрова, что влечет за собой порой кардинальное изменение экосистемы и, как следствие, меняются почвенно-гидрологические, термические и фитосанитарные условия. Эти изменения необходимо учитывать при работах по лесовосстановлению. Так отчетливо выражены изменения температуры окружающего воздуха и поверхности почвы в течение суток на вырубках в отличие от леса. Территория, подвергшаяся вырубке, сильнее подвержена переохлаждению и ранним заморозкам в весенний и осенний периоды, весной такие перепады температур могут погубить молодые побеги подроста ели, появившиеся из почек [3]. В ряде случаев отмечается массовое поражение ржавчиной Chrysomyxa ledi., причем не только вегетативной части, но и корней, что приводит к опадению хвои, негативно влияет на подрост, вызывает его ослабление, а часто и гибель [4].

Почвы Европейского Севера в большинстве своем бедны питательными веществами, переувлажнены, имеют кислую реакцию среды, бесструктурные.

Эффективность лесовосстановительных мероприятий зависит от знания биологии лесных растений, требований их к факторам среды. Задача работников лесного хозяйства максимально удовлетворить эти потребности, используя возможности, которые дает нам сама природа.

Цель исследования – на основе литературных данных изучить влияние совместного произрастания кипрея узколистного на фитосанитарные и ростовые процессы хвойных пород для их успешного воспроизводства.

В задачи исследований входило:

- установить сохраняемость посадочного материала;
- определить рост и развитие растений;
- установить болезни леса.

На основании полученных исследований дать предложения по использованию кипрея узколистного в деле лесовосстановления.

Материал и методы исследований. Объектом исследования является кипрей узколистный. Предметом исследования – способность кипрея узколистного влиять на воспроизводительность лесных насаждений хвойных пород. Для исследования анализировались литературные источники – научные статьи из базы данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ), научно-электронной библиотеки КиберЛенинка, официальных научных изданий, доступных в сети Интернет, зарубежных исследователей за период с 1938–2023 гг. Поиск производился по ключевым словам: кипрей, иван-чай, болезни леса, лесовосстановление. Работы анализировались по опытам, проводимым в Северо-Западном регионе РФ, и аналогичным опытам в зарубежных странах с похожими климатическими условиями.

Формирование напочвенного покрова вырубки в сосняках – брусничниках и близких к ним типах леса на средне- и сильноподзолистых почвах при семенном естественном размножении иван-чая происходит стремительно таблица [5, 6].

Таблица

Развитие кипрея узколистного (иван-чая) на вырубке в естественных условиях

Возраст рубки, лет	Проективное покрытие, %	Фитомасса, кг/га
1	0,1	302
2	0,4	856
3	0,8	2078

На трехлетней вырубке проективное покрытие достигает 0,8 %. Кипрей приобретает эдификационную роль, становясь доминантным видом [5]. В плотных зарослях кипрея складывается своеобразный микроклимат [7]. Так, по наблюдениям в Архангельской области ночные температуры на двухлетних вырубках с доминированием иван-чая на 1,0–1,5 °С выше, чем на участках открытых. В дневные часы, наоборот, ниже. Таким образом, заросли кипрея формируют своеобразный микроклимат для развития молодых древесных пород [5, 8–10]. В исследованиях подроста ели на вырубках наблюдался его максимальный рост в высоту при проективном покрытии иван-чаем с сомкнутостью 30 %, это примерно 20–25 стеблей растений на 1 м^2. Выживаемость молодых древесных растений под пологом иван-чая составляла 80 % [4].

Растительный опад кипрея узколистного имеет нейтральную реакцию, благодаря чему быстро перегнивает, формируя рыхлую, богатую гумусом подстилку [11]. В составе гумуса преобладают полезные органические гуминовые кислоты, что для условий Северо-Западного региона является хорошим показателем. Это создает благоприятные условия для обогащения почвы азотом, легкоусвояемыми зольными элементами и снижения pH почвы.

Корневые отпрыски иван-чая, обладая высокой побегопроизводительной способностью, препятствуют появлению травянистой растительности, которая задерняет почву, тем самым поддерживая ее в рыхлом, хорошо аэрируемом состоянии, что улучшает водно-воздушный режим почвы [8–10]. После отмирания корни кипрея быстро перегнивают, дополнительно поставляя молодым хвойным растениям питательные вещества. При этом отмечено уменьшение опасности заражения елового самосева ржавчинным грибом Chryso-mixa ledi. Вероятно, корневые выделения и зеленая масса растений кипрея выделяют вещества, подавляющие жизнедеятельность этого гриба.

Об уникальных свойствах кипрея узколистного известно давно. Его зеленая масса поедается как с.х. животными, так и лесными [12]. Имеются многочисленные исследования его кормовых, пищевых, лекарственных и технических достоинств. Наши поисковые исследования говорят и о его широких перспективах в искусственном лесовосстановлении. В настоящее время для этого имеются разработанные механизированные способы получения посадочного материала и технологии его возделывания [13–19]. Эти технологии позволяют ускорить проективное покрытие кипреем восстанавливаемой территории леса и защитить молодые саженцы и сеянцы хвойных древесных пород от неблагоприятных факторов среды.

Заключение. Проведенный нами анализ литературных источников показал, что совместное произрастание в открытом грунте кипрея узколистного и посадочного материала хвойных пород деревьев положительно влияет на их приживаемость, рост и развитие. Установлено, что при таком подходе к восстановлению леса сохранность посадочного материала составляет не менее 80 %.

Литература

1. Департамент лесного комплекса Вологодской области : официальный сайт. – URL: https://dlk.gov35.ru/content/news/5/14170/ (дата обращения: 20.11.2023). – Текст : электронный.

2. Маклахов, А. В. Лесопромышленный комплекс Вологодской области: состояние, проблемы и перспективы / А. В. Маклахов, В. В. Приятелев, Г. А. Симонов, Е. А. Марценюк

// Актуальные проблемы развития лесного комплекса : материалы XX Международной научно-технической конференции. – Вологда, 2022. – С. 70–75.

3. Петров, В. В. Жизнь леса и человека / В. В. Петров. – Москва: Наука, 1985. – 128 с.

4. Мелихов, И. С. О кипрейных вырубках и мероприятиях по возобновлению леса применительно к ним: Концентрированные рубки в лесах Севера / И. С. Мелихов, А. А. Корелина. – Москва, 1954. – С. 149–158.

5. Астрологова, Л. Е. Формирование кипрейных вырубок / Л. Е. Астрагалова // Экологические проблемы Севера. – Архангельск, 2000. – Вып. 3. – С. 32–35.

6. Астрологова, Л. Е. Влияние лесохозяйственных мероприятий на состав живого напочвенного покрова в культурах сосны / Л. Е. Астрологова, Н. А. Бабич // Экологические проблемы Севера : межвузовский сборник научных трудов. – Архангельск : СОЛТИ, 1998. – С. 5–8.

7. Зорин, Д. П. Влияние основных вредителей на урожай зеленой массы и семян иван-чая узколистного на Севере Европейской части России / Д. П. Зорин [и др.] // Кормопроизводство. – 2010. – № 2. – С. 30–33.

8. Данилов, М. Д. Вегетативное и семенное размножение иван-чая / М. Д. Данилов // Природа. – 1938. – № 3.– С. 99–106.

9. Забелкин, Н. А. Иван-чай узколистный: Биологическая флора Московской области / Н. А. Забелкин, Н. Г. Уланова. – Москва : Аргус, 1995. – Вып. 2. – С. 166–191.

10. Myerscongh, P. J. Comparative biology of Tussilago farfara L., Cha-meanerion angustifolium (L.) Scop., Epilobium montanum L. and Epilobium adenocanlon Hausskn. I General biology and germination / P. J. Myerscongh, F. H. Whitehead // New Phytol. – 1966. – Vol.65. – P. 192–210.

11. Уланова, Н. Г. Многомерный анализ горизонтальной структуры растительной вырубки / Н. Г. Уланова, А. А. Маслов// Ботанический журнал. – 1989. – № 9. – С. 1316–1323.

12. Капустин, Н. И. К вопросу интродукции кипрея / Н. И. Капустин [и др.] // Перспективные направления научных исследований молодых ученых Северо-Запада России. – Вологда ; Молочное, 2000. – С. 76–78.

13. Старковский, Б. Н. Проблема производства нетрадиционного растительного сырья // Б. Н. Старковский // Молочнохозяйственный вестник. – 2014. – № 4 (16). – С. 37–44.

14. Хализова, З. Н. Технология возделывания кипрея узколистного в условиях северного региона на кормовые цели / З. Н. Хализова [и др.] // Технология возделывания кипрея узколистного в условиях северного региона на кормовые цели. – АгроСнабФорум, 2018. – № 5. – С. 66–68.

15. Капустин, Н. И. Иван-чай и его возделывание в культуре / Н. И. Капустин [и др.] // Вопросы совершенствования полевого кормопроизводства и технология выращивания лесных культур. Сборник материалов юбилейной научно-практической конференции, посвященной 60-летию факультета агрономии и лесного хозяйства. – Вологда; Молочное : 2003. – С. 27–29.

16. Malinovskaya Yu. N. Cultivation of fireweed (Epilobium ngustifolium) together with nettle dioecious (Urtica dioica) / Yu. N. Malinovskaya [and its.] // E3S Web of Conferences. Сер. "International Scien-tific and Practical Conference "From Inertia to Develop: Research and Innovation Support to Ag-riculture", IDSISA 2020". 2020. – P. 03004.

17. Патент на изобретение RU 2286047 C2, 27.10.2006. Способ возделывания кипрея узколистного (иван-чая) на кормовые и лекарственные цели в условиях культуры : № 2004123032/12 : заявл. от 27.07.2004 / Н. И. Капустин, Б. Н. Старковский.

18. Патент на изобретение RU 2708833 C1, 11.12.2019. Способ возделывания кипрея узколистного (иван-чая) для получения зеленой массы на пищевые цели : № 2018129797 : заявл. от 16.08.2018 / Б. Н. Старковский.

19. Современное состояние и перспективы развития лесного комплекса Вологодской области / А. В. Маклахов, Р. Б. Марков, Г. А. Симонов, Е. А. Марценюк // Горное сельское хозяйство. – 2022. – № 1. – С. 84–90.

ПРИМЕНЕНИЕ БИОСТИМУЛЯТОРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СЕМЯН *PAULOWNIA TOMENTOSA* (THUNB.) STEUD. К ВОЗДЕЙСТВИЮ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР

Я.В. Мезенина, К.В. Шестак
Россия, Сибирский государственный университет науки и технологий им. М.Ф. Решетнева
г. Красноярск

Аннотация. В статье рассмотрены адаптивные возможности *Paulownia tomentosa*, обусловленные физиологическими и морфологическими особенностями породы. Для повышения стресс-толерантности к воздействию низких температур заложен опыт по промораживанию семян павловнии с обработкой биостимуляторами. Установлено положительное влияние стимуляторов на всхожесть семян в разных вариантах длительности низкотемпературного воздействия.
Ключевые слова: акклиматизация, семеноводство, устойчивость, интродукция, экологизация, биостимуляторы.

Annotation. The article discusses the adaptive capabilities of *Paulownia tomentosa* due to the physiological and morphological features of the breed. To increase stress tolerance to the effects of low temperatures, the experience of freezing paulownia seeds with biostimulants has been laid down. The positive effect of stimulants on seed germination in different variants of the duration of low-temperature exposure has been established.
Keywords: acclimatization, seed production, sustainability, introduction, ecologization, biostimulants.

Павловния войлочная (*Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud.) – вид древесных растений, отличающийся высокими адаптивными способностями, декоративностью, ценным химическим составом и продуктивностью. Благодаря высоким темпам роста – до 3 м в год в первые годы жизни [1], павловния войлочная может быть использована для быстрого формирования зеленых насаждений. Естественным ареалом произрастания породы являются территории Китая. Экземпляры павловнии войлочной, произрастающие на территории России, имеют интродукционное происхождение, и в большей степени встречаются в южных регионах нашей страны [2].

Одним из главных преимуществ павловнии войлочной является ее способность к фиторемедиации – процессу очистки почвы от ионов тяжелых металлов, пестицидов и других токсичных соединений, а также атмосферного воздуха от разнообразных загрязнителей. Обладая высокой фотосинтезирующей активностью с объемом секвестрации около девяти тонн CO_2 эквивалента на гектар в год, растение активно поглощает вредные вещества из окружающей среды [3]. Благодаря этому павловния войлочная может быть использована для реабилитации загрязненных участков земли и улучшения качества воздуха в городских условиях.

Кроме того, павловния войлочная обладает высокой эстетической ценностью – крупные соцветия и декоративные листья делают ее перспективной для использования в ландшафтном дизайне. Благодаря быстроте роста порода может быть использована для создания функциональных зеленых зон городского экологического каркаса в кратчайшие сроки, что делает ее еще более востребованной в сфере озеленения.

Научные исследования в области интродукции павловнии войлочной помогут еще больше раскрыть ее потенциал и определить оптимальные условия использования этой породы в районах с резко континентальным климатом части сибирского региона.

Для определения адаптивных возможностей породы к воздействию низких температур поставлен опыт, в ходе которого 45 экспериментальных групп семян павловнии войлочной сорта Pao Tong новгородского происхождения подверглись холодовому воздействию – выдерживались при температуре минус 6 °С в двух временных вариантах (рис. 1).

Для повышения стресс-толерантности проращиваемых семян были использованы биостимуляторы, влияющие на устойчивость к негативным факторам среды – Эпин-экстра, Рибав-экстра и Циркон. Для обеспечения достоверности и точности опыта внутри каждой группировки были организованы контрольные группы без обработки стимуляторами, а также 5 опытных групп, не подвергаемых воздействию низких температур.

Перед обработкой препаратами семена выдерживались в растворе KMnO в течение двух часов [4], после чего промывались дистиллированной водой и помещались в холодильные установки, согласно схеме эксперимента.

Оценка энергии прорастания семян производилась на 7-й день после начала проращивания, всхожесть определялась на 15-й день.

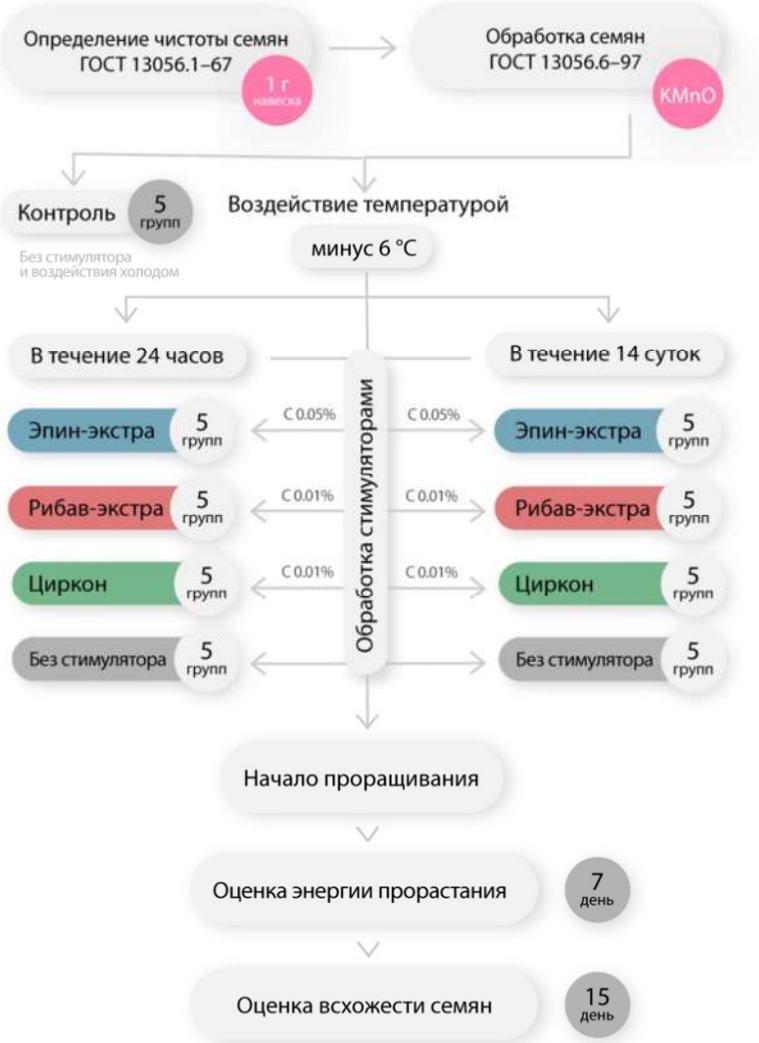


Рис. 1. Схема эксперимента

Результаты опыта представлены на рисунке 2.

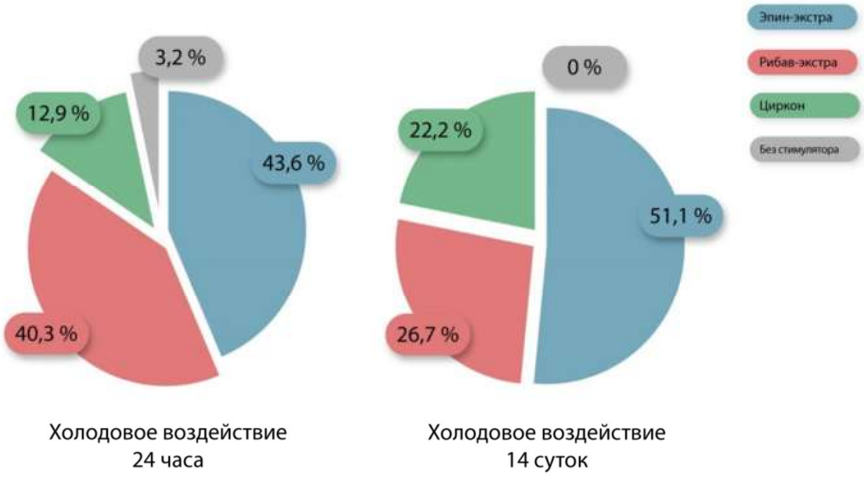


Рис. 2. Зависимость количества проросших семян от применяемых стимуляторов и температурного воздействия

Полученные результаты свидетельствуют о низких показателях всхожести семян *Paulownia tomentosa* в условиях предварительного холодового воздействия без применения стимуляторов. Использование препаратов способствовало увеличению процента всхожести. Наибольшая эффективность отмечена у препарата Эпин-экстра.

Эксперимент доказывает возможность применения биостимуляторов для повышения устойчивости семян к воздействию отрицательных температур. Полученные в ходе опыта данные будут использованы для дальнейших интродукционных испытаний павловнии войлочной в условиях сибирского климата.

Литература

1. О павловнии. Применение и свойства // Paulownia professional. – URL: https://paulownia.pro/ru/paulownia/ (дата обращения: 13.11.2023). – Текст : электронный.

2. Мезенина, Я. В. Перспективы применения Paulownia tomentosa в санитарно-защитном озеленении Красноярска / Я. В. Мезенина, К. В. Шестак // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : материалы XIX Всероссийской (национальной) научнотехнической конференции студентов и аспирантов / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет ; [ответственный за выпуск Л. В. Малютина]. – Екатеринбург, 2023. – С. 205–210.

3. Андрейчук, Д. А. Павловния войлочная в озеленении урбанизированных территорий / Д. А. Андрейчук // Экология и природопользование : сборник статей по материалам II Всероссийской научно-практической конференции (Краснодар, 06–10 июня 2022 г.). – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2022. – С. 202–206.

4. ГОСТ 13056.6–97. Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести. – Москва : Госстстандарт России, 1997. – 29 с.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА В РОССИИ В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ

С.А. Мерзук, А.А. Авезов, А.Е. Михайлова
Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова
г. Санкт-Петербург

Аннотация. В статье рассматриваются экономические и экологические аспекты внедрения интенсивной модели ведения лесного хозяйства на территории Российской Федерации в условиях устойчивого развития экономики. Проведено сравнение зарубежного и отечественного опыта внедрения интенсивной модели в лесное хозяйство отдельных стран.
Ключевые слова: интенсивная модель, древостой, лесное хозяйство, лесовосстановление, эффективность, устойчивое лесопользование, устойчивое развитие.

Annotaion. The article deals with the economic aspects of introducing the intensive model of forestry in the Russian Federation. The article compares foreign and domestic experience of introducing the intensive model in forestry of individual countries.
Keywords: intensive model, growing stock, forestry, reforestation, efficiency, sustainable forest management, sustainable development.

В результате экстенсивной лесохозяйственной деятельности человека с годами происходит существенная деградация лесных экосистем. В основном по этой причине страдают хвойные насаждения. В условиях возрастающей антропогенной нагрузки на лесные экосистемы перед лесным хозяйством с особой остротой встают проблемы многоцелевого неистощимого лесопользования, сохранения и усиления экологических функций лесов, улучшения их видового состава и качества, повышения устойчивости и продуктивности. Для решения такой широкой комплексной задачи, как повышение продуктивности лесных насаждений, появляется необходимость разработки и внедрения системы мер, которые направлены:

- на более эффективное использование плодородия почв и рациональное использование земельных ресурсов;
- повышение производительности лесов в условиях непрерывного многоцелевого пользования;
- на расширенное воспроизводство лесных ресурсов, ориентированное на выращивание высокопродуктивных насаждений.

Достижение вышеуказанных целей возможно при использовании интенсивной модели лесного хозяйства. Интенсивная модель лесного хозяйства – это метод управления лесными ресурсами, который направлен на повышение производительности древостоя и экономической ценности его использования. Он состоит в специальном уходе за лесом, создании оптимальных условий для роста леса, ускорении восстановления его ресурсов и увеличении древесной массы на единицу площади.

Реализация интенсивной модели лесного хозяйства предполагает регулярное проведение в лесных насаждениях мероприятий по их уходу, направленных на сохранение биологического разнообразия в эксплуатационных лесах, улучшение качества заготавливаемого леса, увеличение объемов выхода древесины и сокращение времени ее роста, и тем самым генерирует рост производительности древостоя. Повышение прироста древесной массы на единицу площади обеспечивает стабильность производства лесных ресурсов, способствует созданию новых рабочих мест и развитию лесохозяйственного комплекса в регионе.

Интенсификация лесного хозяйства может быть оценена повышением интенсивности продуцирования органического вещества в древостое и может характеризоваться повышени-

ем уровня бонитета лесонасаждений. Бонитет – показатель, отражающий качество природных объектов, определяет их экономическую ценность и оказывает существенное влияние на формирование оценки экономической эффективности продуктов лесного хозяйства.

Однако следует отметить, что интенсивная модель лесного хозяйства может иметь недостатки, например, в случае чрезмерной эксплуатации лесных ресурсов, возможности их быстрого исчерпания и уменьшении на длительный период обновления ценных пород. Следовательно, для успешной реализации интенсивной модели лесного хозяйства необходимо балансировать между экономической эффективностью и устойчивым использованием лесных ресурсов. С целью рационализации использования лесных ресурсов, стабилизации лесопользования и лесопереработки, а также гибкого реагирования к колебаниям спроса и предложения на рынке необходимо практиковать выращивание смешанных древостоев.

Интенсификация лесного хозяйства РФ должна опираться на отечественный опыт ведения лесного хозяйства и учитывать опыт зарубежных стран.

Основным и общим аспектом среди индустриальных стран Европы и Северной Америки является высокий уровень механизации лесного хозяйства и снижение затрат на его ведение. В Северной Америке главенствует экстенсивная модель ведения лесного хозяйства, управление экономическим циклом лесовыращивания направлено на получение определенных сортиментов в целях получения прибыли от заготовленных сортиментов, также лесной комплекс рассматриваемого региона обладает недостаточно высоким техническим уровнем лесного хозяйства.

Лесное хозяйство европейских стран отличается высокой интенсивностью, технологии его ведения расположены на высоком уровне и располагают широким арсеналом способов рубок спелых и перестойных лесных насаждений. Интенсивное лесопользование возникло и наиболее развито в Швеции и Финляндии [4]. Шведско-финская модель интенсивного лесопользования построена в первую очередь на создании правильного хозяйственного цикла, направленного на максимизацию равномерного выхода сырья с учетом экологических норм. В цикле лесовыращивания уделяется внимание лесовосстановлению, уходу за лесом, развитию инфраструктуры, а также обеспечению максимальной эффективности получения конечного продукта. Лесоводы Швеции при переходе на интенсивную модель столкнулись с глобальной проблемой изменения климата, что послужило толчком к появлению трех концепций экономики: циркулярной экономики, «зеленой» экономики и биоэкономики.

В настоящее время эти концепции выступают в качестве ключевых направлений устойчивого развития, имеющих отношение к тому, как следует управлять лесами [1].

«Зеленая» экономика выступает в качестве зонтичной концепции, включающей в себя экономику замкнутого цикла и биоэкономику, экологическую эффективность и возобновляемые источники энергии. Содержание циркулярной экономики и биоэкономики в большей степени ориентировано на аспект использования ресурсов, в то время как «зеленая» экономика признает в качестве своей основы экологические аспекты ведения хозяйства, ориентируясь на социальный фактор – экологический туризм и образование [2].

Биоэкономика основывается на биотехнологиях, которые используют возобновляемые биоресурсы при производстве ценных продуктов и энергии.

Согласно исследованиим скандинавских ученых Бугге и др. [3], на сегодняшний день существует три основных концепции биоэкономики:

- коммерциализация биотехнологий;

- концепция биоресурсов, ориентированная на создание новых цепочек добавленной стоимости;

- концепция биоэкологии, ориентированная на устойчивость путем оптимизации использования энергии и питательных веществ в экосистемах, поощрения биоразнообразия и отказа от монокультур.

В основе биоэкономики лежит представление о том, что биотехнологии могут обеспечить устойчивый экономический рост, решить проблему нехватки ресурсов и загрязнения

окружающей среды. Биотехнологические процессы практически не образуют отходов, а также могут способствовать переработке органических отходов в новые продукты [5].

Перечисленные концепции развития экономики, ориентированные на сохранение окружающей среды, базируются на поиске компромиссов между производством древесины, сохранением биоразнообразия и другими благами лесного ландшафта.

Интенсивная модель ведения лесного хозяйства в РФ, учитывая опыт ведущих лесопромышленных стран, должна ориентироваться на применение достижений науки и технологии в области заготовки и переработки древесины как возобновляемого ресурса в качестве источника сырья и энергии, производство которых обеспечивает снижение выбросов парниковых газов и утилизацию отходов. Для повышения эффективности перехода к интенсивной модели ведения лесного хозяйства в РФ необходимо принятие комплекса мер, направленных на совершенствование нормативно-правовой базы, увеличение государственных инвестиций в лесное хозяйство и пропаганду передовых технологий и методов ведения лесного хозяйства.

Литература

1. Carleton, T. J. Woody vegetation responses to fire versus clear-cutting logging: a comparative survey in the central Canadian boreal forest / T. J. Carleton, P. Maclellan // Ecoscience. – 1994. – Vol. 1, № 2. – P. 141–152.

2. Ангелстам, П. Влияние интенсификации и сохранения лесного хозяйства на зеленую инфраструктуру: пространственно-временная оценка в Швеции / П. Ангелстам, М. Мантон // Земля. – 2021. – Т. 10, № 5. – С. 531.

3. Бугге, М. М. Что такое биоэкономика? Обзор литературы / М. М. Бугге, Т. Хансен, А. Клитков // Устойчивое развитие. – 2016. – № 8. – С. 691.

4. Добрынин, Д. Управление государственными лесами в Финляндии и Швеции / Д. Добрынин // Устойчивое лесопользование. – 2019. – № 2. – С. 14–17.

5. Albert, S. Transition to a bio-economy: A community development strategy discussion / S. Albert // J. RuralCommunityDev. – 2007. – № 2. – P. 64–83.

ЛЕСОСЫРЬЕВЫЕ ОТХОДЫ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ, СПОСОБЫ ИХ УТИЛИЗАЦИИ

А.А. Мокроусова, И.С. Артамонов
Россия, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
г. Санкт-Петербург

Аннотация. На данный момент в лесопромышленном комплексе образовывается очень большое количество отходов. В Северо-Западном федеральном округе доля древесных отходов от общего количества колеблется от 0,27 % до 12,2 %. В связи с тем, что захоронение всего количества отходов невозможно из экологических соображений, нужен другой способ их утилизации. Самым рациональным способом является переработка в биотопливо.
Ключевые слова: лесосырьевые отходы, утилизация, биотопливо.

Annotation. At the moment, a very large amount of waste is generated in the timber industry. In the North-Western Federal District, the share of wood waste from the total amount ranges from 0.27 % to 12.2 %. Due to the fact that the disposal of the entire amount of waste is impossible for environmental reasons, another way of their disposal is needed. The most rational way is processing into biofuels.
Keywords: raw wood waste, recycling, biofuel.

Одной из актуальных проблем в лесопромышленном комплексе на данный момент является утилизация и переработка древесных отходов, возникающих при производстве.

Древесными отходами являются остатки лесоматериалов, сырья и материалов, которые образуются при производстве продукции лесозаготовок, лесопиления и деревообработки и не соответствуют стандартам качества. Согласно ГОСТ Р 56070-2014 [1], к отходам, полученным при лесозаготовке, лесопилении и деревообработке, относятся горбыль, древесные опилки, древесная пыль, древесная стружка, козырек. При лесозаготовке остаются древесные остатки (сучья, ветки, кора, хвоя, листья, опилки). Древесные отходы относятся к IV и V классам опасности.

При лесозаготовке количество отходов к общему объему использованной древесины в процентном соотношении составляет 35–40 %, при лесопилении 25–40 %, при деревообработке более 25 %. Так как объемы производства лесопромышленного комплекса с каждым годом становятся больше, количество образуемых отходов тоже возрастает.

На данный момент на территории Северо-Западного федерального округа действует 9 ЦБК и большое количество предприятий по производству пиломатериалов, фанеры, ДВП и ДСП.

Основным источником информации о количестве образовавшихся отходов по регионам Северо-Западного федерального округа является статистика № 2-ТП [2]. Согласно ей, в Архангельской области за 2021 год образовалось 58 825,495 тыс. т отходов, из которых 920,776 тыс. т при производстве бумаги и изделий из бумаги, 843,772 тыс. т при производстве изделий из дерева и 155,599 тыс. т отходов при лесоразработке. В Вологодской области за 2021 год было образовано 15 789,55 тыс. т отходов, из которых 1 894,746 тыс. т при производстве бумажных изделий и 31,579 тыс. т отходов лесоразработки. В Республике Карелия за 2018 год накопилось отходов IV и V класса 141 840,052 тыс. т, из которых 142,942 тыс. т коры, 149,387 тыс. т кородревесных отходов и 89,476 тыс. т при лесоразработке. В 2020 году в Республике Коми накопилось 40,225 млн т отходов, на предприятия по производству бумаги и бумажных изделий приходится 229,282 тыс. т. В Ленинградской области в 2021 было образовано 8 448 642,6 тыс. т отходов, из них 6 497,5 тыс. т при обработке древесины (0,07 %) и 5514,4 тыс. т при производстве бумаги и бумажных изделий (0,06 %). Всего за 2018 год в Новгородской области было образовано отходов 1 042,982 тыс. т из них отходов IV и V классов 819,255 тыс. т (отходы коры – 25,152 тыс. т; опилки и стружка разнородной древесины – 754,752 т; отходы окорки древесины (V класс) – 20 039 т) (табл. 1, 2).

Таблица 1

Количество отходов по статистике № 2-ТП

Регион (год)	Общее количество отходов, тыс. т	Отходы лесопромышленного комплекса, тыс. т
Архангельская область (2021)	58 825,495	1 920,137
Вологодская область (2021)	15 789,55	1 926,325
Республика Карелия (2018)	141 840,052 (IV и V класс)	381,805
Республика Коми (2020)	40 225	229,282
Ленинградская область (2021)	844 864,26	12 011,9
Новгородская область (2018)	1 042,982	45,945

Таблица 2

Доля древесных отходов

Регион	Процентное количество древесных отходов, %
Архангельская область	3,2
Вологодская область	12,2
Республика Карелия	0,27
Республика Коми	0,57
Ленинградская область	1,42
Новгородская область	4,4

Так как количество образуемых отходов достигает нескольких миллионов тонн, захоронение как способ их утилизации невозможен по экологическим соображениям. Также нужно, чтобы производство было наиболее безотходным.

Самым распространенным способом утилизации лесосырьевых отходов является переработка их в биотопливо: топливные брикеты и топливные гранулы (пеллеты). Данные виды топлива получают путем прессования древесного материала.

Топливные брикеты (рис. 1) представляют собой спрессованные изделия из предварительно измельченных и высушенных остатков древесины, ими могут являться кора, опилки, стружка, пыль.

Главными достоинствами являются:

- долгая продолжительность горения, по сравнению с обычными дровами. Она равна примерно 30 минутам активного горения или 100 минутам тления;
- теплопроводность топливных брикетов в 2,5 раза выше, чем у обычных дров, и практически одинакова, как и у угля;
- зольность менее 1 %;
- отсутствие дыма и неприятного запаха при сжигании.



Рис. 1. Топливные брикеты

Топливные гранулы (пеллеты) (рис. 2) – это то же самое что и топливные брикеты, только они спрессованы в виде гранул.

Достоинства пеллет:

- зольность менее 3 %;
- количество выделяемого тепла в 1,5 раза больше, чем у дров;
- возможность автоматизации процесса сжигания за счет установки на котел системы автоматической подачи;
- пожаробезопасность.



Рис. 2. Топливные гранулы (пеллеты)

При сжигании топливных брикетов и гранул количество выделяемого в атмосферу CO_2 в разы меньше, чем при сжигании дров или угля. По сравнению с обычными дровами, стоимость данных видов биотоплива значительно выше, также для их сжигания необходимы специальные котлы.

Правительством Ленинградской области была поставлена задача по переводу котельных на топливные пеллеты [3]. По сравнению с мазутом, стоимость производства энергии при сжигании пеллет в 1,5–2 раза меньше.

На данный момент на территории Вологодской области действует программа по увеличению производства биотоплива путем строительства новых заводов по производству брикетов и пеллетов на основе древесных отходов и перевода всех деревообрабатывающих предприятий на котельные, которые отапливаются древесными отходами. В Вологодской области в 2021 году произведено:

- топливных гранул (пеллет) 155 тыс. тонн;
- топливных брикетов – 35 тыс. тонн.

В республике Коми с 2013 года действует программа по развитию биоэнергетики, все древесные отходы направляются на производство топливных брикетов и топливных гранул.

Таким образом, наиболее экологичным и выгодным способом утилизации лесосырьевых отходов является переработка их в биотопливо: топливные брикеты и топливные гранулы (пеллеты). При их сжигании количество выделяемого CO_2 в разы меньше, что позволяет уменьшить вредный эффект на природу. Также если направлять древесные отходы на переработку их в биотопливо, количество мусорных полигонов и захоронений будет уменьшаться.

Литература

1. ГОСТ Р 56070-2014. Отходы древесные. Технические условия. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200111779?ysclid=lpepuzidcm892033222 (дата обращения: 19.11.2023). – Текст : электронный.

2. Сведения об образовании, обработке, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления по форме 2-ТП (отходы), систематизированные по видам отходов ФККО. – URL: https://https.rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/production-consumption-waste/ (дата обращения: 19.11.2023). – Текст : электронный.

3. Производство топливных пеллет в России // ЛесПромИнформ. – 2017. – № 6 (128). – С. 22–32.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ УЛИЦЫ ПАПАНИНА В ГОРОДЕ АРХАНГЕЛЬСКЕ

О.С. Нехорошкова
Россия, Технологический колледж Императора Петра I,
Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова
г. Архангельск

Аннотация. Более 70 % россиян – это жители городов. Поэтому город является для нас средой обитания. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) определила 4 группы факторов здоровья: образ жизни (50 %), наследственность (20 %), среда обитания (20 %) и уровень медицины (10 %). Экологическое состояние может значительно влиять на человека, поэтому очень важно помнить об этом и стараться снизить негативное влияние. Целью исследования было дать оценку экологического состояния улицы Папанина в городе Архангельске.
Ключевые слова: загрязнения, выхлопные газы, атмосферный воздух, уровень шума, рекреационные зоны, зеленые насаждения.

Annotation. More than 70 % of Russians are residents of cities. Therefore, the city is our habitat for us. The World Health Organization (WHO) has identified 4 groups of health factors: lifestyle (50 %), heredity (20 %), habitat (20 %) and the level of medicine (10 %). The ecological state can significantly affect a person, so it is very important to remember this and try to reduce the negative impact. The purpose of the study was to assess the ecological condition of Papanina Street in the city of Arkhangelsk.
Keywords: pollution, exhaust gases, atmospheric air, noise level, recreational areas, green spaces.

В ходе исследования были поставлены следующие задачи:
- узнать историю улицы и ее географические расположение;
- определить основные источники загрязнения улицы;
- исследовать уровень загрязнения по величине транспортной нагрузки;
- выяснить уровень шумового загрязнения;
- определить состояние зеленых насаждений.

Историко-географическая справка. Улица Папанина появилась в городе Архангельске в 1986 г. [2]. Название улице присвоено в честь исследователя Арктики и почетного гражданина города Архангельска Ивана Дмитриевича Папанина (рис. 1).



Рис. 1. Папанин Иван Дмитриевич

Он посвятил себя исследованию и освоению Арктики. Много раз посещал Архангельск, последний раз был в 1984 году. Иван Дмитриевич награжден многими правительственными наградами. Похоронен в Москве на Новодевичьем кладбище.

Улица Папанина (рис. 2) начинается от Краснофлотского моста через Северную Двину и упирается в Окружное шоссе [3]. Общая протяженность улицы 1,1 км. Улица разделяет два административных округа города: Майская горка и Варавино-Фактория.

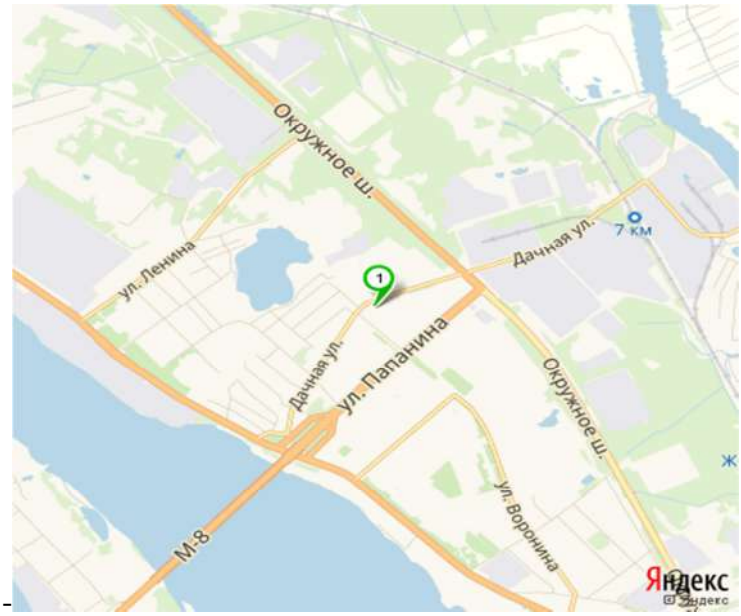


Рис. 2. Карта улицы Папанина

На улице располагаются ГБУЗ «Архангельская стоматологическая поликлиника № 2», Архангельский филиал Сбербанка РФ отделение №8637/0084, Архангельский колледж телекоммуникаций (филиал СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича), конгрессно-выставочный центр «Норд-Экспо», аптечный склад ГУП Архангельской области Фармация, АЗС «Лукойл», магазины и жилые дома.

Источники экологической опасности. Улица соединяет съезд с автомобильного моста, выходящего с федеральной трассы М-8, с объездной дорогой. Дорога четырехполосная, общего пользования, главная. Поэтому именно она является основным источником загрязнения улицы Папанина.

Виды загрязнения: химическое (выхлопные газы автотранспорта), физическое (шумовое), механическое (твердые коммунальные отходы), биологическое (отходы жизнедеятельности домашних животных) [1].

Главным источником загрязнения воздуха является автотранспорт. В мире ежегодно сжигается около 2 млрд тонн нефтяного топлива в двигателях автомобилей. При сжигании топлива в атмосферу выбрасываются различные газы (табл. 1).

Таблица 1

Виды загрязнений

Виды загрязнителей	Основные источники загрязнения	Возможное влияние на состояние атмосферы
Углекислый газ	Сжигание топлива, транспорт	Парниковый газ, не поддерживает дыхание
Угарный газ	Сжигание топлива, транспорт	Отравление
Сернистый газ	Сжигание топлива, транспорт	Образование кислотных осадков
Соли тяжелых металлов	Сжигание топлива, транспорт	Ядовитые (отравление)
Бенз[а]пирен	Сжигание топлива, транспорт	Ядовитые (отравление)

Таким образом, воздух загрязненный выхлопными газами, может отрицательно влиять на здоровье человека.

Определение загрязнения атмосферного воздуха по величине автотранспортной нагрузки. Было проведено исследование уровня загрязнения атмосферного воздуха на улице Папанина по величине автотранспортной нагрузки. Интенсивность движения автотранспорта определялась методом подсчета автомобилей различных типов три раза в сутки по 20 минут на пересечении улицы Папанина и Воронина. Отдельно подсчитывалось количество грузовых автомобилей (ГА), автобусов (АВ), тракторов (ТР), легковых (ЛА) и мотоциклов.

Наиболее загрязняющим веществом является оксид углерода (углекислый газ), он составляет более чем 50 % объема выхлопных газов. Поэтому концентрация CO_2 выше в зоне интенсивного движения автотранспорта (табл. 2).

Таблица 2

Результаты определения автотранспортной нагрузки

Тип автотранспорта	Количество, в час	Количество сжигаемого топлива	Количество вредных веществ, л		
			Углекислый газ	Углеводороды	Оксиды азота
Автобусы	66	7,26	39,6	6,6	2,64
Грузовые машины	120	13,2	12,0	3,6	4,8
Легковые машины	585	64,35	351,0	58,5	23,4
Тракторы	3	0,33	0,3	0,3	0,12
Мотоциклы	0	0	0	0	0
Итого	774	85,14	402,9	69,0	30,96

Санитарные требования по уровню загрязнения допускают поток транспорта в жилой зоне не более 200 авт./час. На улице Папанина этот показатель превышен почтит в 4 раза, что говорит о высоком уровне загрязнения воздуха.

Определение уровня шумового загрязнения. Измерение уровня шума производилось с помощью приложения Шумомер для Android на остановке ул. Папанина (рис. 3). Было проведено 5 измерений. Получены следующие показатели: 1) 60 дБ; 2) 79 дБ; 3) 69 дБ; 4) 68 дБ; 5) 67 дБ. Среднее значение: 68,6 дБ.



Рис. 3. Шумомер

Сравнивая полученные данные с допустимыми уровнями шума (табл. 3), можно сделать вывод о том, что шумовое загрязнение приближается к предельному уровню и может нанести вред здоровью горожан.

Таблица 3

Допустимые уровни шума

Название используемого помещения, территории	Период времени	Уровни звука (в том числе, эквивалентные), дБ	Предельный уровень звука, дБ
Жилые помещения (комнаты в квартирах)	с 7 до 23 с 23 до 7 утра	40 30	55 45
Территории, прилегающие к домам	с 7 до 23 с 23 до 7 утра	55 45	70 60

Озеленение и газоны. Большую санитарную роль в городе выполняют зеленые насаждения: скверы, аллеи, газоны. Поэтому было решено провести обследование состояния насаждений на улице Папанина [1]. Обследование проводилось методом маршрутного хода (рис. 4). Вдоль автодороги на левой стороне от съезда с моста сделан газон шириной около метра. На газоне произрастают сорные травы, которые обкашиваются 1 раз летом (против клещей). Справа газон отсутствует. Деревья (тополя, березы) высажены у девятиэтажного жилого дома по правой стороне улицы. Состояние деревьев среднее, деревья высажены с нарушением правил сразу у стен дома.



Рис. 4. Улица Папанина

Таким образом, можно говорить, что на улице Папанина отсутствуют зеленые насаждения, которые могли бы снизить загрязнение воздуха и улучшить экологическую обстановку.

Рекреационные зоны. Рекреационные зоны (места отдыха: аллея, скамейки, детские площадки) на улице Папанина отсутствует. Отмечено наличие на всем протяжении улицы всего четырех урн: две на остановках, одна у сбербанка и одна у больницы. Учитывая, что по улице Папанина много пешеходов: студенты, пациенты больниц и жители данного микрорайона, такого количества урн недостаточно, что способствует загрязнению улицы бытовым мусором.

В ходе исследования было выяснено, что улица Папанина маленькая по протяженности, но с большими экологическими проблемами: высокая транспортная нагрузка, а поэтому высокий уровень шумового загрязнения и загрязнение воздуха; плохое состояние газонов и отсутствие зеленых насаждений; мало урн, и поэтому много мусора на улице.

Рекомендации: привести газоны в порядок; провести посадку зеленых насаждений. Для этого лучше использовать невысокие кустарники, которые не будут мешать проводам, но смогут значительно очистить воздух; разбить цветники; установить дополнительные урны.

Литература

1. Экологический мониторинг: учебно-методическое пособие / автор-составитель Т. Я. Ашихмина. – Киров : ООО «Типография «Старая Вятка», 2012. – 95 с.

2. Овсянкин, Е. И. Имена Архангельских улиц. Часть 2. Топонимия города / Е. И. Овсянкин. – URL: http://lit.lib.ru/o/owsjankin_e_i/text_0170.shtml (дата обращения: 20.11.2023). – Текст : электронный.

3. Улица-Папанина-(Архангельск) // Циклопедия : сайт. – URL: https://cyclowiki.org/wiki/Улица_Папанина_(Архангельск) (дата обращения: 20.11.2023). – Текст : электронный.

ДИНАМИКА РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

А.А. Павлов, М.С. Шурыгина, С.Г. Шурыгин
Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова
г. Санкт-Петербург

Аннотация. В работе заложены и исследованы опытные участки в сосновых древостоях около Белого моря. Определены таксационные характеристики этих древостоев, уровни грунтовых вод на опытных участках, отобраны керны. Изучена динамика радиального прироста сосновых древостоев и построены уравнения регрессии.
Ключевые слова: рост леса, Белое море, уровень грунтовых вод, запас древостоя, корни деревьев, радиальный прирост.

Annotation. The work established and investigated experimental plots in pine growth stands near the White Sea. The taxation characteristics of these stands, groundwater levels in the experimental areas were determined, and cores were selected. The dynamics of radial growth of pine stands was studied and regression equations were constructed.
Keywords: forest growth, White Sea, groundwater level, growing stock, tree roots, radial growth.

Исследование роста деревьев позволяет определить климат прошлых лет, его влияние на радиальный прирост. В частности по ширине годичных колец можно судить о температуре воздуха в определенные периоды и количестве годовых осадков и за период вегетации. Необходимо помнить, что прирост в высоту зависит от осадков и суммы активных температур прошлого периода вегетации. А прирост по радиусу дерева зависит от количества осадков и суммы активных температур изучаемого вегетационного периода и многих других факторов.

Изучение радиального прироста сосновых насаждений проводили многие исследователи. Изучалась и динамика роста на болотах и заболоченных землях Северо-Запада Российской Федерации [1, 2, 4, 6]. Однако научных работ по изучению радиального прироста сосны около северных морей Российской Федерации довольно немного.

В качестве объектов наших исследований были выбраны два основных опытных участка с сосновыми древостоями, первый был заложен около берега Белого моря (в 5–20 метрах), а второй – на удалении до 3000 м от берега этого моря. Среднегодовое количество штормов в этом районе не превышает 10–20 за сезон [5]. Наши исследования проводилось в Кандалакшском районе Мурманской области, около населенного пункта Белое море.

Район Кандалакшского залива относят к Атлантико-Арктической климатической области. Здесь сказывается влияние Гольфстрима, хотя климат более континентальный, чем на

Мурмане. Зима продолжается в Кандалакшском заливе со второй половины октября до конца апреля, лето – с первой половины июня по конец августа. Зимой нередки оттепели, весной погода очень неустойчива. В июне бывают снегопады, а в августе – заморозки. Лето прохладное, температура обычно держится в пределах 15–20 °С. Сумма среднесуточных температур выше 10 °С составляет 1000–1200° [7]. Почвы островов такие же, как на материке. Они отличаются большой пестротой состава. Важнейшей почвообразующей породой является каменисто-песчаный элюво-делювий основных сильно метаморфизированных пород, перемешанный с моренными отложениями. Он содержит темные богатые железом минералы, обилие кварца, слюд, устойчивых полевых шпатов. Широко распространены примитивные почвы на рыхлых породах выветривания, образующиеся под мохово-лишайниковым покровом [7].

На опытных участках заложены постоянные пробные площади для изучения таксационных показателей древостоев и анализа роста леса. На первом участке произрастает сосновый древостой 80-летнего возраста с елью (состав 10С+Е), высотой 23 метра с относительной полнотой 0,6, III класса бонитета. Подрост: сосна, ель; подлесок: можжевельник; живой напочвенный покров (ЖНП): брусника, сфагнум; тип леса: сосняк зеленомошный. Запас древостоя на этом участке составляет 170 м^3/га. На втором опытном участке растет сосновый древостой тоже 80-летнего возраста (состав 10С), высотой 22 метра с полнотой 0,5, IV бонитета. Подрост: сосна; подлесок: можжевельник; ЖНП: сфагнум, брусника, багульник, черника, кладонии; тип леса: сосняк кустарничково-сфагновый. Запас древостоя на втором опытном участке составляет 110 м^3/га.

На первом участке уровни грунтовых вод находятся на глубине от поверхности почвы более 50 см и освобождают от затоплений корневые системы деревьев, а на втором грунтовые воды находятся на глубине 20 см от поверхности, подтапливая коневые системы сосны. Общий вид сосновых древостоев, произрастающих на опытных участках, приведен на рисунках 1 и 2.



Рис. 1. Вид соснового древостоя на 1 опытном участке (рядом с Белым морем) и отбор кернов для определения радиального прироста



Рис. 2. Вид соснового древостоя на втором опытном участке – на расстоянии 3000 м от Белого моря

На втором участке, который расположен в 3 км от берега моря, наблюдается вторичное заболачивание территории, так как уровень грунтовых вод располагается на глубине в среднем 20 см, что приводит к частичному подтоплению корневых систем деревьев, а иногда и затоплению корней и снижению прироста древостоя [3].

При исследовании прироста сосновых древостоев по радиусу на пробных площадях с помощью приростного бурава Пресслера отбирали керны у корневой шейки дерева в достаточном количестве, чтобы обеспечить ошибку не более 5 %. Далее образцы сушили и радиальные приросты определяли на приборе МИР-12. Точность измерения радиального прироста оказалась достаточной и достоверной. Ошибка определения прироста по радиусу на первом участке составила 3,5 %, а на втором 2,9 %. На рисунке 3 приводятся средние данные о радиальном приросте сосновых древостоев для двух основных постоянных пробных площадей.

Довольно резкое повышение и снижение прироста обусловлено значительным влиянием внешних факторов (в основном: суммой активных температур и количеством осадков). Наблюдается и другая тенденция роста древостоев: в первые тридцать лет существования древостоев радиальный прирост высок и достигал 1,5–2,0 мм в год, в последующие 30 лет он постепенно снизился почти в 2 раза и составлял уже 0,9–1,0 мм в год [5]. Далее в течение последующих 20 лет (в возрасте древостоев 60–80 лет) наступает стабилизации радиального прироста, в этот период прирост изменялся от 0,7 до 0,9 мм в год.

Средний за период существования древостоев радиальный прирост сосны на первом участке составил 1,2 мм в год, а на втором – 1,1 мм в год. Прирост по радиусу на пробной площади первого опытного участка около Белого моря обладает меньшей изменчивостью, чем на удаленном от моря втором опытном участке. Возможно, это связано с микроклиматом около Белого моря, наличие моря способствует увеличению периода вегетации, море как бы подогревает воздух, увеличивая сумму активных температур.

По данным о радиальном приросте сосны были построены кривые роста для этих древостоев на основе полиноминального тренда и рассчитаны их уравнения регрессии. Полученные кривые лучшим образом описывают изменение радиального прироста этих древостоев в зависимости от внутренних факторов. Кривые роста достоверны фактическим данным и

объясняют на первом участке (около Белого моря) 74 % изменчивости радиального прироста сосновых древостоев, а на втором – 54 %, при достаточном уровне значимости в 5 % [5].

По этим уравнениям регрессии можно будет в дальнейшем рассчитать радиальный прирост на несколько лет вперед, что позволяет прогнозировать рост этих древостоев и гибель (распад) в будущем.

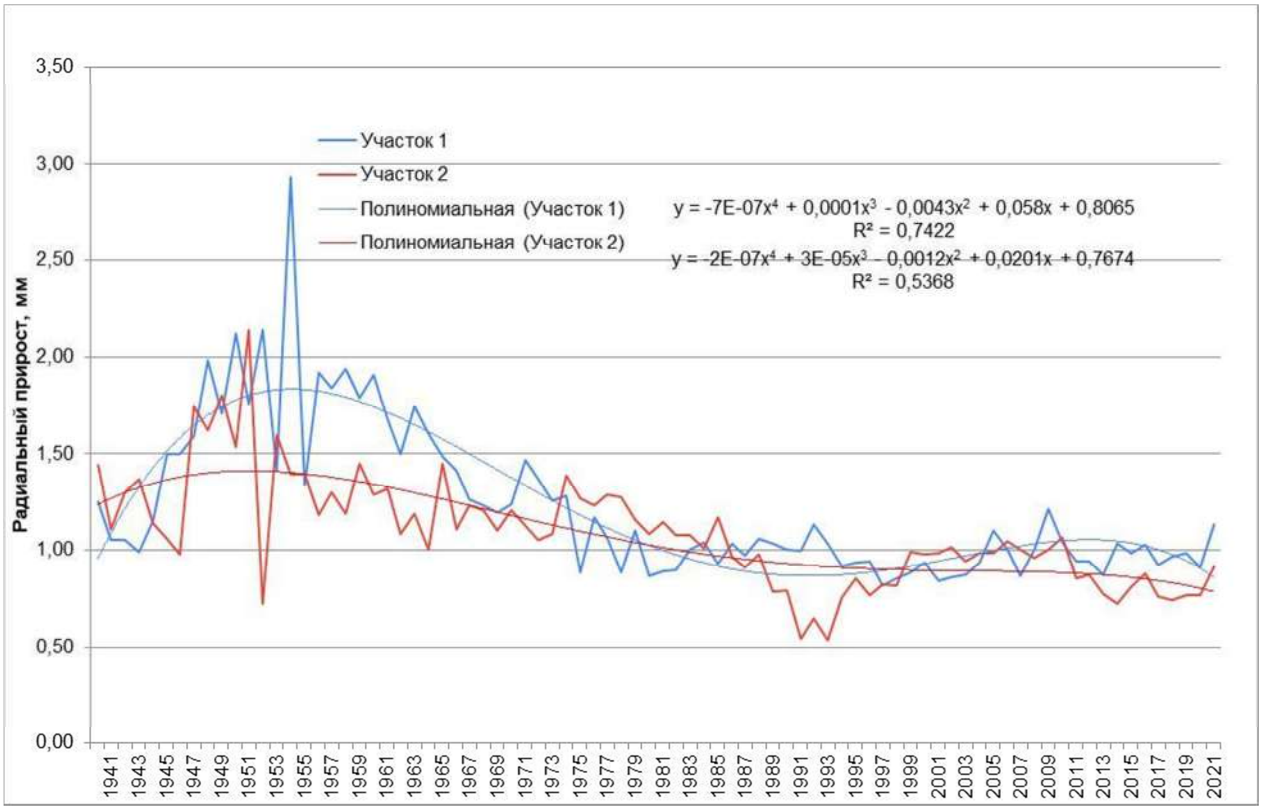


Рис. 3. Изменение радиального прироста сосновых древостоев на участках в мм

Литература

1. Влияние лесоосушения на прирост древостоев / А. С. Алексеев, Б. В. Бабиков, В. А. Соловьев, С. Г. Шурыгин // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2007. – № 179. – С. 4–14.

2. Бабиков Б. В. Рост сосновых древостоев на осушенных землях Ленинградской области / Б. В. Бабиков, С. Г. Шурыгин, Л. С. Богданова. – DOI: 10.21266/2079-4304.2019.227.34-44 // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2019. – Вып. 227. – С. 34–44.

3. Владимирова Ю. А. Водный режим осушенных лесных почв / Ю. А. Владимирова, С. Г. Шурыгин // Актуальные вопросы в лесном хозяйстве. Материалы III международной научно-практической конференции молодых ученых. – 2019. – С. 221–223.

4. Navalikhin, S. The growth of geographical crops of scots pine on drained lands / S. Navalikhin, S. Shurygin, Y. Danilov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – P. 012093.

5. Павлов, А. А. Радиальный прирост сосновых древостое на берегу Белого моря / А. А. Павлов, М. С. Шурыгина, С. Г. Шурыгин // Леса России: политика, промышленность, наука, образование : материалы VIII Всероссийской научно-технической конференции (Санкт-Петербург, 24–26 мая 2023 г.) / под редакцией А. А. Добровольского. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2023. – С. 320–322.

6. Шурыгин, С. Г. Влияние осушения на рост сосновых древостоев на торфяных почвах / С. Г. Шурыгин, Ю. А. Владимирова, Г. Д. Денисенко // Леса России: политика, промышленность, наука, образование : материалы V научно-технической конференции (Санкт-Петербург, 2020). – Санкт-Петербург : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. – С. 91–93.

7. Кандалакшский залив // Водно-болотные угодия России : сайт. – URL: https:// fesk.ru/wetlands/11.html (дата обращения: 19.11.2023). – Текст : электронный.

ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ЛЕСНОГО СЕКТОРА КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСНЫМИ РЕСУРСАМИ

А.Н. Панютин
Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова г. Санкт-Петербург

Аннотация. Лесной сектор экономики представлен предприятиями, осуществляющими лесопользование и переработку лесных ресурсов. Инновационное развитие предприятий лесного сектора позволяет обеспечивать устойчивое управление лесными ресурсами в долгосрочной перспективе. Предпосылками инновационного развития предприятия выступают организационные, кадровые, материально-технические, рыночные, финансовые факторы.
Ключевые слова: лесной сектор, лесные ресурсы, инновационное развитие, факторы инновационного развития.

Annotation. The forest sector of the economy is represented by enterprises engaged in forest management and processing of forest resources. Innovative development of enterprises in the forest sector makes it possible to ensure sustainable management of forest resources in the long term. Organizational, personnel, logistical, market, and financial factors are prerequisites for the innovative development of the enterprise.
Keywords: forest sector, forest resources, innovative development, factors of innovative development.

Лесные ресурсы представляют собой совокупность запасов древесных и недревесных ресурсов, входящих в национальное богатство страны, при использовании которых можно организовать их многоцелевое применение, в максимальной степени обеспечивая потребности населения и спрос за пределами территориальных границ. Лесные ресурсы, покрывающие земли лесного фонда, – это воспроизводимые ресурсы, причем на процесс их воспроизводства существенное значение оказывают силы природы, на которые к настоящему времени человек может оказывать лишь незначительное управляющее воздействие.

Существенная часть лесных ресурсов вовлекают в хозяйственное использование предприятия и организации, относящиеся к лесному сектору экономики. Доступ к лесопользованию на условиях платности и воспроизводства лесных ресурсов открывают государственные органы на федеральном и региональном уровнях. Действующая система платежей за пользование древесиной на землях лесного фонда в определенной степени компенсирует расходы на управление и воспроизводство лесных ресурсов, их охрану и защиту, а также изымает часть доходов, которые получают лесозаготовители, работающие в более благоприятных условиях.

Федеральные и региональные органы власти и управления лесами призваны обеспечить устойчивое управление землями лесного фонда через:

– законодательно-нормативное регулирование, направленное на обеспечение экономических, экологических, социальных потребностей как ныне живущего, так и последующих поколений, сохраняя при этом условия для неистощительного многоцелевого лесопользования в будущем;

– надзорную функцию, регулирующую обороты лесопользования и предотвращающую нарушения лесного и земельного законодательства;

– участие в хозяйственной деятельности путем организации восстановления лесных территорий, пройденных рубками, охраны лесов от пожаров и защите от вредителей и болезней, что позволяет увеличивать стоимость лесного богатства, отпуск в пользование которого также осуществляется органами власти и управления, преимущественно, на услови-ях платности.

Совершенствование механизмов управления лесными ресурсами на государственном уровне позволяет аккумулировать финансовые ресурсы, необходимые для выполнения критериев устойчивого лесопользования, для воспроизводства лесов, их охраны и защиты [2].

Основная часть предприятий и организаций лесного сектора, эксплуатирующих лесные ресурсы, осуществляет коммерческую деятельность и нацелена на извлечение прибыли. Предпринимательство в коммерческой деятельности – это основа инновационного развития, направленного на обеспечение устойчивого роста и повышение конкурентоспособности производителей товаров и услуг, в том числе в лесном секторе экономики. Производители товаров и услуг лесного сектора, нацеленные на инновационное развитие, покрывают спрос на продукцию из древесины и иных полезностей леса, удовлетворяя потребности своих покупателей наилучшим образом, аккумулируют средства, необходимые для интенсивной модели расширенного воспроизводства, и обеспечивают переток части финансовых ресурсов в бюджетную систему страны.

Наиболее ранние модели инновационного развития коммерческого предприятия предполагали обособление проектной деятельности в отдельные структуры, выполняющие научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, а источником инноваций становились научные и технические разработки [4]. Однако функционирование такой линейной модели инновационного развития отрывается от целей удовлетворения насущных рыночных потребностей и достижения экономической эффективности.

Совершенствование модели инновационного развития в направлении учета только рыночной конъюнктуры и рыночных потребностей приводит к обеспечению, прежде всего, краткосрочных целей развития и внедрения разработок, обеспечивающих текущие выгоды.

Наиболее совершенные модели инновационного развития в условиях цифровой экономики опираются на фундаментальные и прикладные научные исследования и разработки, в том числе производимые собственными силами предприятия, ориентированы на рыночные потребности, вовлечены в активное взаимодействие с внешней средой – поставщиками, потребителями, конкурентами, иными рыночными и общественными институтами [3].

Предпосылками успешности инновационного развития предприятия можно считать следующие факторы:

– организационные – наличие стратегии развития, включающей элементы инновационного развития, наличие системы стимулов и мотиваций, нацеливающих персонал на повышение профессионального уровня, постоянное совершенствование навыков и компетенций, вовлеченность в совершенствование и применение инновационного потенциала;

– кадровые – профессиональный уровень персонала, его вовлеченность в инновационные проекты, участие в реализации нововведений;

– материально-технические, оцениваемые по структуре и состоянию материально-технической базы предприятия, тенденциям и темпам проводимых в ней изменений;

– рыночные, позволяющие предприятию успешно конкурировать в сбытовой деятельности – наличие и состояние каналов сбыта продукции, их поддержка, взаимодействие с потребителями, послепродажное обслуживание продукции;

– финансовые, раскрывающие долю и структуру затрат на инновационное развитие в общем объеме затрат предприятия, показывающие способность предприятия аккумулировать и перераспределять финансовые ресурсы в соответствии с декларируемыми целями и меняющимися условиями развития.

Инновационная активность предприятий и организаций должна опираться на продуманную государственную инновационную политику, которая должна создавать условия для формирования инновационного потенциала субъектов хозяйственной деятельности и его развития и совершенствования [1].

Литература

1. Кисельчук, А. А. Эффективное применение современных инновационных технологий в лесной отрасли / А. А. Кисельчук, В. В. Беспалова // Техника и технология современных производств. Сборник статей IV Всероссийской научно-практической конференции. – Пенза, 2023. – С. 200–203.

2. Панютин, А. Н. Направления совершенствования финансового механизма в лесопользовании в условиях развития рыночных отношений / А. Н. Панютин // Лесное хозяйство. Материалы докладов 85-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием). – Минск, 2021. – С. 45–46.

3. Табакин, А. И. Инновационные технологии в деревообрабатывающем производстве / А. И. Табакин, И. А. Захаренкова // Проблемы и перспективы устойчивого развития промышленности в XXI веке: от теории к практике. Материалы студенческой конференции. – Санкт-Петербург, 2022. – С. 124–126.

4. Методы и инструменты управления инновационным развитием промышленных предприятий / И. Л. Туккель, С. А. Голубев, А. В. Сурина, Н. А. Цветкова ; под редакцией И. Л. Туккеля. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2013. – 208 с.

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ ТЕРРИТОРИИ

Н.А. Панютин
Россия, Санкт-Петербургский государственный университет
г. Санкт-Петербург

Аннотация. Устойчивость и экологическое благополучие водоемов устанавливают с помощью системы показателей, которые в дальнейшем сводят к интегральной оценке. Водная среда суши взаимодействует с окружающим ее растительным сообществом, огромное значение в котором имеет лесная экосистема. Состояние лесонасаждений оказывает существенное влияние на гидрологический режим территорий. Оценку устойчивости и экологического благополучия водной среды территории необходимо проводить с учетом динамики лесотаксационных и иных показателей, характеризующих развитие лесной экосистемы.
Ключевые слова: водный объект, интегральная оценка, экологическое благополучие, лесная экосистема.

Annotation. The sustainability and environmental well-being of water bodies are established using a system of indicators, which are subsequently reduced to an integral assessment. The aquatic environment of the land interacts with the surrounding plant community, in which the forest ecosystem plays a huge role. The condition of forest plantations has a significant impact on the hydrological

regime of the territories. An assessment of the sustainability and ecological well-being of the aquatic environment of the territory must be carried out taking into account the dynamics of forest taxation and other indicators characterizing the development of the forest ecosystem.
Keywords: water body, integral assessment, environmental well-being, forest ecosystem.

Водная среда суши представлена подземными водами, реками и ручьями, берущими начало в том числе в ледниках горных массивов, которые вырабатывают на поверхности суши естественные углубления, называемые руслами, в отличие от искусственных углублений – каналов, созданных человеком, а также озерами, иными поверхностными водоемами и болотами. Водная среда суши – это открытая система, пополняемая за счет атмосферных осадков и таяния снегов, а также под действием солнечной активности частично расходуемая на испарение, в результате которой земная атмосфера насыщается влагой.

Водная среда суши – это важнейший источник пресной воды, в значительных объемах потребляемой человеком, животными и растениями. Вода имеет решающее значение в эволюции жизни на планете. Источники пресной воды характеризуются определенными показателями, находящимися под влиянием, прежде всего, экологических факторов, которые сведены к следующим группам:

– факторы, воздействующие на устойчивость водных объектов, то есть на их способность сохранять имеющееся состояние и противодействовать внешнему влиянию;

– факторы, раскрывающие взаимное влияние водных объектов на человеческую деятельность (антропоцентризм) либо на обитателей водных объектов (биоцентризм);

– факторы, учитывающие биологическое разнообразие и продуктивность водных объектов.

Такое разделение факторов позволяет рассчитывать значения показателей, включаемых в ту или иную группу, и вычислять интегральную оценку устойчивости и экологического благополучия водных объектов, расположенных на рассматриваемых территориях [1]. В зависимости от полученных оценок появляется возможность ранжировать водные объекты по их устойчивости и экологическому благополучию и выделять экологически наименее благоприятные зоны и водоемы.

Вместе с тем при измерении и оценивании экологического благополучия различных объектов и территорий, в силу ограниченности применяемых моделей, в недостаточной мере рассматриваются условия окружающей среды и, в частности, лесной растительности, находящейся в непосредственной близости от значительной части пресноводных объектов [2]. Окружающий водные объекты лес относится к водоохранной зоне, на которую накладываются ограничения на лесопользование. Водосборные площади, покрытые лесной растительностью, – это источники, обеспечивающие потребности человека в воде на бытовом уровне, удовлетворяющие сельскохозяйственные и промышленные нужды, используемые в рекреационных целях.

Решающее значение в жизни покрытых лесом территорий, помимо питательных веществ, усвояемых древесными растениями, играют количество и распределение света, тепла и воды. Существенная часть воды идет на обеспечение процессов роста и развития древесных растений, а также на процессы фотосинтеза. Количество потребляемой деревьями воды определяется действием различных условий, но к основным из них можно причислить:

– возраст древостоя, так как наибольшее количество воды потребляется во время наиболее высоких темпов роста;

– продолжительность вегетационного периода, что определяет в некоторой степени породный состав древостоя; смена сезона на протяжении года, так как в зимний период потребление воды и питательных веществ приостанавливается; времени суток, поскольку наибольшее потребление влаги деревьями достигается в полуденный период;

– погодно-климатические условия.

Необходимо отметить в целом положительное, но не всегда однозначное, влияние лесного покрова на водные объекты и водотоки, особенно на засушливых и полузасушливых территориях. В некоторых случаях в нижней части водных потоков для максимальной «водоотдачи» может также рассматриваться альтернативный лесному покров или породный состав лесонасаждений, поскольку лесная экосистема может потреблять значительное количество воды. Тем не менее, древесные насаждения корневой системой рыхлят почвы и противодействуют их эрозии, препятствуют распространению ветров, смягчают и выравнивают температурный режим, снижают неравномерности внутригодового стока воды, улучшают качество водных ресурсов, связывают углерод и понижают уровень парниковых газов в атмосфере, выполняют еще целый ряд важных функций. В этих условиях необходимо рациональное сочетание водопотребления, лесопользования и иных видов землепользования на определенных территориях.

При избыточном увлажнении почв, вызванном, например, обильными осадками, превышающими естественный уровень, особенно на фоне слабой водопроницаемости почв, происходит увеличение продолжительности весеннего паводка и устойчивое поднятие уровня водных объектов. При длительном затоплении территорий, покрытых лесом, или при повышении уровня грунтовых вод наблюдается недостаток кислорода в почве, что вызывает угнетенное состояние деревьев, а также усыхание древесных насаждений, а эти процессы негативно отражаются и на почвенном покрове.

Поскольку грунтовые воды имеют почти повсеместное распространение и участвуют в питании поверхностных водных объектов, они могут оказывать существенное влияние на рост и развитие лесонасаждений. Режим грунтовых вод отличается изменчивостью, их уровень подвержен сезонным и многолетним колебаниям. Химический состав грунтовых вод, степень их минерализации отличаются в зависимости от региональных особенностей, а на засушливых территориях, вследствие их сильного испарения, наблюдается сильное засоление почв. Понижение уровня грунтовых вод может уменьшить продуктивность лесонасаждений в тех случаях, когда корневые системы деревьев отрываются от грунтовых вод, что приводит к усыханию древостоя.

Лес предоставляет человеку воспроизводимый материальный ресурс – древесину, которая находит широкое применение в строительстве, в качестве топлива, в деревянном домостроении, производстве мебели, бумаги, картона и других полезных товаров. Заготовка и воспроизводство древесины – это один из видов лесопользования, который существенным образом влияет на водную среду. Гидрологический режим территорий находится в зависимости от видов рубок, осуществляемых при лесопользовании, и от проводимых лесохозяйственных мероприятий [3]. Помимо этого, природные условия – ветровалы и буреломы, нашествие вредителей и болезней, другие факторы, которые не всегда связаны с деятельностью человека, влияют на состояние лесов, а следовательно, и на лесную гидрологию. Лесохозяйственные мероприятия, проводимые для преодоления негативных последствий этих природных явлений, также необходимо согласовывать с состоянием и динамикой водных объектов.

Таким образом, при оценке устойчивости и экологического состояния водной среды территории нужно учитывать изменения, происходящие в лесной экосистеме данного района во времени. В качестве показателей, характеризующих лесонасаждения, следует использовать:

– лесотаксационные характеристики насаждений (формула породного состава, средний диаметр и средняя высота древостоя по породам, класс возраста, сомкнутость крон, класс бонитета и другие);

– данные дистанционных наблюдений за санитарным и лесопатологическим состоянием лесов и результаты лесопатологических обследований;

– результаты наблюдений, проводимых визуально и инструментальным способом, – выборочные наблюдения, направленные на установление средневзвешенного состояния по породам и по обследуемому насаждению в целом.

В результате мониторинга за состоянием водной среды и лесонасаждений выявляется динамика устойчивости и экологического благополучия территории.

Литература

1. Дмитриев, В. В. Интегральная оценка устойчивости водных экосистем. Конспект лекций / В. В. Дмитриев, Д. К. Алексеев. – Санкт-Петербург : РГГМУ, 2021. – 22 с.

2. Панютин, Н. А. Совершенствование организации мониторинга водных стоков и управления водными ресурсами в условиях Крайнего Севера / Н. А. Панютин // Комплексное изучение и освоение недр Европейского Севера России. Материалы всероссийской научно-технической конференции. – Ухта, 2021. – С. 173–176.

3. Смирнов, А. П. Влияние сплошных рубок на гидрологию и качество воды малых лесных водотоков / А. П. Смирнов, И. В. Верейко, Н. А. Верейко. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2011. – 100 с.

ЛИПА МЕЛКОЛИСТНАЯ НА ОБЪЕКТАХ ОЗЕЛЕНЕНИЯ Г. КАЗАНИ

[1] Г.А. Петрова, [2] Н.М. Пахомова, [2] Е.В. Пронина, [2] Е.Н. Захарова
[1]Россия, Казанский государственный аграрный университет
[2] Средняя общеобразовательная школа № 140
г. Казань

Аннотация. Липа – это популярная древесная порода, которая широко применяется в озеленении городов и населенных пунктов. Данный род представлен большим разнообразием видов и гибридных форм. В условиях нашей полосы наибольшее применение находит липа мелколистная, а также липа крупнолистная. Представители этого рода – высокие листопадные морозостойкие деревья. Благодаря теневыносливости они хорошо растут и под пологом других пород в качестве подлеска. В дубравах и смешанных лесах они участвуют в образовании верхнего яруса древостоя.
Ключевые слова: липа мелколистная, деревья, озеленение городов, санитарное состояние, морозостойкость.

Annotaition. Linden is a popular tree species that is widely used in landscaping cities and towns. This genus is represented by a wide variety of species and hybrid forms. In the conditions of our strip, small-leaved linden, as well as large-leaved linden, finds the greatest use. Representatives of this genus are tall deciduous frost–resistant trees. Due to their shade tolerance, they grow well under the canopy of other breeds as undergrowth. In oak forests and mixed forests, they participate in the formation of the upper tier of the stand.
Keywords: small-leaved linden, trees, urban landscaping, sanitary condition, frost resistance.

Современные города, от небольших до огромных мегаполисов, испытывают дефицит в зеленых насаждениях. При планировании озеленительных мероприятий специалисты для начала оценивают местность расположения объектов ландшафтной архитектуры, затем подбирают подходящий ассортимент древесно-кустарниковых растений. Озеленяют не только парки и скверы, но и дворы жилых домов, вдоль улиц и магистралей [4].

Благоустройство и озеленение городской среды должно учитывать некоторые аспекты: использовать новые знания об экологических возможностях растений, учитывать эко-

логические особенности не только городов и населенных пунктов в целом, но и отдельных районов, проводить озеленение по определенному ландшафтно-архитектурному стилю [8].

Среди большого многообразия древесных пород липа занимает важное место, поэтому ее часто применяют в озеленении городов и населенных пунктов. Биоэкологические, лесоводственные, санитарно-гигиенические и декоративно-эстетические особенности данной породы позволяют создавать насаждения с ее участием, а также организовывать и вести хозяйство в них [1].

Липа мелколистная или сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.) – самый распространенный вид этого рода. Деревья этого вида выдерживают сильные морозы без повреждений. Такая способность объясняется коротким этапом роста побегов, повышенной водоудерживающей способностью листьев и низкой интенсивностью их дыхания, особенно в первой половине лета, а также высоким содержанием (до 8 %) масел в молодых побегах. Линоленовая ненасыщенная кислота в составе жиров липы способна быстро и легко испаряться, выделяя тепло. Благодаря этому дерево способно переносить низкие температуры до -48 °С. Липа мелколистная – теневыносливая порода, доминант или содоминант широколиственных лесов [2].

Для озеленения городов и населенных пунктов она имеет большое значение. Практически нельзя встретить ни одного объекта ландшафтной архитектуры, в оформлении которого не встречалась бы липа [7]. Популярность липы мелколистной в озеленении связана с ее экологическими и декоративными свойствами [8]. Широкая, но достаточно компактная крона овальной формы, яркая зелень, цветущая весной, темно-серая кора делают это дерево очень декоративным. Дерево вырастает до 18–25 м в высоту, некоторые экземпляры достигают 30 м, диаметр ствола доходит до 1 м [2].

Несмотря на все достоинства этой породы, стоит отметить, что липа является прихотливой к почвенным условиям. Она предпочитает богатые, хорошо дренированные почвы. Также хорошо растет на свежих суглинках, супесях с суглинистыми прослойками, избегает сильно сухих и избыточно увлажненных почв. На бедных почвах и в затененных местах липа может принимать кустарниковую форму – такие деревья не столь пышные и высокие, но не менее декоративные. При пересадке липа почти не болеет и легко приживается на новом месте после транспортировки даже во взрослом состоянии [5, 6].

Главное преимущество, благодаря которому липа мелколистная стала особенно востребованной в озеленении, это ее устойчивость к загрязненному воздуху. Не все древесные породы являются устойчивыми к условиям городской среды. Липа хорошо переносит загазованность и пыль. Также это дерево не производит аллергенов [8].

Еще одной особенностью липы мелколистной является ее способность хорошо переносить стрижку и сохранять приданную кроне форму. Это позволяет создавать на объектах озеленения интересные архитектурные композиции [4, 3].

Для оценки качественного состояния липы пользовались шкалой распределения деревьев по трем категориям: «хорошее», «удовлетворительное» и «неудовлетворительное». На состояние липы мелколистной влияют различные факторы, одним из которых является наличие болезней и вредителей. На липе, как правило, не наблюдается массового размножения вредителей. Среди грибных болезней наиболее часто встречается гниль стволов (до 8–16 %). Полосатая гниль образуется из-за поражения ложным трутовиком, в результате чего через отмершие ветки ствола происходит заражение. Трутовик оказывает разрушающее воздействие на древесину. Также липа страдает от опенка, который поражает как молодые, так и старые деревья (5–10 %) [1, 9].

В г. Казани липа встречается повсеместно, на всех объектах ландшафтной архитектуры. Анализ таксационных показателей выявил, что высота деревьев варьировала в пределах от 3 м до 14 м. Таким образом, средняя высота с учетом ошибки среднего значения составила 8,5±05 м. Анализ насаждений липы показал, что деревья в основном находятся в хорошем состоянии. Экземпляров с повреждениями было обнаружено мало (рис. 1).

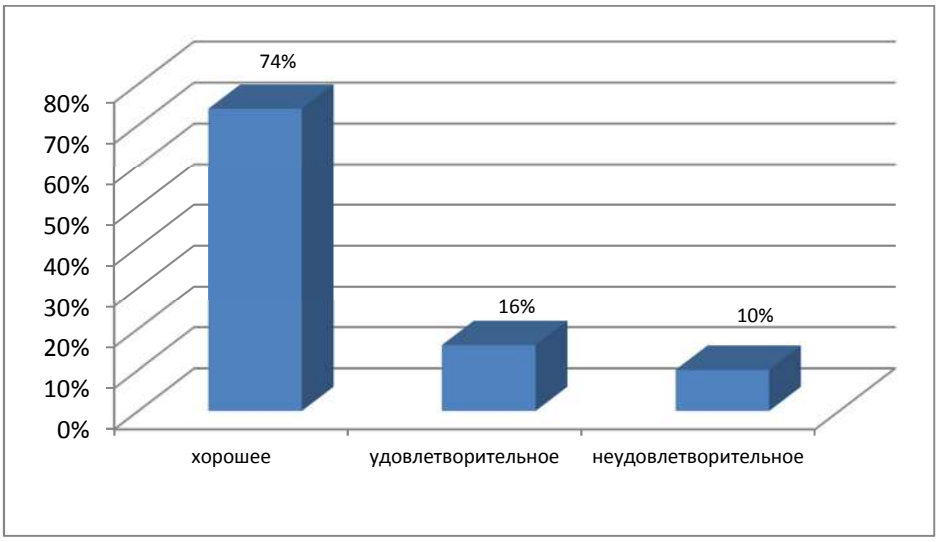


Рис. 1. Состояние липы мелколистной на объектах озеленения в г. Казани

Среди деревьев липы, находившихся в неудовлетворительном состоянии, были выявлены экземпляры с морозобойной трещиной и механическими повреждениями (рис. 2). Такие «травмы» ствола неизбежно ведут к поражению стволовой гнилью, так как открытые «раны» – это источник инфекции.



Рис. 2. Морозобойная трещина на стволе липы мелколистной на объекте ландшафтной архитектуры в г. Казани

Также визуальное обследование листьев липы показало наличие темно-бурой пятнистости на некоторых экземплярах деревьев, возбудителем которой является *Cercospora*

microsora Sacc (рис. 3). Выявленная патология ведет к ослаблению, усыханию и потере декоративных качеств растения. Причиной такого состояния является отсутствие своевременного контроля за санитарным состоянием насаждений.



Рис. 3. Темно-бурая пятнистость на листьях липы мелколистной

Более наглядно характер повреждения липы мелколистной на объектах озеленения показан на диаграмме (рис. 4).



Рис. 4. Характер повреждения липы мелколистной

Для поддержания насаждений липы в хорошем санитарном состоянии необходимо своевременно проводить мониторинг состояния и принимать меры по уходу за деревьями. Для предупреждения появления морозобойных трещин можно рекомендовать групповые посадки или плотные многорядные. Такие меры помогут минимизировать поражения морозобойными трещинами и будут способствовать увеличению прироста.

Использование липы мелколистной в озеленении городов и населенных пунктов оправдано. Эта порода устойчива к разным климатическим условиям, но некоторые районы препятствуют ее развитию несоответствием почвенных условий. Недостаток липы мелколистной состоит в том, что у нее более поздние сроки распускания листьев, чем у других пород, что уменьшает время вегетационного периода.

Литература

1. Александрова, М. С. Липа. Лесная энциклопедия / М. С. Александрова. – Москва : Советская энциклопедия, 1986. – С. 6–10.

2. Булыгин, Н. Е. Дендрология / Н. Е. Булыгин, В. Т. Ярмишко. – Москва : МГУЛ, 2003. – 528 с.

3. Гарафутдинова, Э. Р. Особенности благоустройства и озеленения мемориала героям Великой Отечественной войны советского района г. Казань / Э. Р. Гарафутдинова // Студенческая наука – аграрному производству: Материалы 79-й студенческой (региональной) научной конференции (Казань, 25–26 февраля 2021 г.). – Казань : Казанский государственный аграрный университет, 2021. – Т. 3. – С. 16–23.

4. Морозова, М. А. Роль зеленых насаждений в создании пейзажно-пространственной композиции парков и скверов / М. А. Морозова // Студенческая наука – аграрному производству : материалы 78-й студенческой (региональной) научной конференции (Казань, 27 февраля 2020 г.). – Казань : Казанский государственный аграрный университет, 2020. – Т. 3. – С. 64–68.

5. Сингатуллин, И. К. Анализ лесных культур, созданных по типу смешения кулисами в Республике Татарстан / И. К. Сингатуллин, Н. М. Ятманова, Р. А. Давлетшин // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры : Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Института механизации и технического сервиса и 90-летию Казанской зоотехнической школы (Казань, 28–30 мая 2020 г.). – Казань : Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 318–324.

6. Сингатуллин, И. К. Лесные культуры по типу смешения кулисами в Республике Татарстан / И. К. Сингатуллин // Лесное хозяйство и рациональное использование природных ресурсов (Казань, 12–13 апреля 2018 г.) / Материалы Региональной научно-практической конференции. – Казань : Казанский государственный аграрный университет, 2018. – Вып. 1. – С. 88–93.

7. Ходаков, Ю. И. Зеленый наряд города / Ю. И. Ходаков. – Ленинград : Лениздат, 1986. – 143 с.

8. Яницкий, О. Н. Экология города. Зарубежные междисциплинарные концепции / О. Н. Яницкий. – Москва : Наука, 1989. – 240 с.

9. Microclonal reproduction of common aspen (*Populus tremula* L.) genotypes in the Republic of Tatarstan / G. A. Petrova, N. M. Yatmanova, A. R. Mukhametshina [et al.]. – DOI 10.1088/1755-1315/935/1/012003 // IOP Con-ference Series: Earth and Environmental Science, Cheboksary, 16 апреля 2021 года. – Cheboksary, 2021. – P. 012003.

ОЦЕНКА ВОЗОБНОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД НА ЗЕМЛЯХ БЫВШИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ НА ТЕРРИТОРИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «РУССКИЙ СЕВЕР»

Ю.А. Платонова, В.А. Зайцева
Россия, Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина
г. Вологда, с. Молочное

Аннотация. Исследования по проблеме зарастания древесной растительностью постагрогенных площадей указывает на несколько ключевых аспектов, связанных с этим явлением: со сменой целевого использования сельскохозяйственных угодий возникают неиспользуемые площади. Эти территории могут подвергаться процессам природного зарастания из-за отсутствия активного сельскохозяйственного воздействия. В данном регионе процессы вторичной сукцессии изучены недостаточно. Поэтому основной целью нашего исследования было изучение процессов зарастания постагрогенных площадей на ранних стадиях сукцессии и оценка параметров сформировавшихся на них древостоев. В задачи входило выявить густоту, видовой состав древесных растений на разном расстоянии от «стен» леса, а также тип леса прилегающих массивов и состав древостоя. Мы выяснили, что количество подроста на участках постагрогенных земель может быть очень разнообразным и зависит от множества факторов, включая расстояние от источника обсеменения, природные условия, вмешательство человека и влияние живых организмов. Также путем управления сукцессионными процессами можно формировать лесные насаждения с определенными характеристиками, отвечающими хозяйственным и экологическим целям, по сравнению с древостоями, растущими на лесных землях.
Ключевые слова: сукцессии, подрост, сельскохозяйственные земли, зарастание, лесные насаждения.

Annotation. Research on the problem of woody vegetation overgrowing of post-agrogenic areas indicates several key aspects related to this phenomenon: with the change of the intended use of agricultural land, unused areas arise. These territories may be subject to natural overgrowth processes due to the lack of active agricultural impact. In this region, the processes of secondary succession have not been sufficiently studied. Therefore, the main purpose of our study was to study the processes of overgrowth of postagrogenic areas in the early stages of succession and to assess the parameters of the stands formed on them. The task was to identify the density, species composition of woody plants at different distances from the «walls» of the forest, as well as the type of forest of adjacent massifs and the composition of the stand. We found out that the amount of undergrowth in the areas of post-agrogenic lands can be very diverse, and depends on many factors, including the distance from the source of seeding, natural conditions, human intervention and the influence of living organisms. Similarly, by controlling succession processes, it is possible to form forest plantations with certain characteristics that meet economic and environmental goals, compared with stands growing on forest lands.
Keywords: succession, undergrowth, agricultural land, overgrowth, forest plantations.

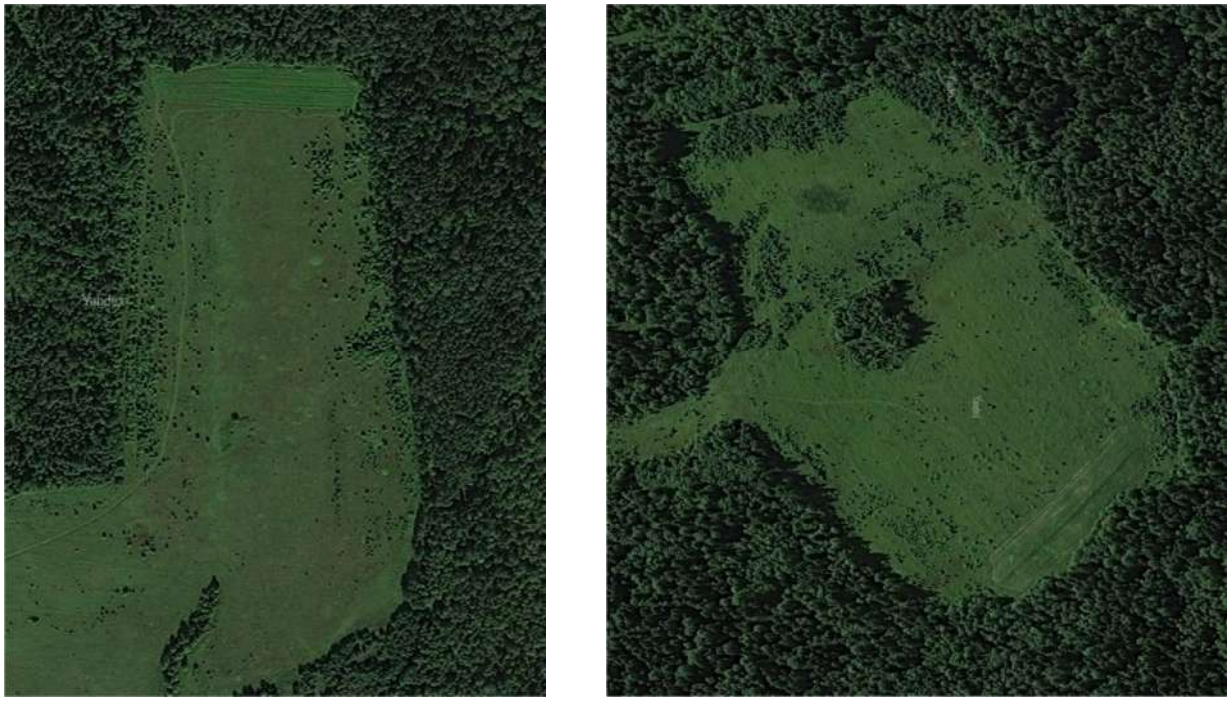
Актуальность исследования обусловлена тем, что в настоящее время значительные территории сельскохозяйственных земель в Российской Федерации выходят из оборота и стихийно зарастают древесной растительностью. Выявление закономерностей развития возобновительных процессов может способствовать оптимизации использования этих территорий. Целенаправленное регулирование сукцессионных процессов позволит увеличить лесоре-

сурсный потенциал региона за счет выращивания высокопродуктивных лесных насаждений на постагрогенных землях.

Общая площадь земель сельскохозяйственного назначения на территории Кирилловского района составляет 67,8 тыс. га, площадь сельхозугодий – 32,2 тыс. га, в том числе пашня –19,6 тыс. га. Площадь используемой пашни по состоянию на 1 января 2018 года составляет 10,4 тыс. га.

Для оценки зарастания земель на территории национального парка «Русский Север» нами были подобраны два объекта, на которых сельскохозяйственные работы не велись в течение последних 5–20 лет. Участок № 1, площадью 10 га, который регулярно подвергался обработке почвы под посев сельскохозяйственных культур, и участок № 2, площадью 8 га, который систематически использовался под выпас скота (рис. 1) [2].

Учет численности подроста осуществляли по методике А.В. Грязькина на круговых площадках площадью 10 м^2 (радиусом 1,8 м), заложенных по направлению ходовых линий от стены леса к концу пробной площади на расстоянии 20 м друг от друга (рис. 2).



№ 1 – пашня № 2 – пастбище

Рис. 1. Объекты исследования

Мы видим, что спутниковые снимки объектов (рис. 1) и результаты исследования густоты подроста (рис. 2) свидетельствуют о том, что густота подроста напрямую зависит от расстояния до источника обсеменения, а также от продолжительности неиспользования земель по их назначению. Так, у стен леса густота подроста на участке № 1 равна 9360 шт/га, на участке № 2 – 10 596 шт/га. По мере удаленности густота снижается и на расстоянии 100 м от стен леса она составляет на участке № 1 – 1589 шт/га, № 2 – 1998 шт/га, снижается на 84 % и 81 % соответственно. Помимо этого, на участках исследования путем визуальной оценки, были обнаружены самые старые деревья возрастом 20 лет. Вероятнее всего, именно они были пионерами на данных участках после прекращения использования земель.

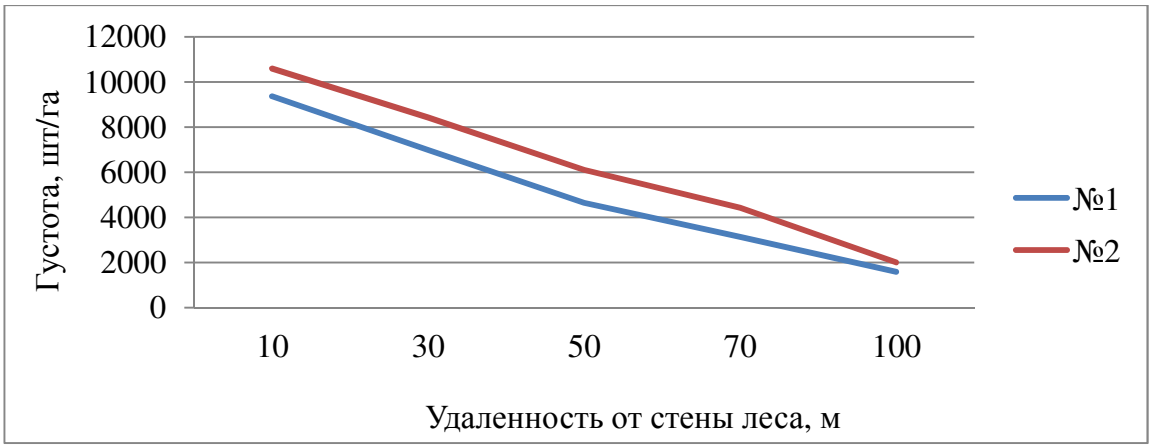


Рис. 2. Густота подроста в зависимости от удаленности от стены леса

Ясно, что зарастание участков происходит успешно. Формирующийся древостой характеризуется формулой на участке № 1 – 7Е2С1Ив+БедОСедОлх, № 2 – 6Е3С1Ив+БедОседОлх (рис. 3).



№ 1 – пашня № 2 – пастбище

Рис. 3. Зарастание участков

В целом можно отметить, что показатели густоты подроста позволяют надеяться на формирование на участках высокопроизводительных смешанных елово-сосновых древостоев с незначительной примесью березы. Однако решение данных задач возможно только при условии проведения рубок ухода за составом.

Идея вовлечения неиспользуемых сельскохозяйственных земель в экономический оборот и использование уже имеющейся инфраструктуры для устойчивого управления лесами и выполнения мероприятий по их сохранению может быть стратегическим шагом для оптимизации использования ресурсов и поддержания экологической устойчивости [3].

Литература

1. Красновидов, А. Н. Анализ хода роста и сохранности лесных насаждений, созданных на землях, вышедших из под активного сельскохозяйственного оборота / А. Н. Красновидов, Д. А. Данилов, Т. А. Шестаков. – Хабаровск : ФБУ «ДальНИИЛХ», 2014. – С. 257–259.

2. Морозов, А. М. Естественное возобновление на пашне / А. М. Морозов, Н. Н. Новоселова, С. В. Залесов. – Екатеринбург, 2007. – С. 237–238.

3. Магасумова, А. Г. Формирование древесной растительности на сельскохозяйственных угодьях в зависимости от вида пользования / А. Г. Магасумова, Е. В. Юровских, Л. Г. Бабушкина. – Екатеринбург : Уральское аграрное издательство, 2013. – С. 135–137.

ДВУХСОТЛЕТНЯЯ ХРОНОЛОГИЯ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ИЗ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ЛОСИНЫЙ ОСТРОВ»

[1]Д.Е. Румянцев, [1]В.В. Киселева, [1]М.А. Ляпичева, [2]Ю.С. Ачиколова
[1]Россия, Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана
г. Мытищи
[2]Россия, ВНИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства
г. Пушкино

Аннотация. Для территории Русской равнины все еще недостаточно представлены долгосрочные хронологии ели (*Picea abies* (L.) H. Karst.). В данном исследовании получена достаточно длинная (до 204 лет) хронология по живым деревьям ели, которая может быть использована в дальнейших исследованиях для построения долгосрочной хронологии ели с учетом археологической древесины и древесины деревянных построек. Объект исследований – сосняк с елью возрастом свыше 210 лет в границах национального парка «Лосиный Остров». Выполненные исследования базируются на образцах древесины (спилах), полученных со свежих ветровальных деревьев непосредственно над комлевой частью. В обобщенной хронологии по 18 образцам выражен тренд, связанный с увеличением ширины годичного кольца в последние десятилетия роста. Полученная хронология продемонстрировала высокую синхронность с полностью датированной в программе TSAP-Win хронологией из древостоя ели возрастом более 140 лет из Молокчинского заказника (Сергиево-Посадский район Московской области). В хронологии по среднему радиальному приросту за пять лет при помощи анализа Фурье выявлены 15-летние периоды колебаний радиального прироста. Сопоставление периодичности прироста с числами Вольфа, характеризующими солнечную активность, показывает высокую достоверную корреляцию в период с 1978 по 2014 гг. (коэффициент корреляции -0,80). Однако характер связи между приростом и солнечной активностью варьирует для разных периодов.

Ключевые слова: ель европейская, радиальный прирост, дендрохронология, дендроэкология, национальный парк «Лосиный остров».

Annotation. Long-term chronologies of spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst.) still underrepresented by nowadays for the territory of the East European Plain. This study presents a sufficiently long chronology (up to 204 years) of living spruce trees, which can be used in future investigations to compile a long-term chronology of spruce incorporating wood of archeological findings and timber buildings. Studied object is pine (*Pinus sylvestris* L.) forest with the admixture of spruce, with the age exceeding 210 years, located in the National Park Losiny Ostrov. Studies are based on wood cuts of wind-fallen trees taken from the lowermost part of trunks. The generalised chronology of 18 samples revealed the trend towards the increase of annual ring thickness in several last decades.

The chronology obtained demonstrated a high synchronicity with a completely TSAP-Win-dated chronology from the 140-year-old spruce stand of Molokchinsky protected landscape (Sergiev-Posad region, Moscow District). The application of the Fourier analysis revealed 15-year fluctuations of radial increment in the chronology based on 5-year average values. The comparison of increment periods with Wolf numbers characterizing solar activity shows a high reliable correlation for the period between 1978 and 2014 (correlation coefficient -0.80). However, the character of interrelations between radial increment and solar activity varies with time.
Keywords: norway spruce, radial growth, dendrochronology, dendroecology, National Park, Losiny Ostrov.

Алексеевская роща, возникшая на рубеже XVIII–XIX вв. и расположенная в НП «Лосиный остров», является уникальным природным объектом. Ветровал 2017 г. позволил отобрать в ней спилы, представляющие ценность для дендрохронологических исследований.

Для территории Русской равнины отсутствуют долгосрочные хронологии ели европейской (*Picea abies* (L.) H. Karst.), за исключением хронологии, построенной Ю.М. Жаворонковым для условий Вологодской области (неопубликованные данные), а также хронологии по живым деревьям ели [11] и смешанной хронологии по ели и сосне на основе археологической древесины и древесины построек [13], построенных в лаборатории дендрохронологии Института географии РАН под руководством В.В. Мацковского и О.Н. Соломиной для Московской области. В нашем случае получена достаточно длинная хронология по живым деревьям ели, которая может быть использована в дальнейших исследованиях для построения долгосрочной хронологии ели с учетом археологической древесины и древесины деревянных построек.

Результаты выполненных исследований ранее были частично опубликованы [2, 8, 9]. Выполненные исследования базируются на образцах древесины (спилах), охарактеризованных в таблице 1. Высота отбора спилов – от 0,5 до 1 м, непосредственно над комлем.

Таблица 1

Характеристика исходных образцов древесины

Номер учетного дерева	Диаметр 1, см	Диаметр 2, см	Средний диаметр, см	Максимальное число годичных колец на спиле, шт.
Спил 1	78	55	67	154
Спил 4	57	49	53	160
Спил 8	63	55	59	192
Спил 9	77	64	70	167
Спил 10	68	60	64	166
Спил 11	59	54	56	204

Для построения первичных хронологий была использована следующая методика. Поверхность спилов была зачищена фрезой по трем радиусам, расположенным друг относительно друга под углом 120 градусов. Поверхность была натерта порошком мела для лучшего проявления структуры годичных колец. Для измерения ширины отдельных колец и прироста по десятилетиям использовались измерительные лупы Led Scale Loupe 10x. перекрестная датировка хронологий выполнялась в программе TSAP-Win, в настоящее время этот процесс не завершен в полном объеме. Однако некоторые аспекты изменчивости прироста возможно анализировать уже на имеющемся дендрохронологическом материале.

Общие тенденции изменчивости прироста понятны из графика, приведенного на рисунке 1.

В обобщенной хронологии выражен тренд, связанный с увеличением ширины годичного кольца в последние десятилетия роста. Полученная хронология была сопоставлена с полностью датированной в программе TSAP-Win хронологией из древостоя ели возрастом более 140 лет из Молокчинского ботанико-энтомологического заказника (Сергиево-Посадский район Московской области). Сопоставление временных рядов велось на участке длиной 50 лет, его результаты отражает график на рисунке 2.

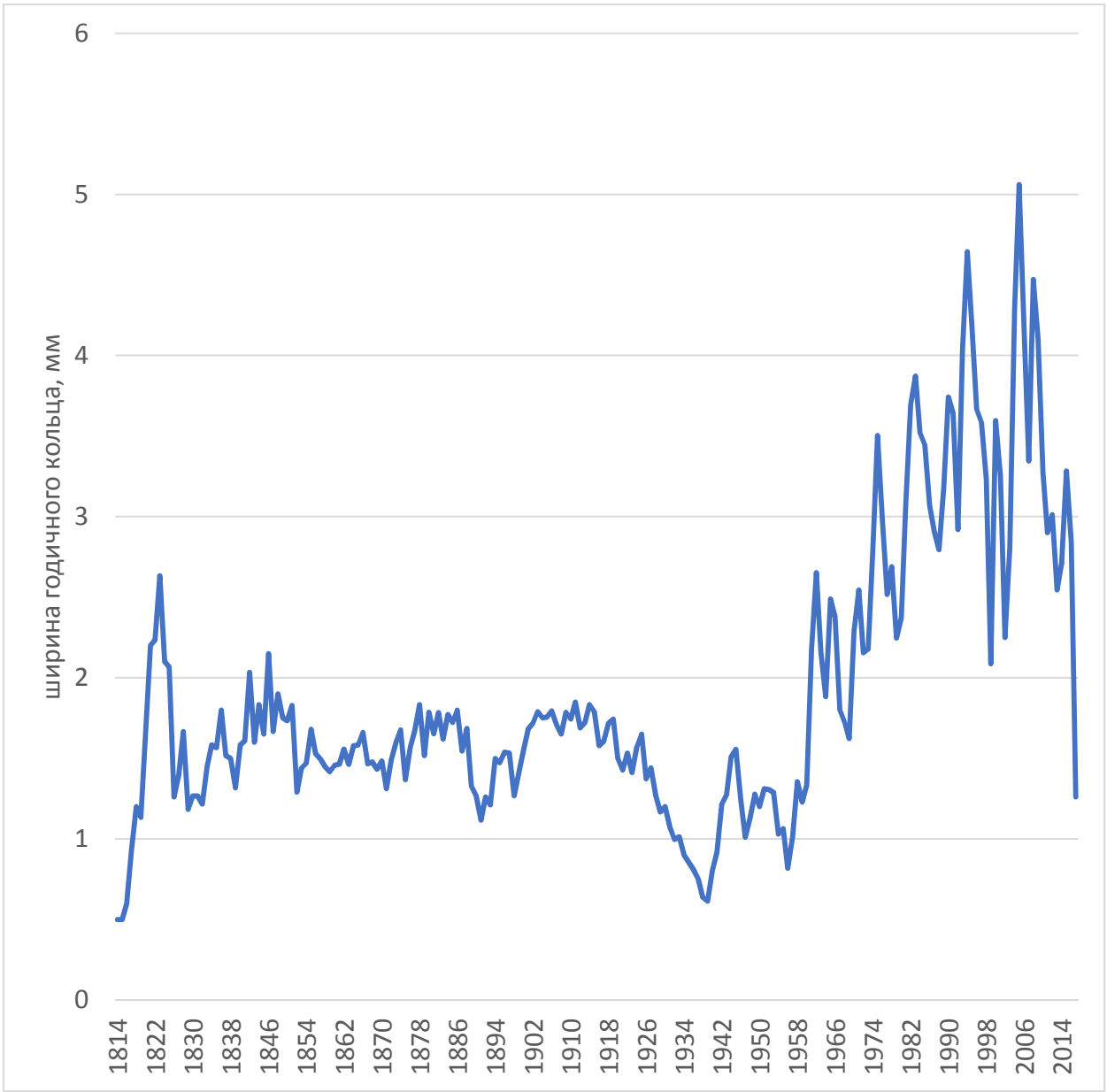


Рис. 1. Средняя хронология по ширине годичного кольца по результатам объединения 18 хронологий по разным радиусам на спилах шести модельных деревьев



Рис. 2. Сопоставление средних для древостоя хронологий по ширине годичного кольца для древостоя ели из Молокчинского заказника и Алексеевской рощи НП «Лосиный остров»

Следует сделать вывод, что на рассматриваемом временном интервале полученная хронология из НП «Лосиный остров» имеет высокую визуальную синхронность с хронологией из Молокчинского заказника. Важно, например, что в этих хронологиях совпадает минимум прироста 1992 года, обусловленный сильной засухой 1992 года.

Исходная хронология (рис. 1) была преобразована в хронологию по среднему радиальному приросту за пять лет, приведенную на рисунке 3. В такого рода хронологии во многом нивелированы ошибки, связанные с неправильной датировкой ряда годичных колец с точностью до одного года.

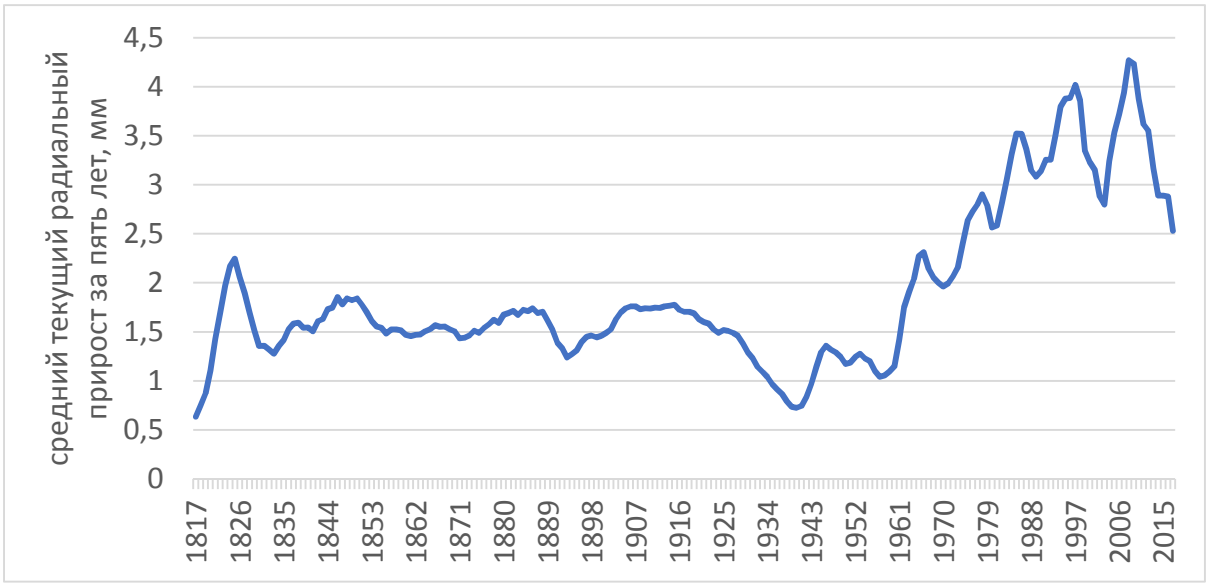


Рис. 3. Динамика среднего текущего прироста за пять лет в исследуемом древостое

В графике, отраженном на рисунке 2, просматривается цикличность в изменчивости прироста. Для исследования цикличности в изменчивости радиального прироста может успешно использоваться анализ Фурье [1, 4, 12]. В спектральном анализе исследуются периодические модели данных, его целью является разложение комплексных временных рядов с циклическими компонентами на несколько основных синусоидальных функций с определенной длиной волн. В результате успешного анализа можно обнаружить всего несколько повторяющихся циклов различной длины, присутствующих во временном ряду. Спектральный анализ распознает колебания различной длины и в результате дает возможность построить периодограмму и определяет оценки спектральной плотности. Методы спектрального анализа имеют большое значение для определения скрытой периодичности в данных. Результаты спектрального анализа обычно содержат коэффициенты частоты, периода, коэффициенты при синусах и косинусах, периодограмму и оценку спектральной плотности. Результаты анализа исследуемой хронологии (отраженной на рисунке 3) в программе STATISTICA 13.0 приведены на рисунке 4.

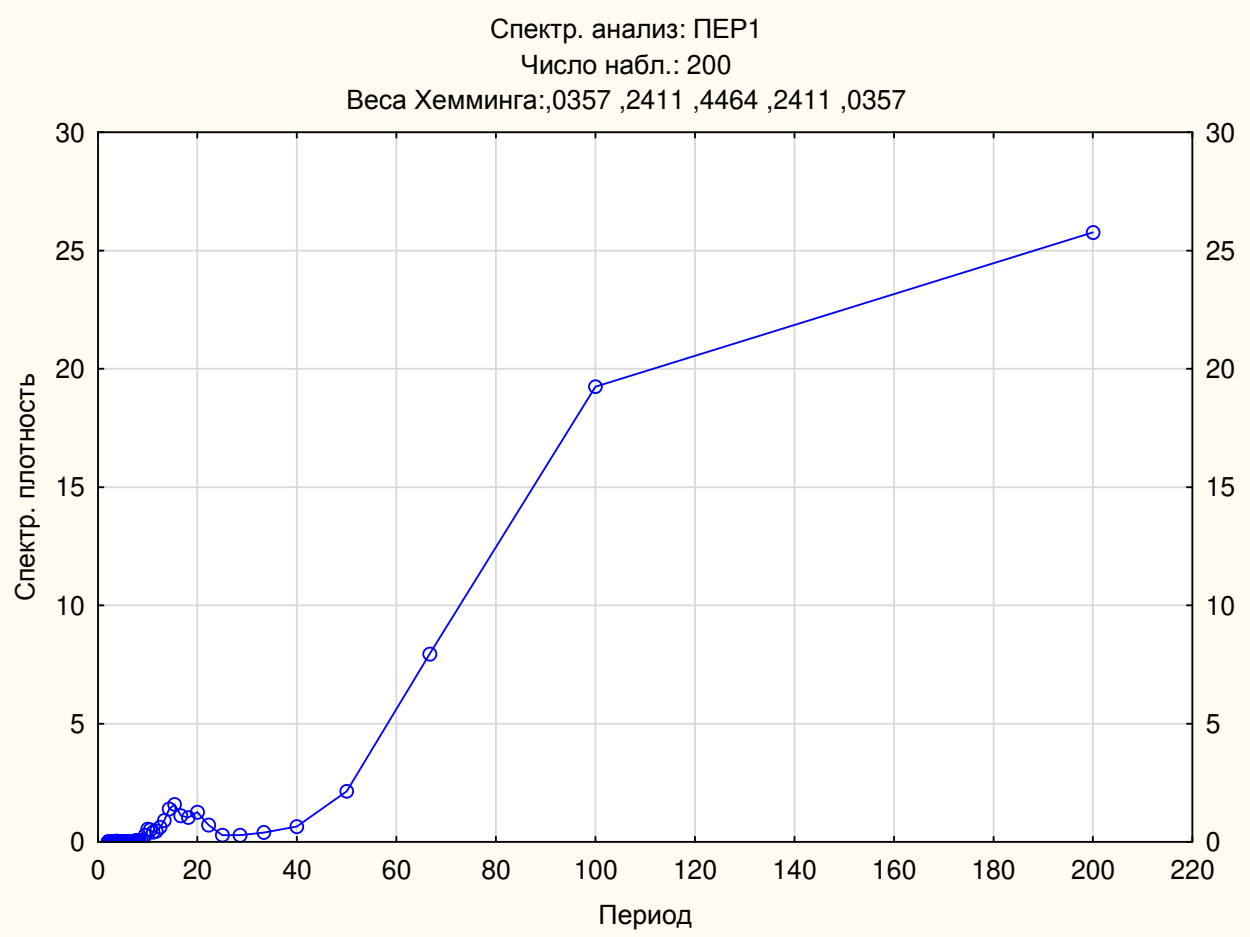


Рис. 4. Результаты спектрального анализа Фурье для временного ряда текущего радиального прироста за пять лет в исследуемом древостое

Анализируя график на рисунке 4, следует отметить, что процедура спектрального анализа выделила в изменчивости прироста периодическую компоненту с периодом около 15 лет. Данный результат должен быть в дальнейшем сопоставлен с результатми анализа обобщенной индексированной хронологии. Для выявления природы наблюдаемой цикличности был рассчитан коэффициент корреляции между исследуемой хронологией и временным рядом чисел Вольфа за период 1930–2014 годы, он составил -0,19, и это значение не до-

стоверно на уровне доверительной вероятности 0,05. Иная картина складывается, если рассмотреть динамику скользящих значений коэффициента корреляции за 20 летний период. В этом случае при уровне доверительной вероятности 0,05 достверны значения коэффициента корреляции от 0,44 и выше. Динамику скользящего коэффициента кореляции отражает график на рисунке 5.

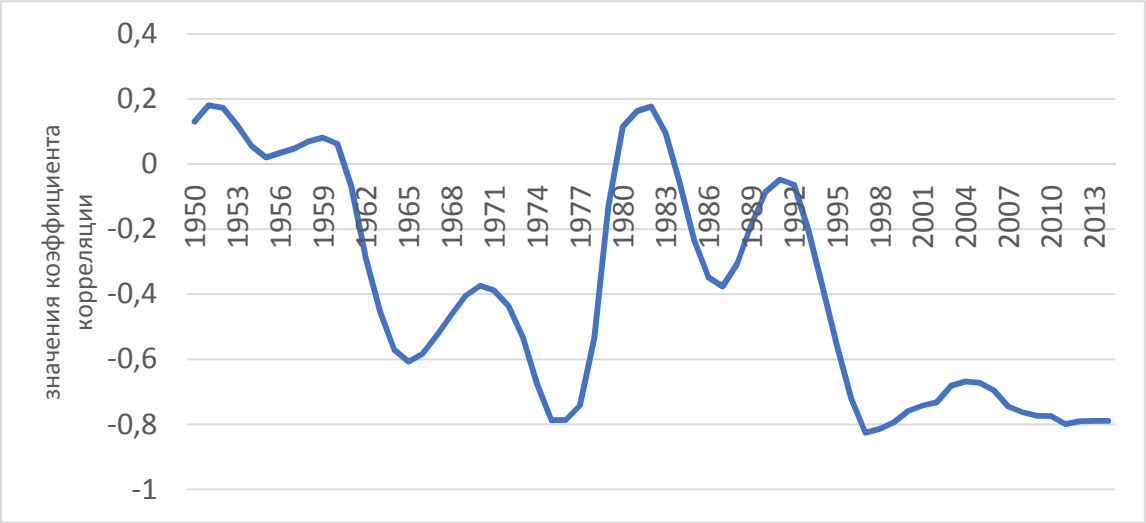


Рис. 5. Динамика скользящего коэффициента корреляции между средним текущим радиальным приростом за пять лет и числами Вольфа в исследуемом древостое

Таким образом, характер связи между приростом и солнечной активностью варьирует для разных периодов. Например, высокие достоверные значения скользящего коэффициента корреляции наблюдаются в период 1997–2014 гг. Обобщенный коэффициент корреляции за период 1978–2014 гг. равен -0,80, что достоверно на уровне доверительной вероятности 0,01; сопряженную динамику рассматриваемых временных рядов отражает рисунок 6.

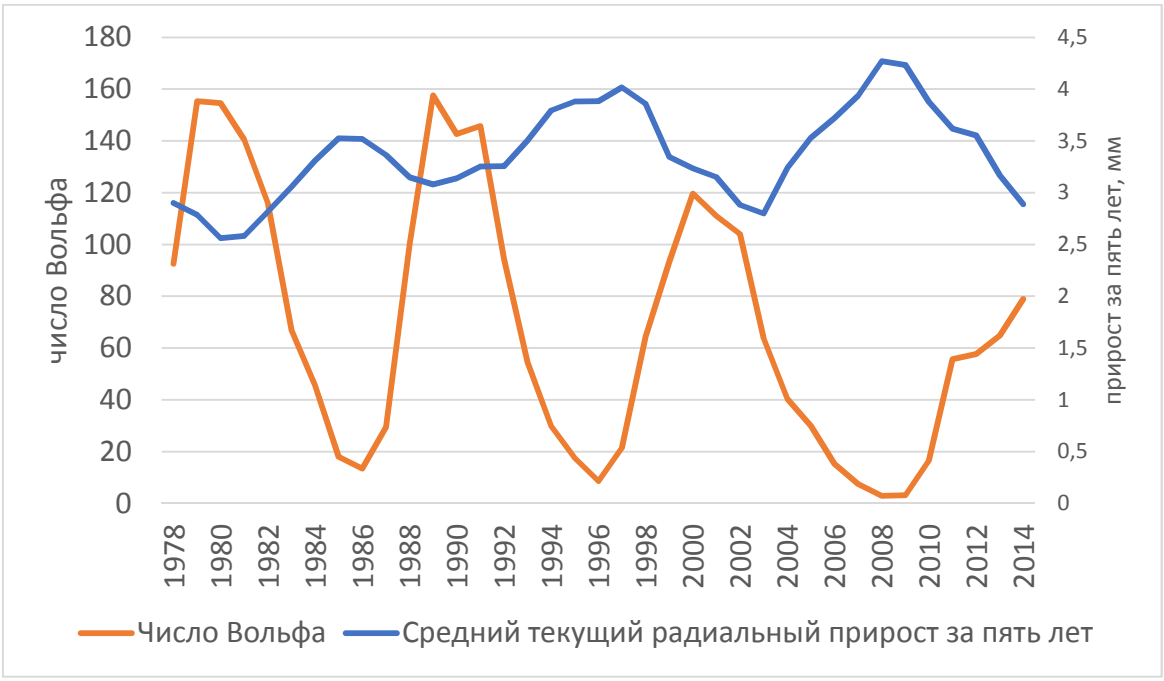


Рис. 6. Сопряженная динамика радиального прироста и чисел Вольфа на интервале 1978–2014 гг.

Наблюдаемая нами картина во много аналогична результатам исследования характера связи между приростом и солнечной активностью для сосны острова Ольхон (озера Байкал) [7] и осины из Мордовского заповедника [10]: характер связи между приростом и солнечной активностью варьирует для разных временных интервалов. Это можно связывать с модифицирующим влиянием на межгалактических космических лучах, взаимодействующих с ионизирующим излучением Солнца согласно схеме, приведенной в работе М.Г. Романовского и Р.В. Щекалева [6] (рис. 7).

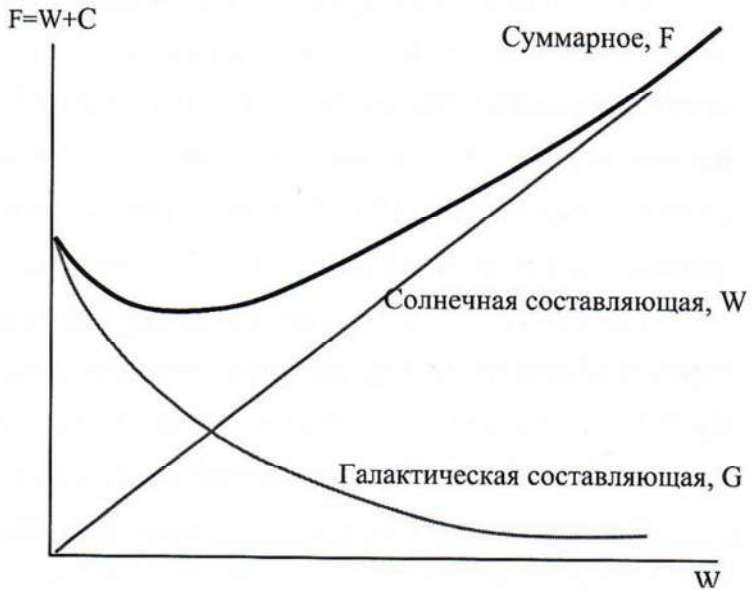


Рис. 7. Концептуальная модель, объясняющая связь интенсивности межгалактического космического излучения и солнечной радиации

Не исключено также влияние на рассматриваемые процессы макроциклов Солнечной системы [5].

Литература

1. Демина, А. В. Особенности эколого-климатического отклика радиального прироста сосны обыкновенной в двух дефицитных по увлажнению регионах Сибири : диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / А. В. Демина – Воронеж : ВГЛТУ имени Г. Ф. Морозова, 2022. – 133 с.

2. Киселева, В. В. История и современное состояние сосняков Алексеевской рощи национального парка «Лосиный остров» / В. В. Киселева, В. Д. Ломов, В. И. Обыденников, А. П. Титов // Лесоведение. –2010. – № 3. – С. 42–52.

3. Лакин, Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – Москва : Высшая школа, 1973. – 343 с.

4. Комаров, Е. Г. Оценка цикличности колебаний прироста в древостоях осины на основе анализа Фурье / Е. Г. Комаров, Д. Е. Румянцев, Н. С. Воробьева // Journal of Agriculture and Environment. – 2023. – № 4 (32). – С. 1–14.

5. Ретеюм, А. Ю. Дендрохронология больших циклов Солнечной системы / А. Ю. Ретеюм // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. – № 5 б. – Вып. 18. – С. 135–133.

6. Романовский, М. Г. Лес и климат Центральной полосы России / М. Г. Романовский, Р. В. Щекалев. – Архангельск : Правда Севера, 2009. – 110 с.

7. Румянцев, Д. Е. Анализ динамики радиального прироста в 445-летней древесно-кольцевой хронологии сосны из Прибайкальского национального парка // Д. Е. Румянцев, А. В. Черакшев / Лесохозяйственная информация. – 2018. – № 1. – С. 41–49.

8. Румянцев, Д. Е. Динамика радиального прироста в ценопопуляции ели европейской из Алексеевской рощи Национального парка «Лосиный остров» / Д. Е. Румянцев, В. В. Киселева, Н. С. Воробьева // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – № 9–1 (99). – С. 49–54.

9. Румянцев, Д. Е. Дендрохронологические исследования в Алексеевской роще Национального парка «Лосиный остров» / Д. Е. Румянцев, В. В. Киселева, М. А. Мелихова // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Цифровые технологии в лесной отрасли». – Воронеж, 2022. – С. 164–170.

10. Румянцев, Д. Е. Влияние солнечной активности на рост осины в условиях Мордовского заповедника / Д. Е. Румянцев, Н. С. Воробьева // Экологический мониторинг и моделирование экосистем. – 2023. – Т. 34, № 1–2. – С. 128–142.

11. Соломина, О. Н. Засухи Восточно-Европейской равнины по гидрометеорологическим и дендрохронологическим данным / О. Н. Соломина, И. С. Бушуева, Е. А. Долгова, А. Н. Золотокрылин [и др.]. – Санкт-Петербург : Нестор-История, 2017. – 360 с.

12. Халафян, А. А. Statistica 6. Статистический анализ данных : учебник / А. А. Халафян. – 3-е изд. – Москва : Бином-Пресс, 2008. – 512 с.

13. Solomina, O. N. Tree-ring data set for dendroclimatic reconstructions and dendrochronological dating in European Russia / O. N. Solomina, V. V. Matskovsky, E. A. Dolgova [et al.] // SCIENTIFIC DATA. – 2022. – Vol. 9, № 367. – P. 1–11. – URL: http://dx.doi.org/10.1038/s41597-022-01456-6 (дата обращения: 24.03.2023). – Text : Electronic.

14. Солнечная активность. – Текст : электронный // Геофизика : сайт. – URL: https://meteo-dv.ru/geospace/AverageMonthW (дата обращения: 24.03.2023).

РЕСУРСНАЯ И ФИТОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА *VACCINIUM VITIS-IDAEA* L. В СПЕЛЫХ ЕСТЕСТВЕННЫХ PINETUM PLEUROZIUM ЗАКАЗНИКА «ГРОДНЕНСКАЯ ПУЩА»

А.И. Садковская, О.В. Созинов
Беларусь, Гродненский государственный университет им. Янки Купалы
г. Гродно

Аннотация. Проведены многолетние мониторинговые исследования урожайности и фитохимических характеристик лекарственного сырья *Vaccinium vitis-idaea* L. (брусника) в спелых естественного происхождения сосняках мшистых (Pinetum pleuroziosum) заказника «Гродненская Пуща» (Республика Беларусь). Урожайность воздушно-сухого сырья Cormi Vitis idaeae за 4 полевых сезона варьировала от 0,92±0,14 до 51,07±0,82 г/м^2 и суммарном содержании антоцианов в Vaccinii vitis-idaeae folia – от 0,02±0,01 до 0,27±0,02 % и суммарном содержании проантоцианидинов – от 3,78±1,61 до 14,49±0,16 %. Отмечена положительная линейная зависимость урожайности Cormi Vitis idaeae от увлажнения почвы (r_s=0,67, $p<0,05$) и отрицательная линейная зависимость суммарного содержания антоцианов от содержания азота в почве (r_s=-0,65, $p<0,05$).
Ключевые слова: Cormi Vitis idaeae, Pinetum pleuroziosum, *Vaccinium vitis-idaea*, урожайность, биологически активные вещества.

Annotation. Long-term monitoring studies of the yield and phytochemical characteristics of the medicinal raw material *Vaccinium vitis-idaea* L. (lingonberry) were carried out in naturally ripe mossy pine forests (Pinetum pleuroziosum) of the Grodnenskaya Pushcha reserve (Republic of Belarus). The yield of air-dried raw material Cormi Vitis idaeae over 4 field seasons varied from 0,92±0,14 to 51,07±0,82 g/m^2 and the total content of anthocyanins in Vaccinii vitis-idaeae folia from 0,02±0,01 to 0,27±0,02 % and the total content of proanthocyanidins from 3,78±1,61 to

14,49±0,16 %. There was a positive linear dependence of the yield of Cormi Vitis idaeae on soil moisture (r_s=0,67, p<0,05) and a negative linear dependence of the total anthocyanin content on the nitrogen content in the soil (rs=-0,65, p<0,05).
Keywords: Cormi Vitis idaeae, Pinetum pleuroziosum, *Vaccinium vitis-idaea*, yield, biologically active substances.

В Республике Беларусь *Vaccinium vitis-idaea* L. (брусника) произрастает в широком диапазоне эколого-фитоценотических условий, распространена в хвойных и смешанных лесах, на вырубках, встречается во всех геоботанических подзонах [3]. Чаще всего она встречается в травяно-кустарничковом ярусе сосновых и лиственничных лесов (ТЛУ от А0 до Д5), но, несмотря на то что брусника является компонентом значительного спектра растительных сообществ, она не обладает при этом выраженной конкурентной способностью по отношению к другим видам травяно-кустарничкового яруса и даже в условиях фитоценотического оптимума в бруснично-мшистой ассоциации не является абсолютным доминантом [3], поэтому нуждается в детальном изучении.

Vaccinii vitis-idaeae folia (листья *Vaccinium vitis-idaea*) – лекарственное сырье, используемое в фармакопейной промышленности Беларуси [2]. В медицине используются препараты листьев *V. vitis-idaea* в виде отваров, настоев и в составе сборов в качестве мочегонного, антисептического и вяжущего средства главным образом при почечнокаменной болезни, а также при подагре, суставном ревматизме, диарее [2, 4, 5, 6].

Ресурсоведческие исследования мы проводили с 2019 по 2022 год на территории республиканского ландшафтного заказника «Гродненская Пуща» (Августовское лесничество Гродненского лесхоза). Сбор Cormi Vitis idaeae (побеги *V. vitis-idaea*) осуществляли во второй половине августа с 240 учетных площадок (S=1 м^2) в естественных спелых сосняках мшистых (Pinetum pleuroziosum). На начало исследований, согласно таксационным данным, возраст древостоя изученных насаждений составил 82 (2018 год), 87 и 87 лет (2020 год). Урожайность (г/м^2) Cormi Vitis idaeae определяли методом проективного покрытия [1]. В учетных площадках определяли проективное покрытие *V. vitis-idaea*, а также в 1 дм^2 (наиболее заполненном в пределах 1 м^2) срезали сырье (побеги). Далее сырье сушили воздушно-теневым способом и определяли воздушно-сухую фитомассу на лабораторных весах НТ-220 CE с ±0,01. Оценку урожайности Cormi Vitis idaeae осуществляли следующим образом: массу воздушно-сухого сырья (с 1 дм^2) умножали на проективное покрытие, снятое с 1 м^2. Запас сырья = (урожайность, г/м^2–2*ошибку урожайности)*площадь, га*встречаемость вида; объем ежегодной заготовки=запас сырья/(5+1). Фитоиндикацию экологических режимов биотопов проводили по Г. Элленбергу [7]. Проверку на нормальность выборок проводили по критерию Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилкса в программе Statistica 10, а также рассчитывали среднее значение, ошибку среднего значения, коэффициент вариабельности и коэффициент корреляции Спирмена.

В результате анализа полученных данных урожайность воздушно-сухого сырья Cormi Vitis idaeae в спелых Pinetum pleuroziosum за 4 полевых сезона варьирует в пределах от 0,92±0,14 до 51,07±0,82 г/м^2 при коэффициенте вариабельности 40,1–316,0 % (табл. 1). Относительно максимальные значения урожайностей во всех изученных фитоценозах характерны 2020 году при вариабельности от 44,3 до 88,2 %.

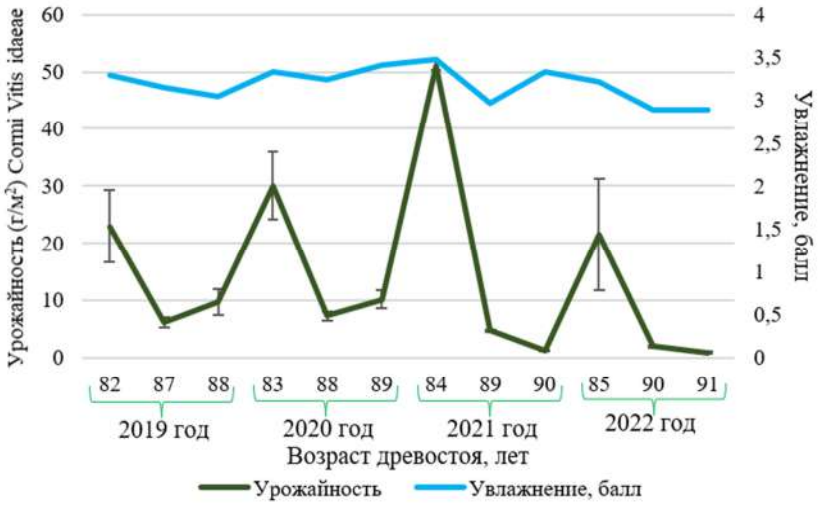
Нами отмечена достоверная положительная линейная связь между урожайностью Cormi Vitis idaeae и увлажнением почвы (r_s=0,67, p<0,05) в спелых Pinetum pleuroziosum (рис. 1); линейная зависимость между урожайностью и освещенностью, содержанием азота в почве и кислотностью не выявлены (p>0,05).

Таблица 1

Урожайность Cormi Vitis idaeae в спелых естественных сообществах Pinetum pleurozium

Год исследований	Возраст древостоя, лет	V, %	Урожайность, г/м^{2*}		Запас сырья, кг/га	Объем ежегодной заготовки, кг/га 1 раз в 5 лет
			M±m	C_v, %		
2019	82	100	22,96±6,32	123,1	103,22	17,20
	87	96	6,17±0,86	62,1	17,84	2,97
	88	96	9,69±2,20	99,1	50,87	8,48
2020	83	100	30,00±5,92	88,2	181,61	30,27
	88	12	7,24±0,72	44,3	6,97	1,16
	89	88	10,12±1,55	68,6	61,70	10,28
2021	84	96	51,07±0,82	316,0	1091,46	181,91
	89	92	4,69±0,89	85,1	61,41	10,24
	90	24	1,25±0,14	49,1	5,37	0,90
2022	85	92	21,47±9,77	203,6	17,66	2,94
	90	80	1,96±0,18	40,1	12,87	2,14
	91	20	0,92±0,14	70,2	1,26	0,21

Примечание:
1 – * – воздушно-сухие Cormi Vitis idaeae;
2 – M±m – среднее значение параметра±ошибка среднего значения параметра;
3 – C_v – коэффициент вариабельности, %;
4 – V – встречаемость на пробной площади, %.



Примечание: черными отрезками обозначена ошибка среднего значения

Рис. 1. Зависимость урожайности Cormi Vitis idaeae от увлажнения почвы (r_s=0,67) в спелых Pinetum pleuroziosum

Результаты фитохимического анализа листьев брусники (Vaccinii vitis-idaeae folia) в спелых Pinetum pleuroziosum показали, что суммарное содержание антоцианов варьирует от 0,02±0,01 до 0,27±0,02 % с относительным максимумов во всех фитоценозах в 2020 году, так же как урожайность Cormi Vitis idaeae, что, на наш взгляд, обусловлено благоприятными погодными условиями в вегетационный период (табл. 2). Суммарное содержание проантоцианидинов в Vaccinii vitis-idaeae folia варьирует от 3,78±1,61 до 14,49±0,16 %, с относительно максимальными значениями во всех фитоценозах в 2022 году.

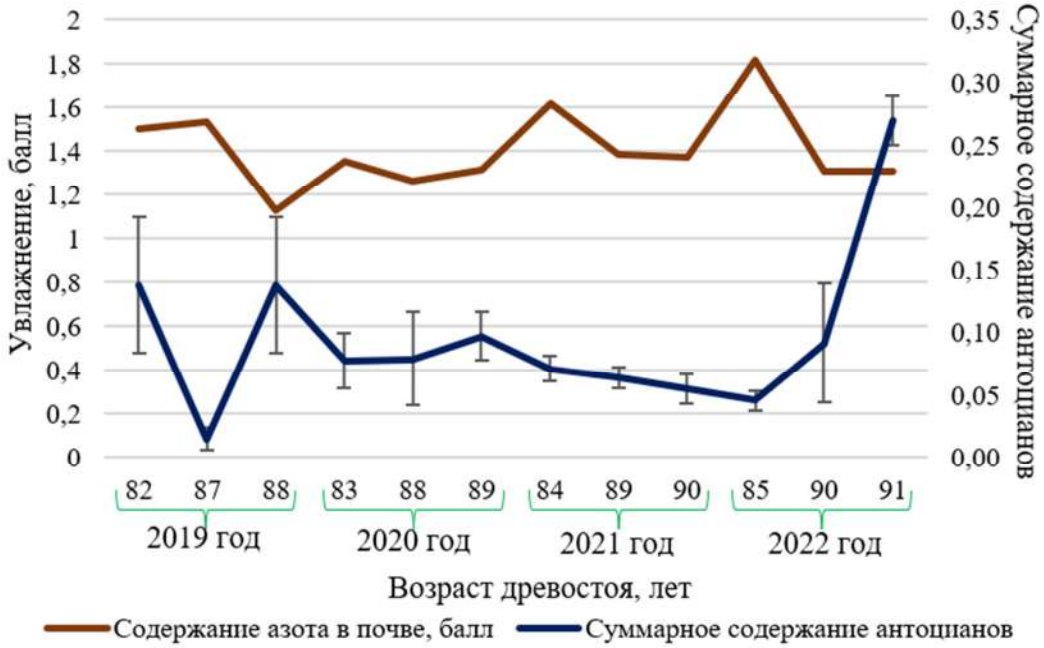
Таблица 2

Суммарное содержание антоцианов и проантоцианидинов Vaccinii vitis-idaeae folia в Pinetum pleurozium

Год исследований	Возраст древостоя, лет	Суммарное содержание антоцианов, %	Суммарное содержание проантоцианидинов, %
2019	82	0,03±0,01	6,08±0,18
	87	0,08±0,02	6,31±0,31
	88	0,06±0,01	5,81±0,21
2020	83	0,14±0,05	6,43±0,41
	88	0,08±0,04	6,59±0,26
	89	0,09±0,05	3,78±1,61
2021	84	0,02±0,01	8,41±0,34
	89	0,06±0,01	7,13±0,35
	90	0,05±0,01	10,93±0,19
2022	85	0,10±0,02	14,31±0,28
	90	0,07±0,01	13,53±0,22
	91	0,27±0,02	14,49±0,16

Примечание: среднее значение параметра±ошибка среднего значения параметра

Нами отмечена достоверная отрицательная линейная связь между суммарным содержанием антоцианов в Vaccinii vitis-idaeae folia и содержанием азота в почве (по шкалам Элленберга) (r_s=-0,65, p<0,05) в Pinetum pleuroziosum (рис. 2). Линейная связь между освещенностью, содержанием азота в почве и кислотностью и суммарным содержанием антоцианов достоверные линейные связи не выявлены (p>0,05), также линейная связь не выявлена между суммарным содержанием проантоцианидинов и экологическими характеристиками изученных сообществ.



Примечание: черными отрезками обозначена ошибка среднего значения

Рис. 2. Зависимость суммарного содержания антоцанов в Vaccinii vitis-idaeae folia от содержания азота в почве (r_s=-0,65) в спелых Pinetum pleuroziosum

Таким образом, урожайность Cormi Vitis idaeae в спелых Pinetum pleuroziosum за период исследований характеризуется значениями от 0,92±0,14 до 51,07±0,82 г/м^2, при фитохимических показателях 0,02±0,01 до 0,27±0,02 % (суммарное содержание антоцианов) и 3,78±1,61 до 14,49±0,16 % (суммарное содержание проантоцианидинов). Средняя положительная линейная зависимость характерна урожайности Cormi Vitis idaeae от увлажнения почвы (r_s=0,67, p<0,05) и отрицательная – суммарного содержания антоцианов в Vaccinii vitis-idaeae folia и содержанием азота в почве (r_s=-0,65, p<0,05). Для оптимального количественного и качественного сбора Cormi Vitis idaeae в старовозрастных Pinetum pleuroziosum следует учитывать почвенные показатели данных сообществ и особенности погодных условий вегетационного периода.

Литература

1. Буданцев, А. Л. Ресурсоведение лекарственных растений. Методическое пособие к производственной практике для студентов фармацевтического факультета / А. Л. Буданцев, Н. П. Харитонова. – Санкт-Петербург: СПХФА, 1999. – 56 с.

2. Государственная фармакопея Республики Беларусь. Общие и частные фармакопейные статьи. Разработана на основе Европейской Фармакопеи / Министерство здравоохранения Республики Беларусь, Республиканское унитарное предприятие «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении». – Минск, 2007. – Т. 2. – 471 с.

3. Морозов, О. В. Брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.) сосновых лесов Беларуси / О. В. Морозов ; под редакцией Ж. А. Рупасовой. – Минск : Право и экономика, 2006. – 114 с.

4. Национальный атлас Республики Беларусь. – Минск : Белкартография, 2002. – 292 с.

5. Поляковская, М. Лесные лекарственные растения / М. Поляковская. – Варшава : Государственное издательство сельскохозяйственной и лесной литературы, 1986. – 252 с.

6. Попов, В. И. Лекарственные растения / В. И. Попов ; под редакцией Д. К. Шапиро, И. К. Данусевич. – 2-е изд. перераб. и доп. – Минск : Полымя, 1990. – 304 с.

7. Ellenberg, H. Zeigerwerte der Geffasspflanzen Mitteleuropas Gottingen / H. Ellenberg. – 1991. – 282 s.

THUJA OCCIDENTALIS L. В УРБАНОФЛОРЕ АРХАНГЕЛЬСКА

Г.Н. Стругова, С.Р. Страздаускене, С.Е. Страздаускас, Н.Р. Сунгурова
Россия, Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова
г. Архангельск

Аннотация. В статье анализируются процессы роста и фенологического развития туи западной (*Thuja occidentalis* L.). Наблюдения проводились в насаждениях г. Архангельска. Отмечено, что туя западная в условиях Европейского Севера цветет очень редко, не образует доброкачественных семян, вымерзает в суровые зимы.
Ключевые слова: туя западная, интродуценты, озеленение, фенология, наблюдения, вегетационный период, фазы роста и развития, древесные виды.

Annotation. The article analyzes the processes of growth and phenological development of *Thuja occidentalis* L. Observations were carried out in the plantings of Arkhangelsk. It is noted that *Thuja occidentalis* in the conditions of the European North blooms very rarely, does not form good-quality seeds, freezes in harsh winters.
Keywords: *Thuja occidentalis* L., introducers, landscaping, phenology, observations, vegetation period, growth and development phases, tree species.

Зеленые насаждения в городах Европейского Севера в связи с суровостью климата не отличаются видовым разнообразием. Это сказывается на эстетической привлекательности урбанистической флоры и на физиологическом и эмоциональном поведении местного населения. Поэтому ландшафтные архитекторы вынуждены вводить в городские посадки иноземные декоративные виды деревьев и кустарников посредствам интродукции.

Особое внимание в урбанофлоре Севера уделяется хвойным видам (соснам, елям, лиственницам, а также туе, пихте, можжевельнику), выполняющим санитарно-экологическую и архитектурно-художественную функции на объектах ландшафтной архитектуры в течение всего года. Городская среда сильно отличается от естественной, природной своими климатическими и экологическими условиями. Воздух в городе характеризуется высоким содержанием углекислоты. Она не может быть усвоена растениями сразу в процессе фотосинтеза, так как становится доступной для них, на солнечном свете спустя пару часов, а в темноте или при рассеянном свете только через сутки. В этом случае использование вечнозеленых хвойных частично решит проблему за счет их максимальной суточной и годичной продуктивности фотосинтеза [1].

Основным преимуществом хвойных является их санирующее действие. Установлено, что на единицу массы листьев оседает в 1,5 раза меньше пыли, чем на единицу массы хвои. Большую роль для комфортной жизни людей играет ионизирующая способность растений, прежде всего хвойных (ряд видов сосен, лиственница сибирская, можжевельник сибирский) [2].

Многие хвойные обладают антимикробными свойствами. И.В. Санаев [3] отмечает, что в местах, где высажена туя, количество микробов в воздухе уменьшается почти в три раза. Выполняют хвойные и фитонцидную функцию. Так, одно дерево сосны выделяет до 5 кг фитонцидов за сутки. Они способны убить инфузорию. А фитонциды лиственницы сибирской, сосны и ели ингибируют рост и развитие кишечной палочки. Кроме этого, хвойные растения имеют способность адсорбировать некоторые химические элементы из атмосферы, например кобальт, медь, цинк, хром, титан, молибден и свинец.

Голосеменные виды обладают значительным шумозащитным эффектом за счет наличия густой хвои в течение всего года. Также хвойные насаждения заметно уменьшают скорость ветра в городе зимой.

Основная сложность введения хвойных пород в озеленение – их высокая чувствительность к негативным факторам городской среды. Это связано с более низким, чем у лиственных видов, уровнем метаболизма и несовершенной проводящей системой. Также причинами такой чувствительности являются большая биологическая и экологическая функции хвойных в насаждениях и их большая продолжительность жизни, как в целом особи, так и ассимиляционного аппарата (хвои) в частности [2].

Среди представителей голосеменных доля североамериканского интродуцента – туи западной – составляет всего 6 %. В суровых условиях г. Архангельска туя используется в основном для озеленения фасадов зданий и украшения магазинных витрин и террас. Большая часть представлена контейнерным озеленением. Это позволяет декорировать территории, где нет возможности производить посадки (заасфальтированные территории, мощеные дорожки), придает мобильности декоративной зеленой композиции, поскольку контейнеры с растениями выносят на улицу только в безморозный период.

Посадки туи западной на открытом месте в городе Архангельске сильно страдают от солнечных ожогов в весенний период, когда богатая ультрафиолетом солнечная энергия отражается от снежного покрова.

Туя западная (*Thuja occidentalis* L.) в культуре растет в виде кустарника или деревца, достигая в Архангельске в 15 лет 2,2 м в высоту. Анализ проведенных нами многолетних фенологических наблюдений показывает, что вегетационный период туи западной наступает 21–24 мая, при сумме накопленных эффективных температур 257–294 °С.

Цветение данного интродуцента в условиях Севера наблюдается очень редко, раз в 10–12 лет, иногда реже [4]. К примеру, массовое пыление туи западной в дендрарии г. Сочи [5] наблюдается в среднем в период с 25 апреля по 06 мая. Е.А. Кучинская [6] отмечает, что в Республике Адыгея цветение данного вида зафиксировано в период с 19 марта по 9 апреля.

Проведенные исследования показывают, что туя, произрастающая в урбанофлоре Архангельска, не формирует репродуктивные органы. Развитие этого интродуцента не укладывается в изменившийся вегетационный период, в связи с недостаточным количеством солнечной радиации, необходимым для прохождения генеративного цикла [7].

Одним из основных биологических признаков, устанавливающих успешность интродукции на Севере, является зимостойкость растений. Зимостойкость данного вида оценена в III балла, что свидетельствует о том, что у туи западной однолетние побеги выше снежного покрова обмерзают на 50…100 % длины, и она полностью вымерзает в суровые зимы.

Туя западная в условиях Севера растет очень медленно, корневая система ее располагается поверхностно и страдает от потопления грунтовыми водами, может померзать в суровые зимы. Все это сказывается на декоративных характеристиках данной породы.

Таким образом, исследования показали, что использование туи западной в озеленении г. Архангельска возможно только в ограниченном виде, например в контейнерных посадках.

Литература

1. Бухарина, И. Л. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде : монография / И. Л. Бухарина, Т. М. Поварицина, К. Е. Ведерников. – Ижевск : ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2007. – 216 с.

2. Феклистов, П. А. Насаждения деревьев и кустарников в условиях урбанизированной среды г. Архангельска / П. А. Феклистов. – Архангельск : АГТУ, 2004. – 112 с.

3. Санаев, И. В. Роль зеленых насаждений для городской среды / И. В. Санаев // Лесной вестник. – 2006. – № 6. – С. 71–76.

4. Малаховец, П. М. Фенологические наблюдения за сезонным развитием деревьев и кустарников: учебно-методическое пособие / П. М. Малаховец, В. А. Тисова. – Архангельск : АГТУ, 1999. – 48 с.

5. Сунгурова, Н. Р. Особенности фенологии древесных видов на северном и южном пределе их ареалов в условиях интродукционного стресса / Н. Р. Сунгурова, Г. А. Солтани, С. Р. Страздаускене // Лесной вестник. Forestry Bulletin. – 2023. – Т. 27.2. – С. 49–58.

6. Кучинская, Е. А. Влияние экологических факторов на сезонный ритм развития голосеменных интродуцентов Адыгеи / Е. А. Кучинская // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2006. – № 23. – С. 303–311.

7. Малаховец, П. М. Декоративные деревья и кустарники на Севере / П. М. Малаховец, В. А. Тисова. – Архангельск, 2002. – 127 с.

НОРМАТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ – ОСНОВА ЛЕСНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

И.В. Филинова, А.И. Смирнова
Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова г. Санкт-Петербург

Аннотация. В условиях государственной собственности на леса влияние системы лесного законодательства на лесное планирование максимально. Бюджетное финансирование выполнения работ и мероприятий лесного хозяйства на лесных участках, свободных от аренды, требует научно-обоснованных нормативов затрат на их выполнение. Традиционно в лесной экономике документами такого планирования были нормативные технологические карты, дифференцированные по различным критериям.
Ключевые слова: нормативная технологическая карта, лесное планирование, эффективность государственного управления лесами, лесной участок, аренда лесного участка, лесохозяйственные работы и мероприятия, затраты на лесное хозяйство.

Annotation. In the conditions of state ownership of forests, the influence of the forest legislation system on forest planning is maximal. Budgetary financing of the implementation of forestry works and activities on forest plots free from lease requires scientifically based standards of costs for their implementation. Traditionally, in the forest economy, the documents of such planning were regulatory and technological maps differentiated by various criteria.
Keywords: regulatory and technological map, forest planning, efficiency of state forest management, forest plot, lease of a forest plot, forestry work and activities, forestry costs.

Нормативные технологические карты, предложенные в период плановой экономики, не потеряли своего практического значения в наше время. Использование нормативного подхода в лесном планировании позволяет не только обосновать объемы запрашиваемых средств из государственного бюджета, но и рационально их расходовать при выполнении работ и мероприятий лесного хозяйства.

Экономическую эффективность управления лесами необходимо рассматривать как соотношение доходов, получаемых собственником от использования лесов и фактическими затратами на его содержание. Затраты на содержание лесов осуществляются на организацию использования лесов, воспроизводство лесов, их охрану и защиту. Основой определения затрат на законченные объекты лесохозяйственных работ и мероприятий являются нормативно-технологические карты (далее НТК) [1, 2]. По нашему мнению, НТК должна состоять из трех частей.

Первая часть – технологическая. В ней указывается перечень операций, необходимых для формирования законченного лесохозяйственного объекта, технология выполнения операций, система машин (агрегатов), состав звена и тарифные разряды рабочих в звене.

Вторая часть – нормативная. В данной части приводятся нормативы затрат труда и механизмов на единицу объема работ, которые формируют затраты на конечные результаты.

В третьей части содержатся требования и характеристика конечного результата. Например, в НТК на создание лесных культур указываются требования к молоднякам, площади которых подлежат к отнесению к землям, покрытых лесной растительностью. Третья часть самая важная, поскольку содержит информацию, характеризующую конечные результаты. Однако она и самая сложная как с организационной, так и с финансово-экономической стороны. Сложность заключается в двойственном характере организации и финансирования лесохозяйственных работ и мероприятий.

С организационной стороны сложность заключается в том, что на лесных участках, переданных в аренду, лесохозяйственные работы выполняют арендаторы данных участков, на лесных участках, свободных от аренды, – подрядчики, определяемые на конкурсной основе. Для целого ряда лесохозяйственных мероприятий и работ для достижения конечного результата требуется период более года, а иногда и несколько лет. Например, для создания молодых лесов требуется 5–7 лет. Методических указаний по разработке планов на основе НТК на 1, 3, 5 лет в федеральных и региональных органах управления лесным хозяйством нет, а лесничествам справиться с таким объемом работ непосильно из-за ограниченного количества планово-экономических работников.

С финансово-экономической стороны сложность разработки НТК состоит в следующем. На лесных участках, свободных от аренды, лесохозяйственные работы и мероприятия финансируются за счет средств федерального бюджета [3]. На лесных участках в аренде арендаторы за свой счет проводят лесохозяйственные мероприятия, предусмотренные проектом освоения лесов. Данные расходы приводят к резкому повышению себестоимости лесоматериалов, а значит, и к повышению цен на конечную лесопродукцию. Однако реализовать лесопродукцию по повышенным ценам на лесном рынке непросто, там действуют свои рыночные законы. Следовательно, осуществление непрофильных затрат приводит к снижению прибыли у лесопользователя-арендатора, а значит, к снижению экономической заинтересованности к качественному выполнению лесохозяйственных работ.

Из сказанного вытекает, что главная причина медленного внедрения НТК – отсутствие обоснованного финансово-экономического механизма возмещения затрат на выполнение мероприятий по охране, защите и воспроизводству лесов, усиленное отсутствием экономической заинтересованности работников органов управления лесохозяйственными организациями.

На практике неоднократно делались попытки разработки и применения НТК, но они носили кратковременный характер, при этом ряд требований и положений не выполнялся, что приводило к снижению качества выполненных работ и их неаттестации при приемке. Основные нарушения – снижение затрат за счет невыполнения ряда операций, что приводит к браку в работе.

В советское время был накоплен опыт применения НТК, в некоторых регионах они назывались расчетно-технологическими картами (РТК), этим подчеркивалось, что нормативы разрабатывались опытно-расчетным путем. Однако в рыночной экономике система планирования и экономической организации лесного хозяйства была разрушена, в этот период подверглась разрушению система планирования народного хозяйства в целом по всей России.

Критическому анализу проблем планирования и возможности их преодоления была посвящена международная конференция «Планирование в рыночной экономике: воспоминания о будущем», проходившая в Москве 25–26 марта 2021 г. и приуроченная к 100-летию Госплана СССР. На конференции была произведена оценка опыта народохозяйственного планирования в СССР, возможностей его использования в новой системе планирования, выполнен критический анализ развития страны в рыночной экономике, предложены основные направления развития системы планирования народного хозяйства страны в XXI веке [4].

В решениях Конференции предложено создание единого центра планирования (прообраз Госплана СССР), что позволит повысить качество разработки и реализации планов на всех уровнях как в вертикальном, так и горизонтальном разрезе за счет усиления функций контроля, информационного и методического обеспечения. Данное решение одобрено Правительством РФ.

В реализацию данного решения Единый центр лесного планирования должен быть создан при Рослесхозе – Федеральном агентстве лесного хозяйства Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, в региональных и местных органах управления

– отделы лесного планирования. Плановая деятельность в классическом понимании включает организацию планирования, учета и отчетности, анализа и принятия решений по результатам деятельности. При такой организации основу лесного планирования должны составлять технологические карты. Типовые технологические карты (ТТК) должны разрабатываться на федеральном уровне, нормативные технологические карты (НТК) – в субъектах РФ. Теоретические и методические основы создания НТК и рекомендации по их применению в лесном планировании разработаны и изложены в трудах кафедры лесной политики, экономики и управления СПбГЛТУ им. С.М. Кирова [1, 3, 5].

Литература

1. Петров, В. Н. Организация, планирование и управление в лесном хозяйстве : учебное пособие / В. Н. Петров. – Санкт-Петербург : Наука, 2010. – 416 с.

2. Филинова, И. В. Экономическое обоснование контрактных цен в лесном хозяйстве / И. В. Филинова // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2010. – № 193. – С. 308–317. – EDN OJOIZT.

3. Петров, В. Н. Установление платы по договору купли-продажи лесных насаждений: учебное пособие / В. Н. Петров, А. И. Смирнова, Т. Е. Каткова, И. В. Филинова. – СПбГЛТУ, 2018. – 64 с.

4. Планирование в рыночной экономике: воспоминание о будущем / под общей редакцией С. Д. Бодрунова. – Санкт-Петербург : ИНИР им. С. Ю. Витте : Центркаталог, 2021. – 544 с.

5. Петров, В. Н. Экономико-правовые отношения в управлении лесами и лесохозяйственном производстве / В. Н. Петров, В. А. Ильин, В. И. Гавриленко. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2003. – 141 с.

ВЛИЯНИЕ ЗЕЛЕНЫХ НАСАЖДЕНИЙ И ШУМОИЗОЛИРУЮЩИХ ЭКРАНОВ НА ШУМОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ (Г. КАЗАНЬ)

З.Г. Хакимова
Россия, Казанский государственный аграрный университет
г. Казань

Аннотация. В работе отмечается значимость озеленения и благоустройства для создания комфортных условий для жизни людей в городе. Приведены результаты оценки уровня шума на улицах г. Казани. Оценен фоновый уровень шума. Изучено влияние на уровень шума защитных экранов и зеленых насаждений разного состава и размещения. Уровень шумового загрязнения оценивался инструментально с помощью шумомера ZSM 135.
Ключевые слова: уровень шума, зеленые насаждения, поглощение шума, дороги.

Annotation. This dissertation notes the importance of landscaping and site improvement for creating of comfortable people's living conditions in the city. There are presented the results of the sound level meter of Kazan. The background sound level meter is estimated. The influence of protective screens and green spaces of different composition and placement on the sound level has been studied. The level of sound pollution was assessed instrumentally using the ZSM 135 sound level meter.
Keywords: noise level, green spaces, noise absorption, road.

Зеленые насаждения не только делают наши города более эстетичными, но и оберегают их экологию. Они снижают шум, очищают воздушный бассейн, улучшают показатели микроклимата, создают ниши для отдыха [4, 5].

Шум – это неприятный или раздражающий звук, иногда и совокупность звуков, препятствующих восприятию других необходимых звуков, которые люди желают услышать. Шум может быть природный (шум листьев, ветер, плескание волн, журчание воды, пение птиц, стрекотание кузнечика и т.д.) или механический (звук двигателей, гудки автомобилей и т.д.). Считается, что природный шум близок человеку и является не раздражающим фактором, а скорее наоборот, успокаивающим.

Механический шум или шум антропогенного происхождения нарушает спокойную жизнедеятельность человека и обладает широким спектром влияния на здоровье человека. Чрезмерный шум может стать причиной депрессии, нервного истощения, язвенных заболеваний, вегетативного невроза, нарушения эндокринной и сердечно-сосудистой систем. Он не дает людям нормально работать и отдыхать, понижает продуктивность труда [1].

Один из основных источников механического шума в городе – транспортные средства. На него приходится около 60–80 % всего шумового загрязнения [2, 3].

К градостроительным мероприятиям по защите населения от шума относятся:

• установка шумоизолирующих экранов;

• размещение специальных шумозащитных полос озеленения.

Мы изучили влияния шумозащитных полос озеленения и шумозащитных экранов на уровень автотранспортного шума на Проспекте Победы г. Казани. Проспект Победы – южная внутригородская магистраль (ЮВМ) города Казани. Число полос для автомобильного движения на магистрали – 8, ширина каждой 3,75 м, дополнительно в нее входят 2 трамвайные полосы и специально выделенные полосы для общественных маршрутных автобусов и троллейбусов.

Измерения уровня транспортного шума проводили в мае с 12:00 ч до 14:00 ч инструментальным методом (с помощью цифрового шумомера ZSM 135). Согласно требованиям методики работы с прибором, измерение уровня шума проводилось на расстоянии 35 метров от проезжей полосы магистрали, на высоте 1,5 метра. Уровень шума фиксировали на рядом расположенных участках магистрали, с шумоизолирующим экраном и не защищенных шумоизолирующим экраном (табл. 1).

Таблица 1

Уровень шума и его статистические характеристики (с учетом шумоизолирующих экранов)

Вариант опыта	Xср ±Sx, дБ	X min, дБ	X max, дБ	V, %
Уровень шума за защитным экраном	61,0±1,16	56,6	65,5	3,5
Уровень шума на участке без экрана	67,9±1,23	63,6	72,1	3,7

Средняя величина шума за шумоизолирущим экраном Xср=61,0±1,16дБ. Средняя величина шума на открытых участках Xср=67,9±1,23дБ. Изменчивость показателя в обоих вариантах опыта низкая. Шумоизолирущие экраны снизили уровень шума на 7 дБ.

Мы измерили уровень шума вдоль магистрали на участках с шумозащитными полосами озеленения и на участках, не защищенных шумозащитным полосами озеленения (табл. 2). Шумозащитные полосы озеленения созданы в виде 4-рядной посадки из лиственных деревьев в шахматном порядке.

Таблица 2

Уровень шума и его статистические характеристики (с учетом шумозащитных полос озеленения)

Вариант опыта	Xср ±Sx, дБ	X min, дБ	X max, дБ	V, %
Уровень шума за защитным полосами озеленения	64,4±0,91	60,8	68,1	4,2
Уровень шума на участке без полос	72,3±0,55	71,0	75,2	2,3

Средняя величина шума за шумозащитными полосами озеленения Xср=64,4 ±0,91 дБ. Средняя величина шума на открытой местности, без шумозащитных полос озеленения Xср=72,3 ± 0,55 дБ. Изменчивость показателя в обоих вариантах опыта также низкая. Зеленые насаждения снижают уровень шума на 8 дБ.

Таким образом, и шумозащитные полосы озеленения, и шумозащитные экраны снижают шумовое загрязнение. Защитные экраны позволяют достичь быстрого снижения шума, особенно рядом со строительными объектами. Шумозащитные полосы озеленения также снижают уровень шума. И если при их создании будут использоваться древесные виды, обладающие устойчивостью к выхлопным газам и пыли, они будут еще и в качестве зеленого фильтра дополнять городской пейзаж.

Литература

1. Галанина, Е. Ц. Шум и шумовая болезнь / Е. Ц. Галанина, С. В. Алексеев. – Москва : Медицина, 2013. – 303 с.

2. Новиков, А. Н. Загрязнение атмосферного воздуха при эксплуатации и обслуживании автотранспорта / А. Н. Новиков, О. А. Иващук, Л. Ф. Ставчикова. – Москва : Машиностроение, 2004. – 427 с.

3. Козлов, Ю. С. Экологическая безопасность автомобильного транспорта: учебное пособие / Ю. С. Козлов, В. П. Меньшова, И. А. Святкин. – Москва : Агар, 2000. – 176 с.

4. Никитина, Т. А. Оценка древесных насаждений города Казани на примагистральных участках Ново-Савиновского района / Т. А. Никитина, З. Г. Хакимова // Лесное хозяйство и рациональное использование природных ресурсов (Казань, 12–13 апреля 2018 г.) : материалы Региональной научно-практической конференции. – Казань : Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 52–55.

5. Хакимова, З. Г. Оценка пылезадерживающей способности листьев древесных видов / З. Г. Хакимова // Актуальные проблемы развития лесного комплекса : материалы XVII Международной научно-технической конференции (Вологда, 03 декабря 2019 г.) / ответственный редактор Ю. М. Авдеев. – Вологда : Вологодский государственный университет, 2019. – С. 130–131.

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПЛОЩАДИ ПЕРЕД ДВОРЦОМ ЗЕМЛЕДЕЛЬЦЕВ (Г. КАЗАНЬ)

З.Г. Хакимова
Россия, Казанский государственный аграрный университет
г. Казань

Аннотация. Благоустройство территорий можно считать актуальной задачей, так как в современных условиях важными являются вопросы расширения возможностей территорий, улучшения окружающей среды и повышения качества жизни населения. В работе представлены итоги анализа состояния площади перед Дворцом земледельцев (г. Казань). Проанализирован видовой состав декоративных растений на территории объекта. Предложены мероприятия по усовершенствованию озеленения и благоустройства территории площади.
Ключевые слова: реконструкция, благоустройство, озеленение, площадь, декоративные растения.

Annotation. The improvement of territories can be considered an urgent task, since in modern conditions the issues of expanding the possibilities of territories, improving the environment and improving the quality of life of the population are important. The paper presents the results of the analysis of the state of the square in front of the Palace of Farmers of Kazan. The species composition of ornamental plants on the territory of the object is analyzed. Proposed measures to improve landscaping and landscaping of the area.
Keywords: reconstruction, landscaping, landscaping, area, ornamental plants.

Дворец земледельцев был построен в рамках благоустройства центра Казани к Универсиаде 2013 года. По плану это роскошное здание должно было повысить туристическую привлекательность города. Действительно, дворец – одно из неоднозначных, но чрезвычайно эффектных современных достопримечательностей центра Казани. Здание притягивает к себе всеобщее внимание своими огромными размерами и эклектичным роскошным экстерьером стиля базар, смеси французского барокко и итальянского ренессанса. Здесь просматриваются заимствованные архитектурные элементы ампира и классицизма (рис. 1). Перед дворцом был разбит парк, который и является объектом нашего исследования. Его площадь 1,2 га.

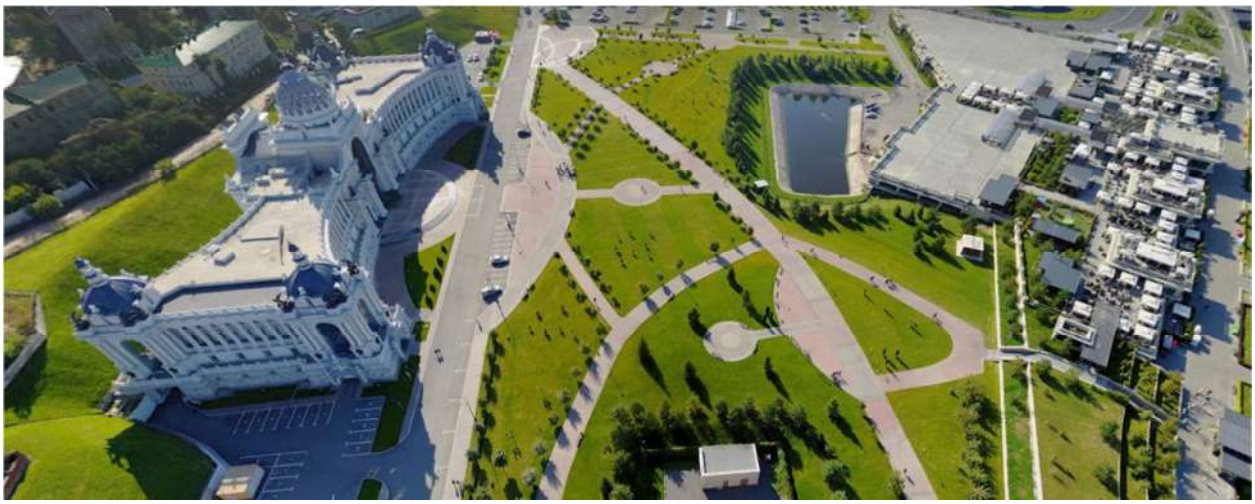


Рис. 1. Территория объекта (фото из сети Интернет)

Мы провели учет древесных растений на территории объекта по видам и состоянию по трехбалльной шкале оценки состояния зеленых насаждений (табл.) [2].

Таблица

Данные учета древесных растений

Вид	Всего, шт.	Состояние		
		«хорошее»	«удовлетвори-тельное»	«неудовлетвори-тельное»
Липа мелколистная	59	41	12	6
Кизильник блестящий	206	167	18	21
Клен Гиннала	3	3	-	-
Ель колючая	8	2	4	2
Туя западная	9	2	3	4
Лиственница сибирская	10	10	-	-
Сосна обыкновенная	53	33	16	4
Ель обыкновенная	26	20	5	1
Черемуха обыкновенная	2	2	-	-
Всего	376	280	58	38

Всего на территории объекта произрастает 376 деревьев и кустарников (рис. 2). Доминируют на объекте кизильник блестящий (54,8 %), липа мелколистная (15,7 %). Доля хвойных видов – 28 %. Плотность посадки деревьев 132 шт. на га, кустарников 182 шт. на га.



Рис. 2. Распределение древесных растений на территории объекта по видам, %

Состояние растений определяет комплекс факторов: зараженность энтомо вредителями и болезнями, наличие механических повреждений вызванных высокой антропогенной нагрузкой.

Общее количество деревьев в хорошем состоянии на территории составляет 75 %. Доля деревьев в удовлетворительном состоянии – 15 %, и 10 % растений находятся в неудовлетворительном состоянии, требуют удаления.

Следует отметить, что большая часть деревьев подвергалась формовочной обрезке и имеет искусственные формы крон. Отсутствие вовремя проведенных мероприятий по уходу за растениями, мер борьбы с болезнями и вредными насекомыми может ухудшать санитарное состояние деревьев и кустарников.

Дороги занимают 19,4 % территории объекта. Они в хорошем состоянии и не требуют реконструкции. А вот малые архитектурные формы (МАФ) на объекте представлены в небольшом количестве, и они выполняют в основном утилитарные функции. Это 37 скамеек, 40 фонарей и 28 урн. МАФ устарели, требуют замены, а также расширения ассортимента.

Концепция дополнительного озеленения и благоустройства объекта, на наш взгляд, должна нести в себе не только решение задач с точки зрения эстетики, но и создание небольших общественных пространств – зон отдыха, которые могут избавить объект от проблем с отсутствием тени, также и от плохой освещенности в темное время. Это позволит привлечь большее количество посетителей на объект.

Например, можно озеленить и благоустроить объект в стиле прованс, простом и изысканном. Нежные, пастельные тона не перебивают внимание, а наоборот, лаконично вписываются в ландшафтную среду на фоне дворца. При желании можно разбавить композиции яркими акцентами [1, 3].

Либо можно усилить первоначальную тематическую идею объекта, добавив в него элементы, связанные с сельским хозяйством, например перголы, своей конструкцией напоминающие злаки (рис. 3, 4).



Рис. 3. Модель участка площади в стиле прованс (проект)



Рис. 4. Модель участка площади в тематическом стиле (проект)

Территория парка – открытое пространство, в нем незначительное количество укрытий от палящего солнца, а тени от низких деревьев недостаточно. Более широкое применение пергол, арок позволит создать небольшие пространства зон отдыха, которые могут избавить объект от проблем с отсутствием тени. А освещение пергол светодиодными лентами сделает их не только укрытием от солнца, но и зоной отдыха вечером, ночью. Кроме того, перголы будут прекрасной основой для зимнего (новогоднего) украшения объекта.

Литература

1. Ожегова, Е. С. Ландшафтная архитектура: история стилей / Е. С. Ожегова – Москва : Оникс, Мир и Образование, 2009. – 560 с.

2. Теодоронский, В. С. Озеленение населенных мест с основами градостроительства : учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования / В. С. Теодоронский, В. И. Горбатова, В. И. Горбатов. – Москва : Академия, 2011. – 128 с.

3. Хакимова, З. Г. Комплексная оценка состояния скверов г. Казани / З. Г. Хакимова // Актуальные проблемы развития лесного комплекса : материалы XX Международной научно-технической конференции (Вологда, 6 декабря 2022 г.) / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Вологодский государственный университет, Правительство Вологодской области, Департамент лесного комплекса Вологодской области. – Вологда : ВоГУ, 2022. – С. 216–220.

ДЕНДРОХРОНОЛОГИЯ СТАРОВОЗРАСТНЫХ ДЕРЕВЬЕВ ЛИСТВЕННИЦЫ ОСТРОВА ОЛЬХОН

[1] А.В. Черакшев, [2] Д.Е. Румянцев, [3] С.А. Сат, [2] Е.М. Гришанов
[1]Россия, Центр древесных экспертиз ООО «ЗДОРОВЫЙ ЛЕС»
г. Москва
[2]Россия, Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана
г. Мытищи
[3]Россия, Байкальский институт природопользования СО РАН
г. Улан-Удэ

Аннотация. Целью исследования являлся анализ изменчивости радиального прироста у старовозрастных деревьев лиственницы с острова Ольхон (озеро Байкал). На основании 9 кернов по трем учетным деревьям построена 331-летняя хронология по ширине годичного кольца. Также была построена индексированная хронология. Дендроклиматический анализ индексированной хронологии выявил слабое достоверное положительное влияние на прирост лиственницы осадков августа (коэффициент корреляции 0,27) и осадков сентября (коэффициент корреляции 0,29) года, предшествующего календарному году формирования годичного кольца. Спектральный анализ Фурье выявил для индексированной хронологии наличие выраженных периодических компонент с периодом 8 лет и 80 лет. Коэффициент корреляции между индексами прироста и числами Вольфа за период 1930–2014 гг. равен 0,06, он не достоверен при уровне доверительной вероятности 0,05. Характер связи между изменчивостью прироста и динамикой числа Вольфа меняется, достигая для отдельных периодов достоверных при уровне доверительной вероятности 0,05 значений, и, что важно, характер связи между приростом и солнечной активностью может быть как положительным, так и отрицательным. Длительное достоверное положительное влияние солнечной активности на величину радиального прироста наблюдается в период 1942–1977 гг. (коэффициент корреляции равен 0,33).
Ключевые слова: лиственница, дендрохронология, дендроклиматология, дендроэкология, остров Ольхон.

Annotation. The goal of the ivestigation was to analyze the variability of radial growth in old-aged larch trees from Olkhon Island (Lake Baikal). On the basis of 9 cores for three accounting trees, a 331-year chronology was built along the width of the annual ring. An indexed chronology was also built. Dendroclimatic analysis of the indexed chronology revealed a weak significant positive effect on the growth of larch of August precipitation (correlation coefficient 0.27) and September precipitation (correlation coefficient 0.29) of the year, preceding the calendar year of the formation of the annual ring. Fourier spectral analysis revealed the presence of pronounced periodic components with a period of 8 years and 80 years for the indexed chronology. The correlation coefficient between the growth indices and Wolf numbers for the period 1930–2014 is 0.06, it is not reliable at a confidence level of 0.05. the nature of the relationship between the variability of growth and the dynamics of the Wolf number varies, reaching for certain periods reliable at a confidence level of 0.05 values, and, importantly, the nature of the relationship between growth and solar activity can be both positive and negative. A long-term reliable positive effect of solar activity on the magnitude of radial growth was observed in the period 1942–1977. (the correlation coefficient is 0.33).
Keywords: larch, dendrochronology, dendroclimatology, dendroecology, Olkhon Island.

Старовозрастные деревья острова Ольхон ранее уже были объектами дендрохронологических исследований [1, 7]. В данном исследовании анализируются хронологии старовоз-

растных деревьев лиственницы (*Larix sibirica* Ledeb.), характеристика используемых хронологий приведена в таблице 1. Внешний вид учетных деревьев отражен на рисунках 1–3.

Таблица 1

Характеристика хронологий старовозрастных деревьев лиственницы

Номер учетного дерева		Номер образца древесины	Длина хронологии, лет	Год формирования наиболее старого годичного кольца	Год формирования последнего прироста	Возраст (с учетом расчетов)
1		1	132	1887	2018	775 лет на июнь 2018 г.
1		2	170	1798	1967	
1		3	202	1817	2018	
1		4	128	1891	2018	
2	Ствол 1	1	281	1738	2018	343 лет на июнь 2018 г.
2		2	282	1737	2018	
2	Ствол 2	1	331	1688	2018	374 лет на июнь 2018 г.
2		2	330	1689	2018	
3		1	266	1749	2014	410 лет на июнь 2018 г.
Среднее		1	331	1688	2018	476



Рис. 1. Лиственница № 1. Отбор образцов с дерева Лц 1 производился по четырем направлениям, ориентированным по сторонам света



Рис. 2. Лиственница № 2 (ствол 1 – справа, ствол 2 – слева).
С дерева Лц2 было отобрано по два образца с каждого ствола дерева



Рис. 3. Лиственница № 3. Единственный керн был отобран
из основания нижней скелетной ветви

Возраст деревьев в таблице 1 был определен с использованием оригинальных методик, подробно описанных в предыдущей публикации авторов [8]. Измерения ширины годичных колец велись с помощью прибора Lintab-6, для контроля за правильностью измерений использовался программный комплекс Tsap-Win [7]. Полученные индивидуальные хронологии по ширине годичного кольца отражены на рисунке 4. Средняя хронология, полученная на основе индивидуальных, отражена на рисунке 5.

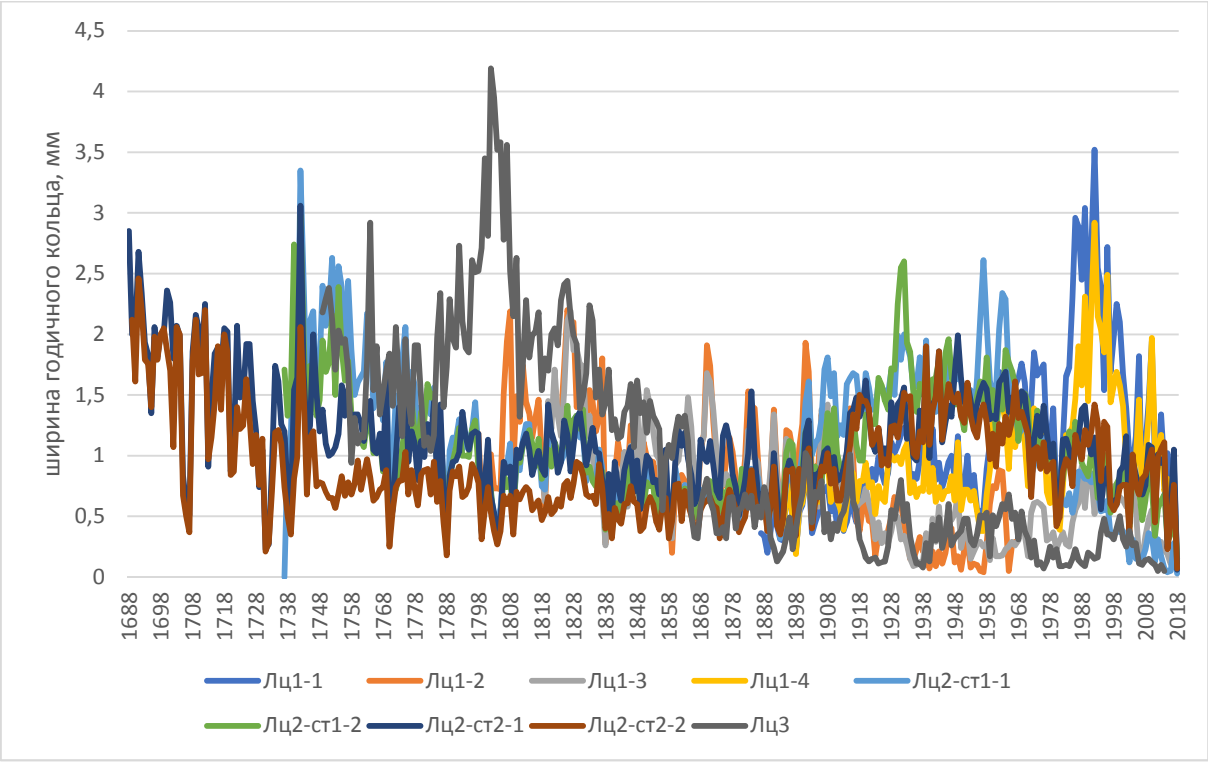


Рис. 4. Динамика радиального прироста в исследуемых индивидуальных хронологиях

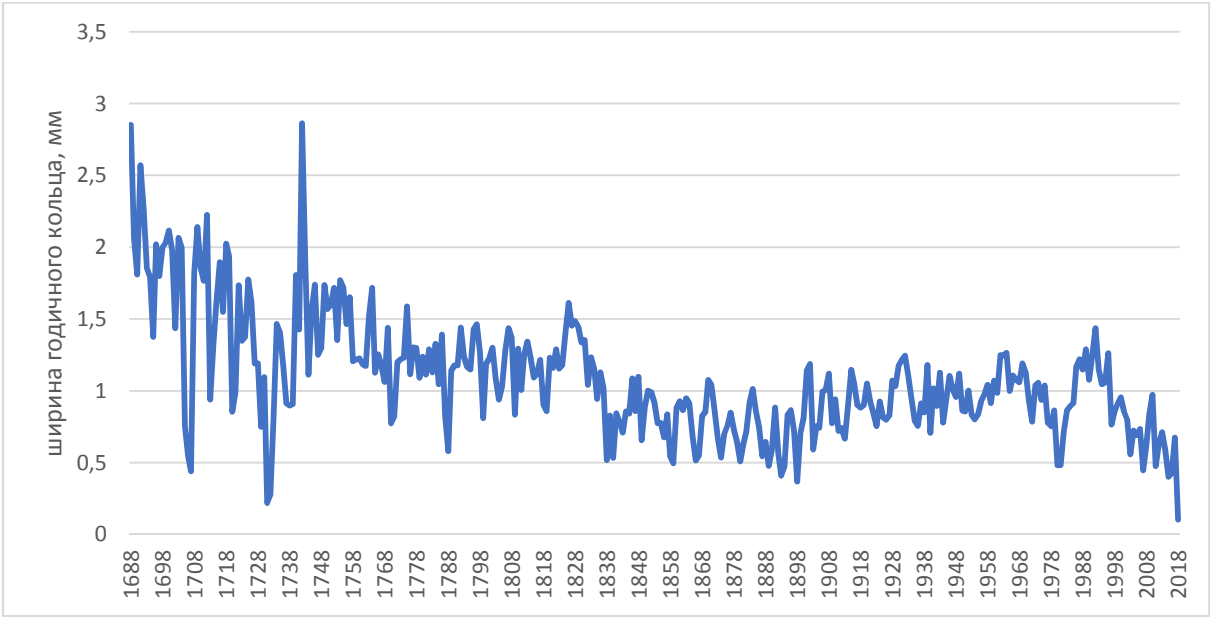


Рис. 5. Динамика радиального прироста в средней обощенной 331-летней хронологии

Для исследования влияния климатических факторов на прирост лиственницы были использованы данные метеостанции острова Большой Ушканий, расположенного приблизи-

тельно в 70 км от острова Ольхон (получены на сайте http://meteo.ru/ [12]). Индивидуальные хронологии были индексированы отнесением ширины каждого годичного кольца к средней ширине годичного кольца за последние пять лет, и на их основе была рассчитана средняя хронология [5]. Результаты корреляционного анализа рядов индексов прироста и рядов метеопараметров отражены в таблице 2. На данном этапе в анализ не были включены временные ряды по осадкам ноября и декабря, а также температурам ноября и декабря, так как для них отсутствуют данные наблюдений в 1978, 1984 и 1985 году.

Таблица 2

Результаты корреляционного анализа сопряженности колебаний индексов прироста и колебаний значений метеопараметров

Месяц	Метеопарметр			
	температура прошлого года	температура текущего года	осадки прошлого года	осадки текущего года
январь	-0,14	0,06	-0,04	0,07
февраль	-0,04	-0,02	0,00	0,00
март	0,02	-0,20	-0,12	-0,08
апрель	0,13	-0,22	-0,10	-0,17
май	0,08	-0,12	-0,03	0,05
июнь	0,08	-0,23	0,15	0,20
июль	-0,22	-0,19	0,13	0,08
август	-0,16	-0,02	0,27*	0,20
сентябрь	-0,07	-0,09	0,29*	0,29*
октябрь	-0,13	-0,11	0,22	-0,03

* Значения коэффициентов корреляции достоверные при уровне доверительной вероятности 0,05 [4].

Таким образом, несмотря на то что деревья лиственницы острова Ольхон произрастают на песчаных почвах с низкой влагоудерживающей способностью, колебания их прироста от года к году почти не связаны с колебанием уровня атмосферных осадков. По-видимому, особенности островного положения обеспечивают специфичный режим снабжения корневой системы грунтовыми водами, что выводит атмосферные осадки из числа факторов, лимитирующих величину прироста. Просматривается лишь слабое (на границе достоверности) влияние атмосферных осадков в год, предшествующий календарному году заложения годичного кольца. Выраженного влияния среднемесячных температур на колебания прироста также не наблюдается.

Для исследования цикличности в изменчивости радиального прироста может успешно использоваться анализ Фурье [2, 3, 10]. В спектральном анализе исследуются периодические модели данных, его целью является разложение комплексных временных рядов с циклическими компонентами на несколько основных синусоидальных функций с определенной длиной волн. В результате успешного анализа можно обнаружить всего несколько повторяющихся циклов различной длины, присутствующих во временном ряду. Спектральный анализ распознает колебания различной длины и в результате дает возможность построить периодограмму и определяет оценки спектральной плотности. Методы спектрального анализа имеют большое значение для определения скрытой периодичности в данных. Результаты спектрального анализа обычно содержат коэффициенты частоты, периода, коэффициенты при синусах и косинусах, периодограмму и оценку спектральной плотности. Результаты анализа исследуемых хронологий в программе STATISTICA 13.0 приведены на рисунке 6.

Таким образом, выполненный спектральный анализ выявил присутвие в индексированной хронологии наиболее ярко выраженной циклической компоненты с периодом 8 лет. Просматривается также циклическая компонента с периодом 80 лет, что, учитывая 328-летню длину анализиуремой хронологии, можно считать вполне значимым результатом.

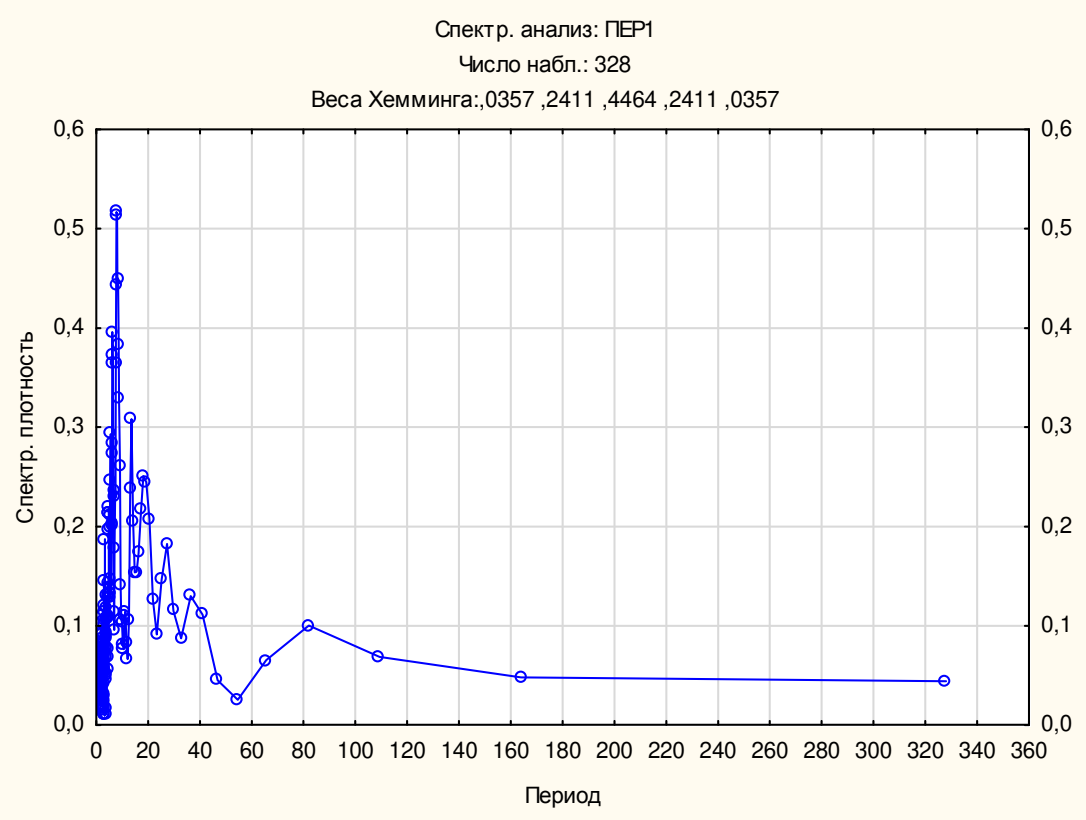


Рис. 6. Результаты спектрального анализа Фурье для обощенной индексированной хронологии лиственницы за период 1691–2018 гг.

Коэффициент корреляции между индексами прироста и числами Вольфа [11] за период 1930–2014 гг. равен 0,06, он не достоверен при уровне доверительной вероятности 0,05 [4]. Динамика скользящего коэффициента корреляции за 20 лет представлена на рисунке 7.

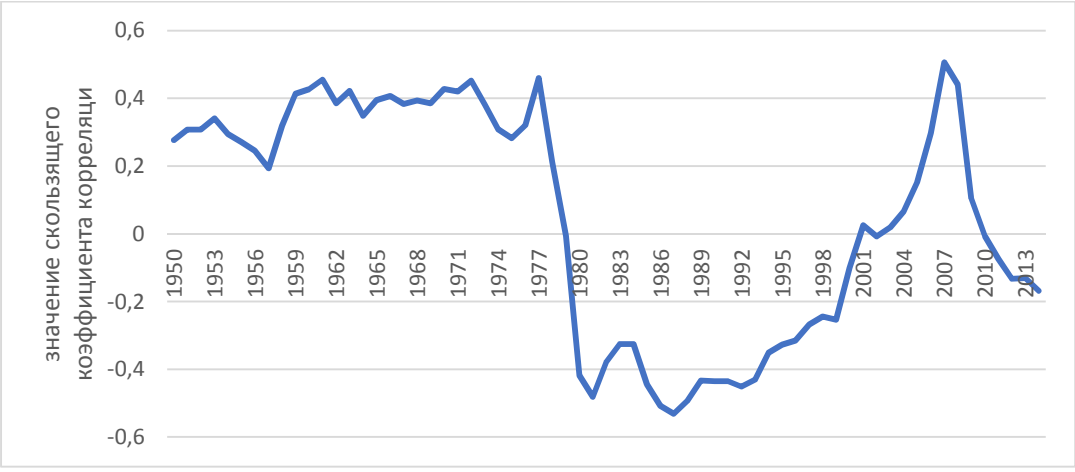


Рис. 7. Значение скользящего коэффициента корреляции за 20 лет между временным рядом индексов прироста и временным рядом чисел Вольфа. При уровне доверительной вероятности 0,05 достоверны значения коэффициентов корреляции от 0,44 и более

Таким образом, видно, что характер связи между изменчивостью прироста и динамикой числа Вольфа меняется, достигая для отдельных периодов, достоверных при уровне доверительной вероятности 0,05 значений [4], и, что важно, характер связи между приростом и солнечной активностью может быть как положительным, так и отрицательным. Длительное достоверное положительное влияние солнечной активности на величину радиального прироста наблюдается в период 1942–1977 гг. (коэффициент корреляции равен 0,33). Аналогичного рода результаты о варьирующем характере достоверной корреляционной связи между приростом и солнечной активностью мы уже получали в предыдущих исследованиях [6, 7, 9].

Литература

1. Старовозрастные деревья центральной части острова Ольхон озера Байкал / А. В. Анциферов, А. В. Черакшев, Л. Н. Касьянова, С. Б. Пальчиков // Интернаука. – 2019. – № 4–1 (86). – С. 8–13.

2. Демина, А. В. Особенности эколого-климатического отклика радиального прироста сосны обыкновенной в двух дефицитных по увлажнению регионах Сибири : диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / А. В. Демина. – Воронеж : ВГЛТУ имени Г. Ф. Морозова, 2022. – 133 с.

3. Комаров, Е. Г. Оценка цикличности колебаний прироста в древостоях осины на основе анализа Фурье / Е. Г. Комаров, Д. Е. Румянцев, Н. С. Воробьева // Journal of Agriculture and Environment. – 2023. – № 4 (32). – С. 1–14.

4. Лакин, Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – Москва : Высшая школа, 1973. – 343 с.

5. Румянцев, Д. Е. Потенциал использования дендрохронологической информации в лесной науке и практике : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук / Д. Е. Румянцев. – Воронеж : ВГЛТА, 2011. – 36 с.

6. Румянцев, Д. Е. Космические факторы и уход за деревьями в урбанизированной среде / Д. Е. Румянцев, А. В. Черакшев, К. Н. Ряхина // Сборник материалов общероссийской научно-практической конференции «Взгляд молодых исследователей: лесной комплекс, экономика и управление». – Красноярск : ООО «Научно-инновационный центр», 2018. – С. 130–131.

7. Румянцев, Д. Е. Анализ динамики радиального прироста в 445-летней древесно-кольцевой хронологии сосны из Прибайкальского национального парка / Д. Е. Румянцев, А. В. Черакшев // Лесохозяйственная информация. – 2018. – № 1. – С. 41–49.

8. Румянцев, Д. Е. Методические подходы для определения возраста деревьев / Д. Е. Румянцев, А. В. Черакшев // Принципы экологии. – 2020. – № 4 (38). – С. 104–117.

9. Румянцев, Д. Е. Влияние солнечной активности на рост осины в условиях Мордовского заповедника / Д. Е. Румянцев, Н. С. Воробьева // Экологический мониторинг и моделирование экосистем. – 2023. – Т. 34, № 1–2. – С. 128–142.

10. Халафян, А. А. Statistica 6. Статистический анализ данных : учебник / А. А. Халафян. – Москва : ООО «Бином-Пресс», 2008. – 512 с.

11. Метеоданные : сайт. – URL: http://meteo.ru/ (дата обращения: 24.03.2023). – Текст : электронный.

12. Солнечная активность. – Текст : электронный // Геофизика : сайт. – URL: https://meteo-dv.ru/geospace/AverageMonthW (дата обращения: 24.03.2023).

ПРОЕКТНОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО БЛАГОУСТРОЙСТВУ И ОЗЕЛЕНЕНИЮ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ГОРОДСКОГО САДА ДЛЯ ПОЖИЛЫХ ЛЮДЕЙ В Г. КРАСНОЯРСКЕ

К.В. Шестак, Д.Н. Федулова
Россия, Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева
г. Красноярск

Аннотация. Целью работы явилось создание проекта ландшафтной организации терапевтического пространства на части территории Красноярского краевого госпиталя для ветеранов войн. На основании изучения опыта формирования терапевтической среды на участках медучреждений разработана концепция проектирования в стилизации русской усадьбы, произведено зонирование и объемно-планировочное решение участка, разработан ассортимент насаждений и даны рекомендации по реализации проекта.
Ключевые слова: терапевтическая среда, медицинское учреждение, благоустройство, озеленение, русская усадьба.

Annotation. The purpose of the work was to create a project of landscape organization of therapeutic space in part of the territory of the Krasnoyarsk Regional hospital for war veterans. Based on the study of the experience of forming a therapeutic environment in the areas of medical institutions, a design concept in the stylization of the Russian manor was developed, zoning and spatial planning solution of the site was made, an assortment of plantings was developed and recommendations for the implementation of the project were given.
Keywords: therapeutic environment, medical institution, landscaping, landscaping, russian mano.

Городской сад – как объект ландшафтной архитектуры выступает структурным элементом системы озеленения и является по своей сути территорией, предназначенной для повседневного отдыха населения. В городской застройке сады предусматриваются в общественных центрах, у культурно-просветительных учреждений, на территории объектов здравоохранения, промышленных предприятий, в жилых районах.

Сады при медицинских учреждениях являются общественным пространством, завершающим целостную картину данного объекта и выполняющим, помимо утилитарной функции организации досуга, лечебные и терапевтические задачи.

В мировой практике известны десятки успешных проектов реализации лечебных садов, созданных для различных целевых групп и отличающихся по функциям, особенностям организации пространства, комплексу основных элементов благоустройства и озеленения: терапевтический сад на территории Хорт Парка, направленный на реабилитацию пожилых людей с деменцией и постинсультным состоянием (Сингапур); отделение садовой терапии в специализированной клинике нейрохирургической и неврологической реабилитации Хелиос Хольтхаузен (Германия); терапевтический сад больницы имени Гренвиля (Великобритания); реабилитационные сады Альнарп для людей, страдающих депрессией (Швеция); лечебный сад Орегонского ожогового центра (США); лечебный сад для больных раком в медицинском центре Калифорнийского университета Сан-Франциско (США); сад с терапевтическим эффектом на территории больницы интенсивной терапии Кансай Розай (Япония) и другие [1–4].

Целью данной работы явилось создание проекта ландшафтной организации терапевтического пространства на части территории Красноярского краевого госпиталя для ветеранов войн. В исследовательские задачи входило: изучение состояния вопроса методами литературного поиска, анализа и синтеза априорной доопытной информации; изучение опыта реализации терапевтической среды на участке медучреждения в г. Красноярске с оценкой эле-

ментов благоустройства и озеленения; предпроектный анализ выбранной территории по общепринятой программе обследования и инвентаризации; проектирование объекта исследования.

Анализ литературных источников по изучаемой проблеме свидетельствует о длительной истории разработки теории влияния природной среды на физическое и психоэмоциональное состояние людей. К настоящему времени накоплена достаточная база теоретических исследований и практических наработок по данному вопросу. Создание терапевтических ландшафтных пространств на объектах городской инфраструктуры разных категорий пользования становится все более популярным в России и за рубежом. Особенно актуально благоустройство терапевтических пространств на территориях медицинских учреждений [5–8].

В городе Красноярске показательным опытом благоустройства территории лечебного учреждения может служить сад при ФСНКЦ ФМБА России. Разбитый на небольшой площади сад представляет собой единую ландшафтную композицию в пейзажном стиле, удачно вписанную в естественный ландшафт и элементы геопластики. В ходе выполнения работы дана оценка зонирования, элементов благоустройства и состояния зеленых насаждений на данном участке [9].

Объектом исследования в работе послужила часть территории Красноярского краевого госпиталя для ветеранов войн, расположенного на ул. Вильского, 11. Выбранный для проектирования участок имеет сложную геометрическую конфигурацию площадью 0,7 га. Естественный ландшафт участка представлен низиной, бессистемно засаженной деревьями лиственницы сибирской (*Larix sibirica*), березы повислой (*Betula pendula*) и клена ясенелистного (*Acer negundo*) (рис. 1).



Рис. 1. Территория объекта проектирования (фото автора, 04.05.2022 г.)

От больничного комплекса территория объекта отделена стриженной живой изгородью из сирени обыкновенной (*Syringa vulgaris*) и пузыреплодника калинолистного (*Physocarpus opulifolius*) (рис. 2а).

Равнинные места, выделенные для обустройства сада, изображены на рисунке 2б.



а б

Рис. 2. Живая изгородь и пологий склон (а), участок под сад (б), (фото автора, 04.05.2022 г.)

Проектом на данном участке предлагается обустройство терапевтического сада для пациентов госпиталя и посетителей в стиле русской усадьбы.

По литературным данным, в садах, выдержанных в национальном русском стиле, практически нет острых углов в планировке, излишне режущих глаз декоративных элементов и кричащих расцветок, все тона спокойные, способствующие лучшему расслаблению. На проектируемой территории устанавливаются преимущественно деревянные постройки, небольшие водоемы – пруды и фонтанчики, устраиваются мягко извилистые дорожки, вымощенные натуральными материалами. Растения в саду выполняют не только декоративную, но и утилитарную функцию – клумбы соседствуют с плодовыми деревьями и кустарниками. Деревья обычно высаживаются группами, породы распределяются по цвету листвы, как это бывает в естественном природном лесу, декоративные кустарники и цветники при этом становятся яркими акцентами [10, 11].

При проектировании ландшафтных терапевтических пространств для пожилых людей необходимо учитывать ряд особенностей, в первую очередь связанных с возрастными изменениями в их общем состоянии: снижение подвижности, быстрая утомляемость, нарушение слуха и зрения, термочувствительность и пр.; в старшем возрасте ведущими становятся телесные потребности, потребность в безопасности, стремление к ограничению круга общения [8].

Замысел сада в русском стиле сводится к созданию атмосферы деревенского уюта, предполагающего непринужденность и естественность. В основе стилизации лежит природный ландшафт с небольшими архитектурными изменениями. Концепция сада комбинирует в себе стремление к ведению утилитарного хозяйства и дружеских посиделок среди знакомых пейзажей. Предлагаемая стилизация выбрана с намереньем создать пространство, способное погрузить пожилых людей в комфортную среду, дающую ощущение надежности и защиты.

В предлагаемой концепции терапевтического сада стиль русской усадьбы отражен в преобладании пейзажной формы элементов пространственной организации объекта, наличии устойчивых, зарекомендовавших себя в условиях сибирского региона плодовых и красивоцветущих деревьев и кустарников (яблоня, роза, спирея и др.), а также хорошо известных садоводам-любителям травянистых многолетников (флокс, шалфей, ирис, тюльпан и пр.), групповом размещении кустарников одной породы, деревянном оформлении беседок, террасы и сцены. В оформлении архитектурных сооружений преобладают белые и светлые древесные оттенки. По замыслу, такие цвета должны помочь пациентам справиться с переживаниями, избавиться от страхов, подарить силы на восстановление. Дорожно-тропиночная сеть представлена двумя главными дорогами, выполненными с использованием тактильного покрытия, помогающего слабовидящим людям ориентироваться на местности, и прогулочной дорожкой из гравия. Пешеходные пути плавно пересекают территорию и ведут к тематическим площадкам и главным выходам в сад.

Территория проектируемого терапевтического сада разделена на несколько зон: зона тихого отдыха и прогулок; зона активного отдыха; зона садоводческой терапии. Каждая зона имеет свое назначение и направлена на активацию тех или иных чувств и эмоций пациентов и посетителей госпиталя (рис. 3).

Зона тихого отдыха располагается в северной части участка и включает в себя круглую площадку с системой беседок, а также места временного отдыха на прогулочном пути. Зона уединения направлена на социальное взаимодействие пациентов с семьей и друг с другом, а также на уединенное времяпровождение в наблюдении за природой или занятиями по развитию умственной деятельности. Центральным элементом зоны становится пейзажный пруд, вокруг которого размещаются деревянные беседки.

Зона активного отдыха находится в центральной части сада и представлена полукруглой площадкой, включающей в себя деревянную сцену для проведения различного рода мероприятий. Площадка, вымощенная плиткой, имитирующей камень, располагается на краю главной дороги.



Рис. 3. Эскиз благоустройства терапевтического сада

Зона садовой терапии находится на западе сада. Участок для выращивания ароматических растений выполнен в прямоугольной форме с закругленными углами. По центру его разделяет тропинка, по обе стороны от которой расположены поднятые грядки и специальные столы для выращивания. Тропинка заканчивается местом отдыха после работ. Для визуального уединения и комфортного самочувствия во время занятий садоводством, по периметру участка высажена живая изгородь из кизильника блестящего (*Cotoneaster lucidus*).

В юго-восточной части терапевтического сада на склоне предлагается обустройство деревянной террасы со спусками в виде извилистых пандусов, по которым также можно попасть в сад. Терраса предоставляет обзор на сад, являясь еще одним местом для созерцания открывающегося пейзажа и сцены для мероприятий. От палящего солнца террасу защищает навес из деревянных реек, пропускающих ограниченную часть солнечных лучей.

Для озеленения участка разработан ассортимент растений, в основу которого положен видовой состав сада при ФСНКЦ ФМБА России [9].

Для сада в стиле русской усадьбы предлагаются следующие древесно-кустарниковые растения: груша уссурийская (*Pyrus ussuriensis*), яблоня декоративная (*Malus hybride*) «Neville Copeman» и «Brandy Magic», калина обыкновенная (*Viburnum opulus*) «Roseum», кизильник блестящий (*Cotoneaster lucidus*), барбарис оттавский (*Berberis x ottawensis*) «Auricoma», барбарис Тунберга (*Berberis thunbergii*), спирея серая (*Spiraea hypericifolia*) «Grefsheim», спирея японская (*Spiraea japonica*) «Manon», роза морщинистая (*Rosa rugosa*) «Hansa» и «Alba». В качестве вертикального озеленения (оплетения беседок) предлагается девичий виноград пятилисточковый (*Parthenocissus quinquefolia*).

Рекомендуемый ассортимент травянистых растений: астильба Арендса (*Astilbe* × *arendsii*) «Bumalda», котовник Фассена (*Nepeta faassenii*), вероника длиннолистная (*Veronica longifolia*) «Alba», флокс метельчатый (*Phlox paniculata*) «Schneerausch», флокс шиловидный (*Phlox subulata*) «White Delight», очиток видный (*Sedum spectabile*) «Matrona», ясколка войлочная (*Cerastium tomentosum*), чистец шерстистый (*Stachys lanata*) «Silver Carpet», гейхера гибридная «*Plum pudding*», эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea*) «White Swan», шалфей

лекарственный (*Salvia officinalis*), лук скорода (*Allium Schoenoprasum*), дербенник иволистный (*Lythrum salicaria*), незабудка болотная (*Myosotis scorpioides*), ирис сибирский (*Iris sibirica*). В качестве первоцветов предлагаются: нарцисс узколистный (*Narcissus angustifolius*), тюльпан обыкновенный (*Ordinaria tulipa*), ландыш майский (*Convallaria majalis*), крокус весенний (*Crocus vernus*) «Cream Beauty» и «Blue Pearl».

Расчетная сумма затрат на приобретение посадочного материала, включая семена газонных трав, составляет 303 848,0 рублей в ценах 2022 года по прейскурантам питомников и садовых центров города Красноярска.

Современная социально-демографическая ситуация свидетельствует об обострении проблем людей старшего возраста, в связи с чем особенно актуальной становится разработка новой методологии оказания социально-медицинской и профилактической помощи возрастным пациентам объектов здравоохранения. Для пожилых людей терапевтический сад может стать местом, которое предоставляет активный и пассивный отдых, способствует коммуникации, поддерживает здоровье посредством прогулок и активностей на свежем воздухе, тем самым содействуя улучшению общего эмоционального фона и физическому выздоровлению. Организация терапевтической среды средствами ландшафтной архитектуры обязательно должна происходить во взаимодействии со всеми службами и специалистами медицинского учреждения для формирования сценарного подхода в реализации проекта.

Литература

1. Мишукова, И. А. Принципы подбора ассортимента растений при создании лечебных садов на территории медицинских учреждений / И. А. Мишукова, П. А. Лебедев, А. С. Крюковский // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2017. – № 10–2. – С. 10–14.

2. Корзинников, Ю. С. Садовая терапия. Использование ресурсов ботанического сада для социальной адаптации и реабилитации / Ю. С. Корзинников, Г. П. Беловежец. – Иркутск : Издательство Иркутского государственного университета, 2006. – 48 с.

3. Скороходова, А. В. Особенности организации терапевтических садов при формировании архитектурной среды медицинских и реабилитационных центров / А. В. Скороходова, Я. С. Родик, Е. Л. Даниленко // INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE WORLD SCIENCE. – 2018. – № 1. – 4 (32). – С. 51–55.

4. Robin, C. Healing Gardens for children / C. Robin // SCRIBD. – № 1. – S. – P. 28–34.

5. Баззаева, Е. С. Мировой опыт создания сенсорных садов и парков / Е. С. Баззаева // Агропромышленному комплексу – новые идеи и решения. – 2023. – С. 168–174.

6. Вукович, Н. А. Сенсорные сады: теория и практика / Н. А. Вукович. – Москва : Лит-Рес, 2019. – 150 с.

7. Макарова, В. Г. Лечебные сады. Методы терапевтического ландшафтного дизайна на примере детского оздоровительного городка «Малыш»: магистерская диссертация по программе «Дизайн среды» / В. Г. Макарова. – Санкт-Петербург : СПбГУ, 2018. – 104 с.

8. Шестак, К. В. Принципы формирования терапевтических ландшафтных пространств на территории объектов здравоохранения / К. В. Шестак, Д. Н. Федулова // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства. – Красноярск, 2024.

9. Шестак, К. В. Лечебный сад на территории научно-клинического центра ФМБА г. Красноярска / К. В. Шестак, Д. Н. Федулова // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства. – Красноярск, 2022. – С. 164–167.

10. Русский стиль в ландшафтном дизайне. – Текст : электронный // AG garden design : [сайт]. – URL: https://ag-gardendesign.ru/?ysclid=lpfs2pze2j238566752 (дата обращения: 19.11.2023).

11. Сад в стиле русской усадьбы. – Текст : электронный // 7dach.ru : [сайт]. – URL: https://7dach.ru/?ysclid=lpfs41vcdh63821117 (дата обращения: 19.11.2023).

ПРОБЛЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ РОССИИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Я.Д. Шишкин, А.Р. Безпалько
Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова г. Санкт-Петербург

Аннотация. Рассмотрены проблемы государственно-частного партнерства в лесном хозяйстве России и предложены пути их решения.
Ключевые слова: государственно-частное партнерство, лесное хозяйство, проблемы, решения, кадры, инфраструктура.

Annotation. The problems of public-private partnerships in Russian forestry are considered and ways to solve them are proposed.
Keywords: public private partnership, forestry, problems, solutions, personnel, infrastructure.

Государственно-частное партнерство (ГЧП) в лесном хозяйстве России имеет значительный потенциал для развития. Однако на пути его реализации возникает ряд проблем, которые осложняют эффективное взаимодействие между государством и бизнесом. В этой статье будут рассмотрены некоторые из этих проблем, такие как несовершенная правовая база, нехватка квалифицированных кадров, слабая инфраструктура и предложены пути их решения.

Первой из основных проблем ГЧП в лесном хозяйстве является сложная и неоднозначная правовая база. В России, как и во многих других странах, правовая база ГЧП в лесном хозяйстве имеет ключевое значение для развития этой формы сотрудничества. В последние годы правительство России придает особое значение улучшению правовых норм, связанных с ГЧП в лесном хозяйстве. Рассмотрим некоторые изменения, которые могут помочь усилить ГЧП в этой сфере [5].

Введение прозрачности и стабильности в правовую базу ГЧП в лесном хозяйстве является ключевым шагом к успешной реализации проектов. Отсутствие ясных и однозначных правил ведет к неопределенности и внесению рисков в деятельность частных инвесторов. Необходимо разработать законодательство, которое определит процедуры и условия взаимодействия между государством и частными предпринимателями в лесном хозяйстве, а также установит механизмы разрешения возможных конфликтов. Это поможет привлечь больше инвестиций в отрасль и снизить правовые риски для бизнеса.

Важно также обеспечить участие всех заинтересованных сторон в разработке правовых норм. Вовлечение экспертов, представителей государственных органов, частного сектора, академического сообщества, общественности и местных жителей в процесс создания и обсуждения нового законодательства позволит учесть специфику различных регионов и обеспечить максимальную поддержку со стороны всех заинтересованных сторон.

Другим важным аспектом изменения правовой базы ГЧП в лесном хозяйстве является создание механизмов стимулирования для частных инвесторов. Это может включать различные инвестиционные льготы, налоговые субсидии, государственные гранты и другие меры поддержки. Для привлечения частных инвестиций в лесное хозяйство необходимо создать благоприятную инвестиционную среду и устранить барьеры, которые препятствуют развитию бизнеса в этом секторе [6].

Одной из главных трудностей ГЧП в лесном хозяйстве является сложность получения всей необходимой лицензионной и разрешительной документации. Требования к оформлению и получению разрешений часто являются определенным обременением для бизнеса и

могут замедлить или даже прекратить реализацию проектов. Для решения этой проблемы необходимо упростить процесс получения лицензий и разрешений, установить определенные сроки рассмотрения и упростить административные процедуры. Это позволит создать условия, способствующие эффективному взаимодействию между государством и частным сектором в лесном хозяйстве.

Второй проблемой является нехватка квалифицированных кадров. В России недостаток специалистов в области лесного хозяйства является серьезным ограничением для развития ГЧП.

Прежде всего, нехватка квалифицированных персонала связана с отсутствием достаточного количества специальных образовательных программ, нацеленных на подготовку кадров для работы в сфере лесного хозяйства и ГЧП. Во многих странах отсутствует обновление учебных программ, а учебные заведения не всегда располагают необходимым оборудованием и ресурсами для обучения будущих экспертов. Кроме того, недостаток квалифицированных наставников и преподавателей ограничивает возможности получения студентами практического опыта и необходимых знаний для работы в секторе лесного хозяйства.

Другой фактор, влияющий на нехватку кадров, – это низкая привлекательность отрасли лесного хозяйства для молодых людей. Работа в этой области может быть физически трудоемкой, опасной и не всегда высокооплачиваемой. В условиях современных технологий и технических инноваций, которые быстро проникают в другие сферы деятельности, молодое поколение может рассматривать лесное хозяйство как устаревшую отрасль. Это приводит к уменьшению численности сотрудников, а также уровню профессионализма и квалификации в этой сфере.

Кроме того, недостаток квалифицированных кадров влияет на саму эффективность ГЧП в лесном хозяйстве. Государственные органы часто не обладают достаточными экспертными знаниями для реализации эффективных стратегий управления, в то время как частные предприниматели часто не имеют достаточного понимания о лесных ресурсах и инновационных методах. Это приводит к неполноценному использованию лесных ресурсов и снижению доходности проектов ГЧП.

Для преодоления нехватки квалифицированных кадров и развития ГЧП в лесном хозяйстве необходимо предпринять ряд действий. Первым шагом является совершенствование образовательных программ для подготовки специалистов в сфере лесного хозяйства и ГЧП. Учебные заведения должны обеспечивать доступ к обновленным программам, оборудованию и квалифицированным преподавателям. Кроме того, необходимо повышать привлекательность отрасли для молодежи путем создания условий для развития и карьерного роста в лесном хозяйстве, повышения заработной платы и предоставления возможностей для применения инноваций и технологий.

Важно также содействовать партнерству между государственными органами и частными предприятиями в сфере лесного хозяйства. Это позволит обменяться опытом и знаниями, усилить взаимодействие, а также обеспечить непрерывное повышение квалификации персонала. Государственные органы могут предоставить необходимую экспертизу и поддержку, в то время как частные предприятия могут внедрить инновационные подходы и методы управления [3].

Третьей проблемой, являющейся препятствием для развития ГЧП является слабая инфраструктура в лесных регионах. Недостаточно развитая транспортная сеть, ограниченный доступ к лесным участкам, отсутствие энергетической инфраструктуры – все это затрудняет эффективную работу государственных и частных предприятий в лесном хозяйстве. Для решения этой проблемы необходимо инвестировать в развитие инфраструктуры лесных регионов, расширять дорожную сеть, модернизировать энергетическую сеть и создавать удобные условия для работы предпринимателей [4].

Одной из основных сложностей для ГЧП в лесном хозяйстве является недостаточно развитая транспортная инфраструктура. Ограниченные дорожные сети и плохие дорожные условия приводят к трудностям в транспортировке древесины и других лесных ресурсов, а также создают преграды для доступа к лесным участкам. Для улучшения лесной инфраструктуры необходимо инвестировать в развитие дорожных сетей, включая строительство новых дорог и реконструкцию существующих. Это позволит улучшить доступ к лесным массивам и облегчить транспортировку лесных ресурсов, что положительно скажется на развитии ГЧП.

Еще одним важным аспектом улучшения лесной инфраструктуры является развитие энергетической сети в лесных регионах. Хорошо развитая энергетическая инфраструктура позволяет обеспечить энергией производственные объекты, резервы обработки торфяной продукции, а также обеспечить комфортные условия для проживания и работы в этих областях. Разработка и модернизация энергетической инфраструктуры должна быть приоритетной задачей для государственных и частных инвесторов, которые планируют развивать лесное хозяйство.

Создание современных и эффективных лесопильных комплексов и прочих лесообрабатывающих предприятий – еще один важный аспект улучшения лесной инфраструктуры. Устаревшее оборудование и недостаточно развитая производственная база могут ограничивать возможности частных инвесторов и замедлять развитие ГЧП в лесном хозяйстве. Инвестиции в обновление и модернизацию лесопильных заводов и предприятий по переработке лесных ресурсов позволят увеличить производительность, качество и конкурентоспособность продукции, а также создать новые рабочие места и привлечь дополнительные инвестиции в лесное хозяйство.

Важным аспектом улучшения лесной инфраструктуры является использование передовых информационных технологий и цифровых решений. Это может включать внедрение геоинформационных систем для управления лесными ресурсами, мониторинга и прогнозирования пожароопасной ситуации, а также развитие электронных платформ для взаимодействия между государственными органами и частными инвесторами. Применение современных цифровых решений позволит улучшить управление лесными ресурсами, повысить эффективность работы и обеспечить большую прозрачность при взаимодействии между участниками ГЧП [2].

В целом государственно-частное партнерство в лесном хозяйстве России имеет обширную основу для своего развития, но возникшие проблемы требуют эффективного и оперативного решения. Важно разработать прозрачные правила взаимодействия, повысить квалификацию специалистов и привлечь новые кадры, инвестировать в развитие инфраструктуры. Только подобным образом Россия сможет максимально эффективно использовать свой лесной потенциал и достичь устойчивого развития в этой области.

Литература

1. О государственно-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве в Российской Федерации и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : Федеральный закон от 13.07.2015 № 224-ФЗ // Консультант-плюс : сайт. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182660/?ysclid=lpfso2ysa0763019610 (дата обращения: 19.11.2023). – Текст : электронный.

2. Петров, В. Н. Государственное управление лесами : учебное наглядное пособие / В. Н. Петров. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2017. – 239 с.

3. Петров, В. Н. Лесная политика и лесное право : учебное пособие / В. Н. Петров. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2015. – 215 с.

4. Петров, В. Н. Организация, планирование и управление в лесном хозяйстве : учебное пособие / В. Н. Петров. – Санкт-Петербург : Наука, 2010. – 414 с.

5. Морковина, С. С. Государственно-частное партнерство в лесном хозяйстве ЦЧР: формы реализации и перспективы / С. С. Морковина, Бао Шанянь, О. И. Драпалюк // Лесотехнический журнал. – 2013. – № 2. – С. 179–189.

6. Кондратюк, В. А. Стимулирование развития лесного сектора России на основе государственно-частного партнерства / В. А. Кондратюк, Н. П. Кожемяко // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2012. – № 6. – С. 160–165.

ДИНАМИКА УРОВНЕЙ ГРУНТОВЫХ ВОД НА ОСУШЕННЫХ ЗЕМЛЯХ

М.С. Шурыгина, С.Г. Шурыгин
Россия, Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет им. С.М. Кирова
г. Санкт-Петербург

Аннотация. В данной работе изучена динамика уровня грунтовых вод на осушенных лесных землях при различной интенсивности осушения. Исследовалось количество жидких осадков и их влияние на уровень грунтовых вод в осушенных сосновых древостоях Ленинградской области.
Ключевые слова: уровень почвенных вод, осадки, торфяные земли, осушение земель, водный режим.

Annotation. The dynamics of the groundwater level in drained forest lands of various intensities has been studied. The amount of liquid precipitation and its effect on the groundwater level in drained pine forests of the Leningrad region was studied.
Keywords: soil water level, precipitation, peatlands, land drainage, water regime.

Площадь болот и заболоченных земель на территории России составляет 150 млн га или 8,9 % от общей площади земельного фонда. Осушение таких земель оказывает существенное воздействие на характер почвенных процессов, что в свою очередь влияет на состояние древесных насаждений.

Объектами исследования были выбраны осушенные сосновые древостои на маломощных торфяниках Жерновского участкового лесничества в Ленинградской области. Первые попытки осушения этой территории относятся к 1840 годам, когда работала экспедиция Августиновича, ею были канализированы и расчищены ручьи в Охтинской даче, называющейся тогда «Охтинским болотом» [2]. Проекту осушения Охтинской дачи предшествовала тщательная нивелировка поверхности дачи. Проект составлен в 1908–1910 годах. В настоящее время состояние осушительной сети хорошее.

Грунтовые воды оказывают большое влияние на плодородие почв в зоне избыточного увлажнения. При высоком уровне почвенных вод происходит подтопление корневой системы, что выражается в плохом росте и развитии древостоя [1]. На опытных участках № 1, 2 и 3 торфяная залежь представлена верховым и переходным торфом зольностью 5–6 %, подстилаемым суглинками, иногда супесями [2, 4]. Участок первый представлен сосновым древостоем V класса возраста II класса бонитета с запасом 450 м^3/га и полнотой 1,0. На втором опытном участке произрастают сосновые древостои IV класса возраста II–I класса бонитета с запасами 370 м^3/га и полнотой 0,9. Третий опытный участок представлен сосновым древостоем VIII класса возраста III класса бонитета с запасами 220 м^3/га, с полнотой 0,6 [3, 6].

Исследования проводились в течение периодов вегетации нескольких лет, измерение количества жидких осадков и наблюдения за уровнями грунтовых вод проводились по стандартным методикам. За период исследований количество жидких осадков составило 373 мм,

при норме 324 мм, что на 15 % выше нормы, то есть этот период был более влажным, чем обычно. Среднемноголетние данные о глубине грунтовых вод на осушенных участках приведены в таблице.

Из таблицы видно, что в сосновых древостоях I и II класса бонитета, при расстоянии между каналами 110–140 м, средняя за период вегетации глубина грунтовых вод на первом и втором участках составила соответственно 41 и 37 см. Норма осушения в 40 см от поверхности почвы на эти участках обеспечена. Максимальная глубина грунтовых вод на этих участках составила 74 и 89 см, минимальная 4 и 1 см, амплитуда составила 70 и 89 см соответственно. Минимальные глубины грунтовых вод наблюдались в очень сырые годы в мае месяце при позднем снеготаянии.

Таблица

Глубина грунтовых вод за май – сентябрь, см

№ участка	№ пробной площади	Класс бонитета	Расстояние между каналами, м	Май – сентябрь			
				среднее	макс.	мин.	амплитуда
1	2	I	140	40,5	74,0	3,6	70,4
2	5	II	110	36,9	89,0	0,5	88,5
3	8	IV	240	22,4	61,0	-7	68,0

Примечание: знак «–» означает, что уровень воды был выше поверхности почвы.

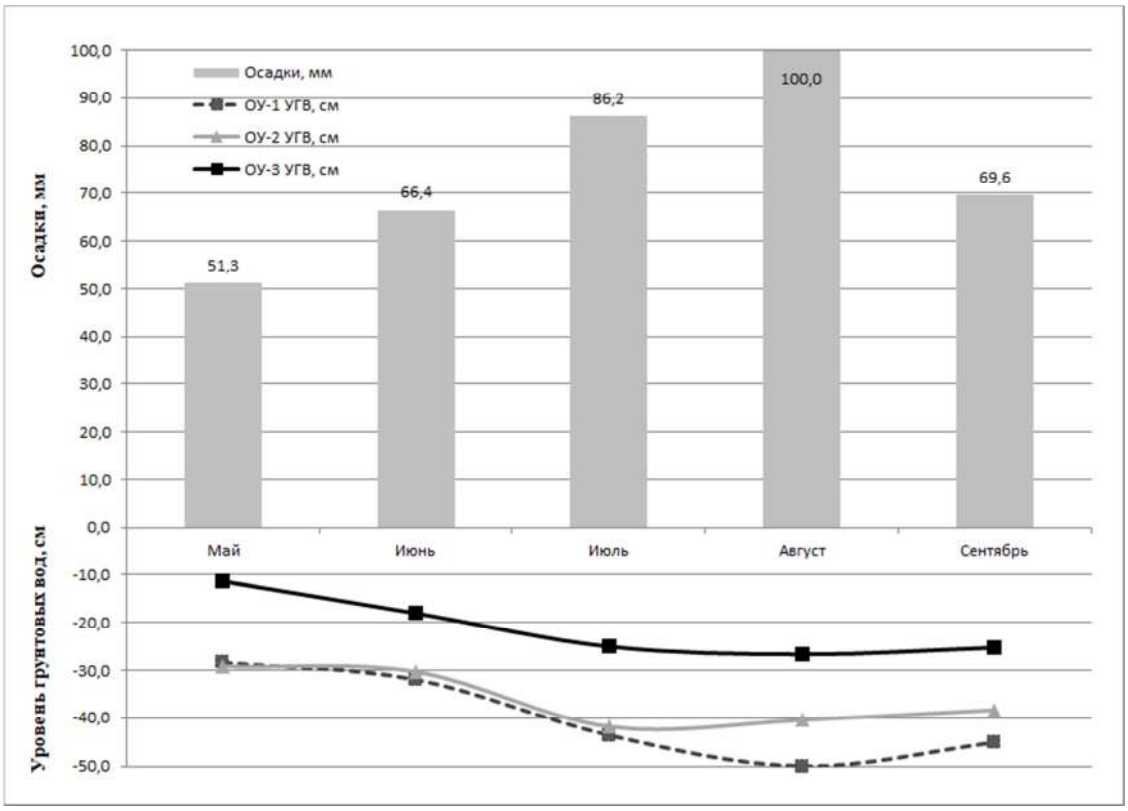


Рис. Динамика осадков и уровней грунтовых вод за май – сентябрь

В сосновых древостоях IV класса бонитета, при расстоянии между каналами 240 м, средняя за период вегетации глубина грунтовых вод на третьем участке составила только 22 см. Норма осушения в 40 см от поверхности почвы на этом участке не обеспечена. Корни сосновых древостоев подтапливаются грунтовой водой бедной растворенным кислородом на

протяжении всего периода вегетации. Максимальная глубина грунтовых вод на этом участке достигала 61 см, минимальная – 7 см, амплитуда составила 68 см. Минимальная глубина в данных условиях была даже выше поверхности почвы на 7 см, то есть в такие периоды торфяные почвы были полностью покрыты водой.

Динамика выпадения жидких осадков и уровней грунтовых вод представлена на рисунке. Наибольшие уровни грунтовых вод наблюдались в мае, когда выпадало 51 мм влаги, далее уровни грунтовых вод снижались и достигали глубины 0,3–0,5 м за счет большого суммарного испарения.

В сентябре при снижении суммарного испарения и увеличения количества осадков до 70 мм за месяц уровни грунтовых вод на первом и втором опытных участках поднялись до 40–45 см, а на 3 опытном участке только до 25 см. В этот период на третьем опытном участке наблюдалось затопление и частичное подтопление корней деревьев, что отрицательно сказывается на приросте сосновых древостоев. В зимний период снижение грунтовых вод происходит за счет стока воды [5].

Проведенные исследования показывают, что при слишком больших межканальных расстояниях – 240 м и более, в сосновых древостоях на торфяных почвах наблюдается подтопление корней деревьев. Это снижает прирост и класс бонитета этих сосновых древостоев.

За период вегетации норма осушения в 40 см от поверхности почвы на 3 участке не обеспечена. Для достижения благоприятного водно-воздушного режима почв на маломощных торфянистых почвах, подстилаемых суглинками и супесями, расстояние между осушительными каналами должно быть не более 110–140 м.

При правильном выборе межканального расстояния, осушение торфяных почв благоприятно повлияло на экосистему: остановило заболачивание лесной территории, улучшило водно-воздушный режим торфяных почв, привело к увеличению прироста древесины. Это все в свою очередь благоприятно сказалось на улучшении биологических, экологических и эстетических функций лесных экосистем, особенно рядом с мегаполисом.

Литература

1. Бабиков, Б. В. Экология сосновых лесов на осушенных болотах / Б. В. Бабиков. – Санкт-Петербург : Наука, 2004. – 166 с.

2. Полякова, В. В. Влияние кольцевой автодороги на рост сосновых древостоев в Жерновском участковом лесничестве / В. В. Полякова, С. Г. Шурыгин. – DOI: 10.21266/2079-4304.2018.225.76-89 // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2018. – Вып. 225. – С. 76–89.

3. Шурыгин, С. Г. Особенности снежного покрова в Санкт-Петербурге и Ленинградской области / С. Г. Шурыгин, Ю. А. Владимирова, А. Н. Кожин // Леса России: Политика, промышленность, наука, образование : материалы IV научно-технической конференции. – Санкт-Петербург, 2019. – С. 88–91.

4. Шурыгин, С. Г. Характеристики снежного покрова в мегаполисе и древостоях на осушенных землях / С. Г. Шурыгин // Лесное хозяйство и комплексное природопользование : Труды СПбНИИЛХ. – Санкт-Петербург : СПбНИИЛХ, 2010. – № 2 (22) – С. 278–280.

5. Шурыгин, С. Г. Динамика стока малых рек / С. Г. Шурыгин // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2017. – № 48. – С. 23–26.

6. Шурыгин, С. Г. Содержание примесей в снежном покрове городских лесов Санкт-Петербурга / С. Г. Шурыгин, Г. Д. Денисенко // Леса России: политика, промышленность, наука, образование : материалы Третьей Международной научно-технической конференции / под редакцией В. М. Гедьо. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2018. – Т. 2. – С. 66–68.

СЕКЦИЯ 2

Направления: технологии лесозаготовки и деревообработки, оборудование лесного комплекса и транспорт леса

ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛОТОВОГО ЛЕСОСПЛАВА

К.С. Акишина, А.В. Калистратов
Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова
г. Санкт-Петербург

Аннотация. В статье рассматривается вопрос об улучшении транспортировки круглого лесоматериала водным транспортом до потребителя. Акцент делается на повышение эффективности плотового лесосплава. Внедрение усовершенствованных технологий позволит улучшить эффективность транспортировки и повысить устойчивость лесной отрасли.
Ключевые слова: водный транспорт, гидродинамические обтекатели, осадка плота, буксировка, водонепроницаемый материал.

Annotation. This research paper addresses the issue of improving the transportation of round timber by water transport to the consumer. The focus is on improving the efficiency of rafting. The introduction of improved technologies will improve transportation efficiency and increase the sustainability of the forest industry.
Keywords: water transportation, hydrodynamic fairings, raft draft, towing, waterproof material.

Еще с ранних времен, когда появился плотовой лесосплав, научные сообщества стремились к тому, чтобы исследовать возможные направления повышения качества лесосплава. Актуальность данной темы заключается в необходимости поиска новых транспортирующих технологий в лесной отрасли. Одной из ключевых проблем является доставка лесоматериала для лесозаготовительных и лесоперерабатывающих предприятий. Использование сухопутных видов транспорта не всегда экономически целесообразно, а также в некоторых случаях отсутствует сеть автомобильных и железных дорог в местах лесозаготовок. В таких случаях использование естественных водных магистралей становится предпочтительным, однако требуется совершенствование способов транспортировки лесоматериала водным путем. Водный транспорт является одним из наиболее выгодных и удобных способов доставки древесины потребителю. Однако не всегда возможно использование судов или барж из-за ограничений, связанных с малой глубиной сплавных ходов или неполным использованием грузоподъемности транспортных средств. Таким образом, для получения эффективности плотового лесосплава необходимо снижение затрат на буксировку, изменение характеристик плота и также увеличение плавучести.

Решением вопроса о повышении эффективности лесосплава в плотах путем снижения сопротивления движению плота при его буксировке речными буксирами занимались и ранее. Основная цель работы заключается в уменьшении времени транспортировки плотов, а также увеличении предельно допустимой скорости их буксировки, что должно положительно сказаться на эффективности сплава леса. В работе А.Ю. Мануковского и др. рассматриваются

различные методы снижения гидродинамического сопротивления движению плота. Авторы проанализировали конструкции современных плотов и методы, используемые в судостроении для снижения сопротивления движению судов. Предлагаются методы снижения сопротивления, такие как изменение формы плота, помещение отдельных секций или пучков в обтекаемый материал, а также использование гидродинамических обтекателей [1].

Представлены примеры применения этих методов, включая плот с клиновидной носовой частью, который снижает лобовое сопротивление движению плота за счет отвода воды вдоль бортов. Также описывается использование водонепроницаемых материалов для снижения сопротивления движению плотов и применение гидродинамических обтекателей, таких как крылообразные и обтекатели типа «нос корабля», которые направляют массы воды под дно плота, снижая лобовое сопротивление. Несмотря на то что статья обсуждает различные методы снижения гидродинамического сопротивления движению плота, авторы не оценивают эффективность и практическую применимость каждого из этих методов. Указывается, что крылообразный обтекатель в головной части плота может создавать завихрения из-за отсутствия отвода жидкости вдоль бортов. Это ограничивает его эффективность на стандартных плотах. Однако обтекатель типа «нос корабля» имеет форму носовой части судна и не создает завихрений, позволяя основной массе воды проходить вдоль бортов плота. Также описывает конструкцию плота с гидродинамическим обтекателем. Плот состоит из секций, оплотника и лежней, а обтекатель жестко сцепляется носовой частью плота. Обтекатель разделен на водозаполняемую и водонепроницаемую части. Крепления-сцепы и гибкая перегородка обеспечивают герметичность обтекателя.

Анализ представленного обтекателя показывает его прочность и устойчивость в процессе транспортировки древесины. Обтекатель имеет сборно-разборный каркас, выполненный из высокопрочного материала, такого как прорезиненный кевлар или брезентовые слои с защитными щитками из пластика или дерева. Этот дизайн уменьшает вероятность повреждений брезентового полотна, предотвращает пропускание воды и обеспечивает долговечность обтекателя. Каркас обтекателя изготовлен из металлических труб, соединенных болтовыми соединениями. Разборный дизайн позволяет хранить составные части обтекателя в помещении, что способствует предотвращению коррозии и сохранению пространства. Такое техническое решение обеспечивает увеличение эффективности эксплуатации и облегчает сборку и разборку обтекателя. Применение предложенных технических решений позволяет оптимизировать процесс сплава лесных материалов.

Ранее была разработана новая конструкция плота. Автор В.В. Васильев описывает процесс буксировки плотов по рекам с малыми глубинами и в период низкого стояния воды. Он утверждает, что конструкция плота должна обладать малой осадкой, хорошей гибкостью и управляемостью. Для этого предлагается использовать формирование плотов из плоских сплоточных единиц, которые при малой осадке имеют большой объем. Также описывается новая конструкция плота, разработанная в Воронежской государственной лесотехнической академии, которая позволяет минимизировать осадку поперечных рядов и плота в целом.

Статья описывает процесс формирования плота и буксировки его по водному пути. Также утверждается, что размещение сплоточных единиц стабилизированной плавучести в середине рядов позволяет защитить водонепроницаемый материал от повреждений при буксировке. Существует несколько способов определения осадки поперечных рядов, которые могут быть использованы в практических условиях. Утверждается, что установление осадки каждого поперечного ряда, входящего в состав плота, и принятие за основу максимальной осадки может быть выполнено тремя различными способами [2]. В данной работе описывается методика определения осадки поперечного ряда и плота в зависимости от размера и характера установки плоских сплоточных единиц. В частности, отмечается, что при формировании поперечного ряда из двух или трех плоских сплоточных единиц конструкции стабилизированной плавучести, формулы равновесия на воде поперечного ряда будут иметь менее

сложную структуру и зависеть от количества плоских сплоточных единиц в ряду. Предложенные способы определения осадки поперечного ряда в зависимости от размеров и характера плоских сплоточных единиц, обычной конструкции и стабилизированной плавучести в ряде, позволяют рассчитать осадку плота при различных вариациях конструктивного исполнения. Таким образом, предлагаются конструктивные решения для создания более устойчивых и управляемых плотов, что может повысить их эффективность и разрешить транспортировку по рекам с малыми глубинами, увеличивая объем доставляемой древесины по водным путям. Можно сделать вывод, что конструкция плота с размещением посередине поперечного ряда плоских сплоточных единиц стабилизированной плавучести позволяет обеспечить меньшую осадку поперечного ряда и плота в целом. Это делает данный вид плота более подходящим для транспортировки по малым и средним рекам.

Заключение. Проанализировав последние труды в данной области, можно сказать о том, что технические решение авторов обеспечивает увеличение эффективности эксплуатации и облегчает сборку и разборку обтекателя. Применение предложенных технических решений позволяет оптимизировать процесс сплава лесных материалов с точки зрения экономической, технологической и качественной эффективности. Отмечу, что проводились исследования только в одном направлении. В первой статье была проделана работа по снижению гидродинамического сопротивления, что, безусловно, очень важно, но данные об изменении осадки плота при использовании оптекателей, неизвестны. В следующей работе представлено исследование по созданию плотов с наименьшей осадкой, но была упущена детальная информация о том, как именно плоты буксируются и какая методика измерения осадки предпочтительна. Также не описывается, как данная конструкция плота соотносится с уже существующими методами формирования плотов. Однако с использованием гибкого водонепроницаемого материала для оболочки пучков достигается ряд преимуществ:

- применение гибкого водонепроницаемого материала позволяет снизить потери древесины, обеспечивая ее сохранность во время транспортировки. Благодаря гибкому материалу, который закрывает древесину, уменьшается ее контакт с водой, что предотвращает водонасыщение и сохраняет плавучесть сплоточной единицы на протяжении всего плавания.

- использование гибкого водонепроницаемого материала способствует снижению сопротивления движению, что позволяет снизить энергозатраты на буксировку.

Таким образом, исследования предлагают ряд методов для повышения эффективности лесосплава в плотах. Однако для полной оценки эффективности и возможности практического применения этих методов требуется проведение дальнейших исследований и экспериментов. Необходимо провести дополнительные исследования взаимодействия водного потока с возможными вариантами обтекателями из различных видов материалов, также расположение материалов под разными углами. Новые современные решения предоставляют ряд дополнительных преимуществ. Это позволит сохранить качество древесины, защитив ее от нежелательного воздействия окружающей среды во время доставки. Применение новых методов способствует улучшению условий транспортировки, а это особенно важно при использовании водного пути, где волнение и перемещение плавучих объектов могут представлять опасность для древесины. Уменьшение потерь древесины и снижение затрат на энергию для транспортировки способствовуют повышению рентабельности и улучшению конкурентоспособности лесозаготовительных и лесоперерабатывающих предприятий. Сокращение потерь древесины и уменьшение сопротивления при транспортировке способствуют сокращению необходимого объема ресурсов, а также меньшему воздействию на окружающую среду, связанному с использованием транспортных средств и энергии.

Литература

1. Мануковский, А. Ю. Методы снижения гидродинамического сопротивления движению сортиментных плотов при их буксировке / А. Ю. Мануковский, Д. А. Макаров,

К. С. Подойницын // Системы. Методы. Технологии. – Санкт-Петербург, 2012. – № 3 (15). – 88 с.

2. Васильев, В. В. Определение осадки плота, содержащего сплоточные единицы стабилизированной плавучести / В. В. Васильев // Лесотехнический журнал (Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова). – 2012. – № 2 (6) – С. 84–93.

3. Патент на изобретение 2381949 РФ, МПК В 63 В 35/62, 35/58. Сплоточная единица : № 2008146180/11 : заявл. 21.11.2008 : опубл. 20.02.2010, бюл. № 5 / Д. Н. Афоничев, Н. Н. Папонов, В. В. Васильев ; заявитель на патентообладателя ВГЛТА.

4. Мануковский, А. Ю. Технология водной доставки сортиментных и хлыстовых плотов, запас их плавучести / А. Ю. Мануковский., И. В. Четверикова. – Воронеж, 2004. – 16 с. – Деп. в ВИНИТИ 28.05.04, No 901.

ОЦЕНКА ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫХ СВОЙСТВ ПЛАСТИКОВ БЕЗ СВЯЗУЮЩИХ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБОТКИ И ПИГМЕНТА В ВИДЕ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА

А.В. Артемов, А.Б. Якимова, А.С. Ершова, Д.А. Симбирцев
Россия, Уральский государственный лесотехнический университет
г. Екатеринбург

Аннотация. В данной работе рассмотрена возможность применения гидролизного лигнина в виде порошкообразного пигмента для получения пластиков без добавления связующих веществ (ПБС) на основе древесных отходов (опилки сосны) с защитно-декоративными свойствами. В качестве защитных свойств ПБС была рассмотрена способность к гидрофобизации лицевой поверхности. Оценка гидрофобизации ПБС осуществлялась по краевому углу смачивания. В качестве декоративных свойств ПБС была рассмотрена интенсивность цветовой окраски лицевой поверхности. Оценка декоративных свойств осуществлялась по информации установленного преобладающего цвета. Было установлено, что применение гидрофобизирующей добавки в виде гидролизного лигнина к древесному наполнителю позволяет получать ПБС с защитным водоотталкивающим эффектом и с декоративно-эстетическими свойствами.
Ключевые слова: пластики, сосновые опилки, гидролизный лигнин, декоративная оценка.

Annotation. This paper considers the possibility of using hydrolyzed lignin in the form of a powdered pigment for the production of plastics without resins (PWR) based on wood waste (pine sawdust) with protective and decorative properties is considered. The ability to hydrophobize the front surface was considered as the protective properties of PWR. Evaluation of hydrophobization of PWR was carried out by edge wetting angle. The intensity of the color coloring of the front surface was considered as decorative properties of PWR. The assessment of decorative properties was carried out according to the information of the established predominant color. It was found that the use of a hydrophobizing additive in the form of hydrolytic lignin to wood filler makes it possible to obtain PWR with a protective water-repellent effect and with decorative and aesthetic properties.
Keywords: plastics, pine sawdust, hydrolysis lignin, decorative evaluation.

На сегодняшний день существуют различные способы получения экологически чистых материалов на основе лигноуглеводного сырья (однолетних и многолетних растений, в том числе и древесины) – пластиков без связующих (ПБС) [1–3].

Исходное сырье обуславливает физико-механические свойства получаемого материала на основе ПБС, в том числе внешний вид лицевой поверхности. Получаемые материалы на основе древесиносодержащего сырья в зависимости от условий изготовления (температура прессования, давление прессования и влажность сырья, а также наличие примесей коры) могут иметь цветовую гамму от светло-коричневого до темно-коричневого [4].

Использование материалов на основе ПБС во внутренней отделке помещений предполагает наличие спроса на их широкий спектр цветовой шкалы. В настоящее время для получения цветных материалов на основе древесины возможно использование различных химических агентов (модификаторов) [5]. При этом использование химических модификаторов не должно приводить к ухудшению физико-механических свойств получаемых материалов [6].

Интерес представляет использование гидролизного лигнина в качестве модификатора для получения ПБС, а также в качестве красителя (колера, пигмента). Из литературных источников известно, что применение гидролизного лигнина позволяет получать пластики с повышенной водостойкостью, при этом материал имеет различное окрашивание в зависимости от количества добавляемого гидролизного лигнина к исходному пресс-сырью [7, 8].

В данной работе была поставлена цель – получить ПБС на основе отходов деревообработки (опилки сосны) с добавлением гидролизного лигнина и оценить влияния добавки на защитно-декоративные свойства получаемого материала. В качестве защитного свойства материала рассматривалась его гидрофобность (оценка проводилась по краевому углу смачивания), в качестве декоративного свойства – цветовой оттенок лицевой поверхности. Для выполнения исследований были изготовлены образцы ПБС в закрытой пресс-форме методом компрессионного горячего прессования (толщина и диаметр образцов составляли 2 и 90 мм соответственно). В качестве исходного пресс-сырья применялись отходы деревообработки в виде сосновых опилок. В качестве пигментирующей добавки применялся гидролизный лигнин (отход гидролизного производства). Количество добавляемого пигмента к древесному пресс-сырью составляло 20, 40, 60, 80 %. Фракция используемого пресс-сырья составляла 0,7 мм, влажность – 12 %.

Режимы изготовления образцов были приняты следующие: давление прессования – 40 МПа, температура прессования – 180 °С, продолжительность прессования – 10 мин, продолжительность охлаждения под давлением – 10 мин, продолжительность кондиционирования – 24 часа. После кондиционирования проводилось исследование показателей водостойкости и определение краевого угла смачивания. Определение водопоглощения и разбухания осуществлялось согласно ГОСТ 4650-2014. Определение краевого угла смачивания происходит по методу взвешивания мениска [9]. Результаты испытаний представлены на рисунке 1.

Установлено, что поверхность образцов ПБС на основе древесного пресс-сырья имеет хорошее смачивание – $\Theta = 87{,}0°$ (рис. 1), которое обусловлено гидрофильностью пресс-сырья. Древесное пресс-сырье содержит достаточное количество гидрофильных соединений, таких как целлюлоза и гемицеллюлозы.

Добавление гидрофобного гидролизного лигнина в древесное пресс-сырье приводит к увеличению краевого угла смачивания на 0,6–1,7 % в зависимости от количества добавляемого пигмента.

Исследование декоративных характеристик лицевой поверхности образцов ПБС осуществлялось с помощью сканографий. Сканографии были получены с помощью планшетного сканера с CCD-матрицей при разрешении 300 dpi.

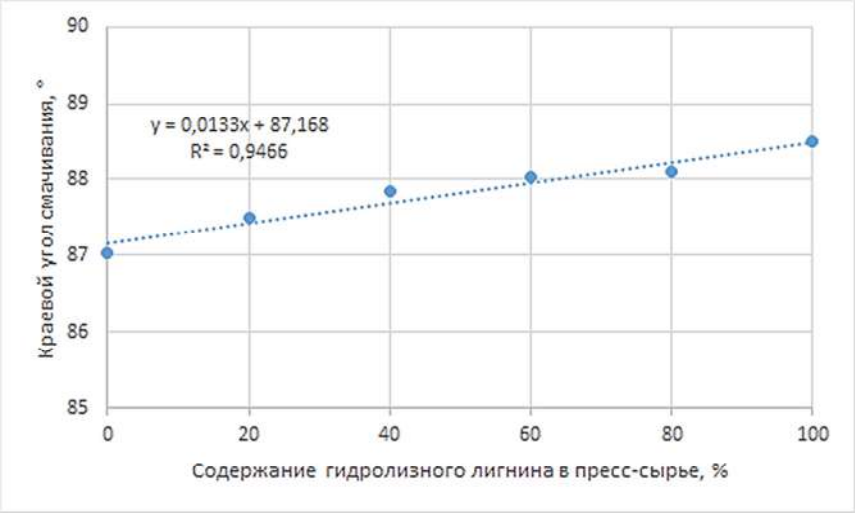


Рис. 1. Зависимость краевого угла смачивания образцов ПБС от содержания гидролизного лигнина в исходном пресс-сырье

Анализ декоративных характеристик, полученных сканографий, осуществлялся с помощью онлайн-сервисов для обработки растровых изображений с целью побора красок и колеров (https://whatcolor.ru, https://encycolorpedia.ru). Размер точки анализа принимался 16 px. Обработка растровых изображений осуществлялась с использованием графического редактора CorelDRAW. В качестве декоративных свойств были рассмотрены: код и название цвета; доля преобладающего цвета; комплементарное сочетание; преобладающие цветотипы; противоположный цвет. Изучаемые декоративные характеристики представлены в таблице.

Таблица

Декоративные характеристики ПБС на основе опилок сосны и гидролизного лигнина

№ п/п	Свойства	Доля пигмента, %					
		0	20	40	60	80	100
1	Сканография						
2	Шестнадцатеричный код цвета	#807050	#908060	#706050	#404040	#404040	#404030
3	Шаблонный цвет						
4	Доля цвета, %	47	30	52	34	73	63
5	Комплементарное сочетание	#304b80	#305090	#295c8f	#00bfbf	#00bfbf	#3030bf
6	Преобладающие цветотипы	весна	весна	весна	весна	весна	весна
		осень	осень	осень	осень	осень	осень
7	Противоположный цвет	#7f8faf	#6f7f9f	#8f9faf	#bfbfbf	#bfbfbf	#bfbfcf

Исходя из приведенной таблицы, можно установить возможность влияния гидролизного лигнина на цветовые характеристики ПБС на основе древесного наполнителя (сосновых опилок). Благодаря этому они имеют достаточно насыщенные оттенки, а также широкий спектр цветовой шкалы. Таким образом, используемые материалы могут выполнять декоративную функцию. В связи с этим появляется возможность их применения в создания интерьера внутренней отделки помещений.

Образцы ПБС в основном имеют оттенки, близкие к коричневому, но с добавлением гидролизного лигнина их спектр смещается к более темным тонам. Что говорит о возможном использовании их в просторных помещениях, выходящих на солнечную сторону.

Также при определении комплементарного сочетания и противоположного цвета использовался круг Иттена [10]. Он, в свою очередь, играет немаловажную роль при выборе дизайна в интерьере. На основании полученного шестнадцатиричного кода цвета были определены цветовые модели в формате RGB и была выполнена их аппроксимация с целью выявления корреляционной зависимости интенсивности цвета лицевой поверхности ПБС от содержания гидролизного лигнина (рис. 2).

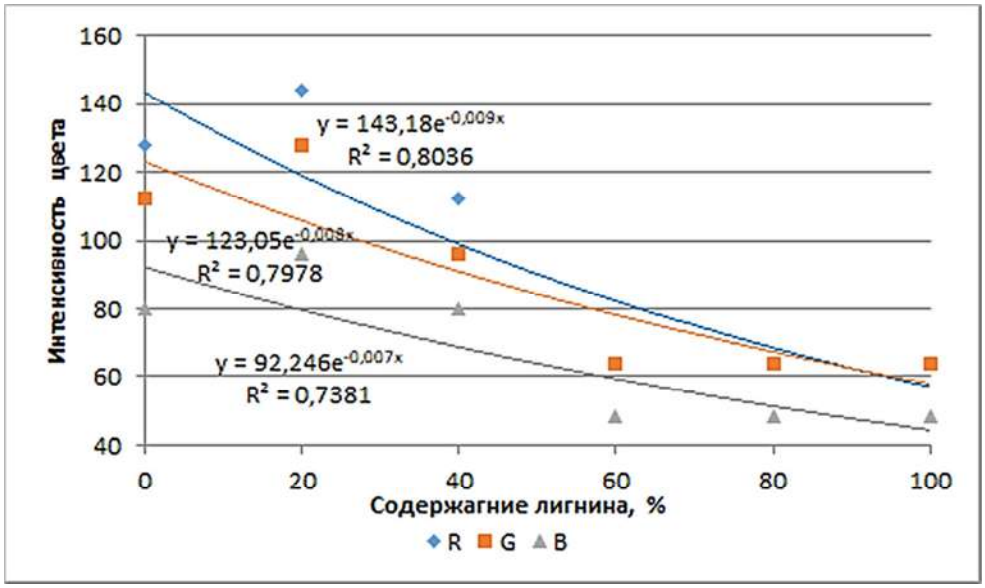


Рис. 2. Зависимость интенсивности цвета образцов ПБС от содержания гидролизного лигнина в исходном пресс-сырье

Полученные уравнения зависимости имеют экспоненциальные формы и достаточно высокий коэффициент аппроксимации, что допускает использование данных уравнений для прогнозирования цветового оттенка при использовании в определенной пропорции гидролизного лигнина к древесному наполнителю.

Таким образом, применение гидрофобизирующей добавки в виде гидролизного лигнина к древесному наполнителю позволяет получать не только образцы с защитным водо-отталкивающим эффектом, но и придавать различные декоративно-эстетические свойства.

Литература

1. Исследование физико-механических характеристик биокомпозитов с наполнителем из древесной муки / Н. Р. Галяветдинов, Р. Р. Сафин, Г. Ф. Илалова, А. А. Прокопьев // Системы. Методы. Технологии. – 2023. – № 3(59). – С. 94–99. – DOI 10.18324/2077-5415-2023-3-94-99.

2. Получение биоразлагаемых полимерных упаковочных материалов на основе полиолефинов и древесной муки / А. А. Шабарин, А. М. Кузьмин, Ю. И. Матюшкина, И. А. Шабарин // Химия растительного сырья. – 2022. – № 2. – С. 307–314. – DOI 10.14258/jcprm.2022029532.

3. Колосова, А. С. Современные эффективные теплоизоляционные материалы на основе древесного сырья / А. С. Колосова, Е. С. Пикалов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2021. – № 3. – С. 66–77.

4. Артемов, А. В. Применение растровых изображений с целью определения цветовых характеристик пластиков без связующих на основе лигноцеллюлозосодержащего сырья / А. В. Артемов, А. С. Ершова, В. Г. Бурындин // Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов : материалы VII Международной научно-технической конференции имени профессора В.И. Комарова (Архангельск, 14–16 сентября 2023 г.) / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова». – RUS : Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 2023. – С. 343–347.

5. Авторское свидетельство № 142016 A1 СССР, МПК B27N 3/02. Способ изготовления цветного древесного пластика из опилок без связующего : № 724026 : заявл. 30.03.1961 : опубл. 01.01.1961 / А. В. Чуйко, Е. С. Чуйко.

6. Получение биокомпозитов с полимерной фазой пластифицированных ацетатов целлюлозы с различной степенью ацетилирования / А. Е. Шкуро, В. В. Глухих, К. А. Усова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2023. – № 4. – С. 155–168. – DOI 10.37482/0536-1036-2023-4-155-168.

7. Якимова, А. Б. Применение гидролизного лигнина для пигментирования пластиков без связующих / А. Б. Якимова, А. С. Ершова, А. В. Артемов // Полиграфия: технология, оборудование, материалы : материалы XIV Международной научно-практической конференции (Омск, 16–17 мая 2023 г.) / редколлегия: С. Н. Литунов (научный редактор), Н. И. Филенко (ответственный редактор), Ю. Д. Бусарова. – Омск : Омский государственный технический университет, 2023. – С. 34–39.

8. Гидрофобизация пластиков без связующих веществ гидролизным лигнином / А. В. Артемов, В. Г. Бурындин, А. С. Ершова, А. Н. Ладыгина // Деревообрабатывающая промышленность. – 2023. – № 1. – С. 116–124.

9. Исследование смачиваемости и водопоглощения композитов с полимерной фазой полилактида и опилками бука / Д. М. Мичуров, А. С. Шаркова, А. Е. Шкуро, П. С. Кривоногов // Деревообрабатывающая промышленность. – 2023. – № 3. – С. 121–127.

10. Казарина, Т. Ю. Цветоведение и колористика : практикум по направлению подготовки 54.03.01 «Дизайн», профиль «Графический дизайн» / Т. Ю. Казарина. – Кемерово : Кемеровский государственный институт культуры, 2017. – 36 с.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ДРЕВЕСИНЫ ИЗ ВЕТВЕЙ ОСИНЫ КАК СЫРЬЯ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ОТРАСЛИ

К.И. Балыбердин, Албаррам Фатыма, Я.В. Казаков
Россия, Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова
г. Архангельск

Аннотация. Введение в переработку древесины ветвей соответствует современным тенденциям по рациональному природопользованию и охране природы и выражается в комплексном использовании древесного сырья, т.е. получение полезных продуктов из ветвей деревьев, массовая доля которых может составлять 15…20 % от массы древесины дерева, что позволит также сделать шаг к решению проблемы обеспечения лесохимических предприятий древесными сырьевыми ресурсами. Полученные данные о физических свойствах древесины ветвей указывают на схожесть с древесиной стволовой части. Щепа из ветвей осины в сравнении со щепой, полученной из ствола, имеет меньшую влажность, более высокую плотность и значительно, почти в два раза, более высокую зольность. Дальнейшее исследование свойств волокон позволит оценить их пригодность при производстве и получении картона. Разная плотность и влажность воздушно-сухой щепы должны быть учтены при определении условий пропитки щепы перед варкой и определении режимов сульфатной варки.
Ключевые слова: комплексная переработка, древесина, осина, ветви.

Annotation. The introduction of tree branches into wood processing corresponds to modern trends in environmental management and nature conservation. This is expressed in the integrated use of wood raw materials, i.e. obtaining useful products from tree branches, the mass fraction of which can be 15...20 % of the mass of tree wood. This will also make it possible to take a step towards solving the problem of providing forest chemical enterprises with wood raw materials. The obtained data on the physical properties of the wood of the tree branches indicate similarity with the wood of the stem part. Chip from aspen branches, in comparison with wood chips obtained from the trunk, have lower moisture content, higher density and a significantly, almost twice as high ash content. Further study of the properties of the cellulose fibers will allow us to evaluate their suitability for the production and production of cardboard. The differences in densities and moisture content of air-dry wood chips must be taken into account when determining the conditions for impregnation of wood chips before cooking and determining the modes of kraft cooking.
Keywords: integrated processing, wood, aspen, branches.

В современных условиях одним из ключевых аспектов соблюдения требований охраны окружающей среды и рационального природопользования является бережное отношение к лесным ресурсам. С каждым годом возрастает интенсивность потребления древесины лесозаготовительной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленностями, в результате чего возникает опасность истощения лесных ресурсов [1–3].

В настоящее время сложилась ситуация, при которой большую долю предприятий лесозаготовительной промышленности составляют малые предприятия, для которых эффективное использование второсортной древесины и древесных отходов не является приоритетом. Например, Архангельская область является одним из крупнейших регионов Северо-Западного федерального округа (СЗФО) России по площади лесного фонда и запасам древесины. По данным ООО «Национальное лесное агентство развития и инвестиций», среднегодовой объем заготовок древесины в регионе составляет в пределах 11…12 млн м^3 ликвидной древесины. Предприятиями лесопромышленного комплекса в основном используется стволовая древесина, которая составляет 60…65 % всей биомассы дерева. Остальная часть – ветви и вершины 15…20 %, пни и корни 15…30 % – является отходами лесозаготовок и остают-

ся на лесосеках [2]. Основная доля этих отходов не находит применения. Между тем лесосечные отходы (ветви, вершины) можно перерабатывать в технологическую щепу для целлюлозно-бумажного производства, изготовления древесноволокнистых и древесностружечных плит, гидролизного производства и т.д. Помимо этого, сбор и переработка отходов, образующихся на лесосеках, соответствуют соблюдению противопожарных норм, устраняют захламленность лесных массивов, снижают возможность возникновения очагов лесных вредителей и позволяют увеличить съем массы полезной древесины с единицы площади леса [4].

Цель данной работы – дать характеристику сырья, представленного отходами лесозаготовок в виде ветвей, в сравнении с кондиционной древесиной для выявления возможности и особенностей использования древесины ветвей в качестве сырья для получения волокнистого полуфабриката для производства картона.

Для исследований использованы ствол и ветви осины, местом произрастания которых является Приморский район Архангельской области (рис. 1).

Образцы древесины были распилены на шайбы, толщиной 2,5 см, затем была вручную удалена кора. Ветви после ручной окорки были распилены на цилиндры длиной 25 мм. Опилки, полученные от поперечной распиловки ветвей и ствола, были просушены и отсортированы на сите с перфорацией 0,25 мм, после чего использованы для изучения компонентного состава древесины. Щепа толщиной не более 5 мм получена на ручном резаке. Фотографии исследуемых образцов в процессе подготовки представлены на рисунке 2. Хранение образцов осуществлялось в помещении лаборатории при комнатной температуре.



а *б*

Рис. 1. Образцы осины, использованные в исследовании:
а – ветви; б – ствол



а *б* *в*

Рис. 2. Этапы подготовки образцов: а – окоренные ветви;
б – шайбы из древесины ствола; в – опилки

Для характеристики образцов выполнены следующие анализы: определение влажности древесины методом высушивания до постоянной массы, базисной плотности щепы, зольности древесины методом прокаливания в муфельной печи при температуре 900 °С [5]. В таблице представлены данные, полученные при проведении анализа древесины ствола и ветвей осины.

Таблица

Характеристика исходного сырья

	Вид сырья	
	Ветви	Ствол
Фотография образца		
Средний диаметр, мм	20,6	166
Средняя толщина коры, мм	4	6
Количество годовых колец на срезе	6-8	22
Среднее число годовых колец на 1 см	4	3
Влажность, %	8,6	13,1
Зольность, %	0,52	0,26
Базисная плотность, кг/м^3	608	501

Щепа из ветвей осины в сравнении со щепой, полученной из ствола, имеет меньшую влажность (8,6 против 13,1 %), хотя условия хранения у них были одинаковые. Таким образом, свойства образцов влияют на взаимодействие с влагой, находящейся в воздухе. Плотность щепы из ветвей (608 кг/м^3) значительно выше аналогичных показателей щепы из ствола (501 кг/м^3), что может объяснить различия во влажности воздушно-сухих образцов. Также древесина ветвей имеет более высокую зольность – почти в два раза. Отмеченные различия следует учитывать при подготовке щепы к варке для получения целлюлозы. Разная плотность и влажность щепы должны быть учтены при определении условий пропитки щепы перед варкой, и определении режимов сульфатной варки.

При исследовании микроскопического строения древесины ствола и ветвей осины был использован цифровой микроскоп Imager Z2m Carl Zeiss. Изучение ствола осуществляется на трех главных разрезах: поперечном, радиальном и тангенциальном. Микрофотографии представлены на рисунке 3.

На радиальном и тангенциальном срезах хорошо просматриваются волокна либриформа, в стенках которых имеются мелкие щелевидные косорасположенные поры. На радиальном срезе, кроме того, отчетливо видны сосуды и сосудистые трахеиды. На поперечном срезе можно найти границу годичного слоя по нескольким рядам сплюснутых волокон либриформа, которая выражена слабо, и сосуды, которые выделяются более крупными отверстиями. На тангенциальном срезе граница годичного слоя не наблюдается. На микрофотографиях препаратов срезов ствола заметны включения экстрактивных веществ.

В целом существенных отличий в микростроении препаратов ветвей и ствола не выявлено, а отличия в размерах волокон либриформа не прослеживаются. Можно отметить только больший размер сосудов у препаратов от ствола осины.

Анализируя полученные данные, можно предположить, что одним из возможных направлений использование лесосечных отходов в виде ветвей является производство волокнистого полуфабриката для картона сульфатным способом. Современная технология ряда

видов картона не предъявляет высоких требований прочности волокнистых полуфабрикатов, Дальнейшее исследование свойств волокон позволит оценить их пригодность при производстве и получении картона.

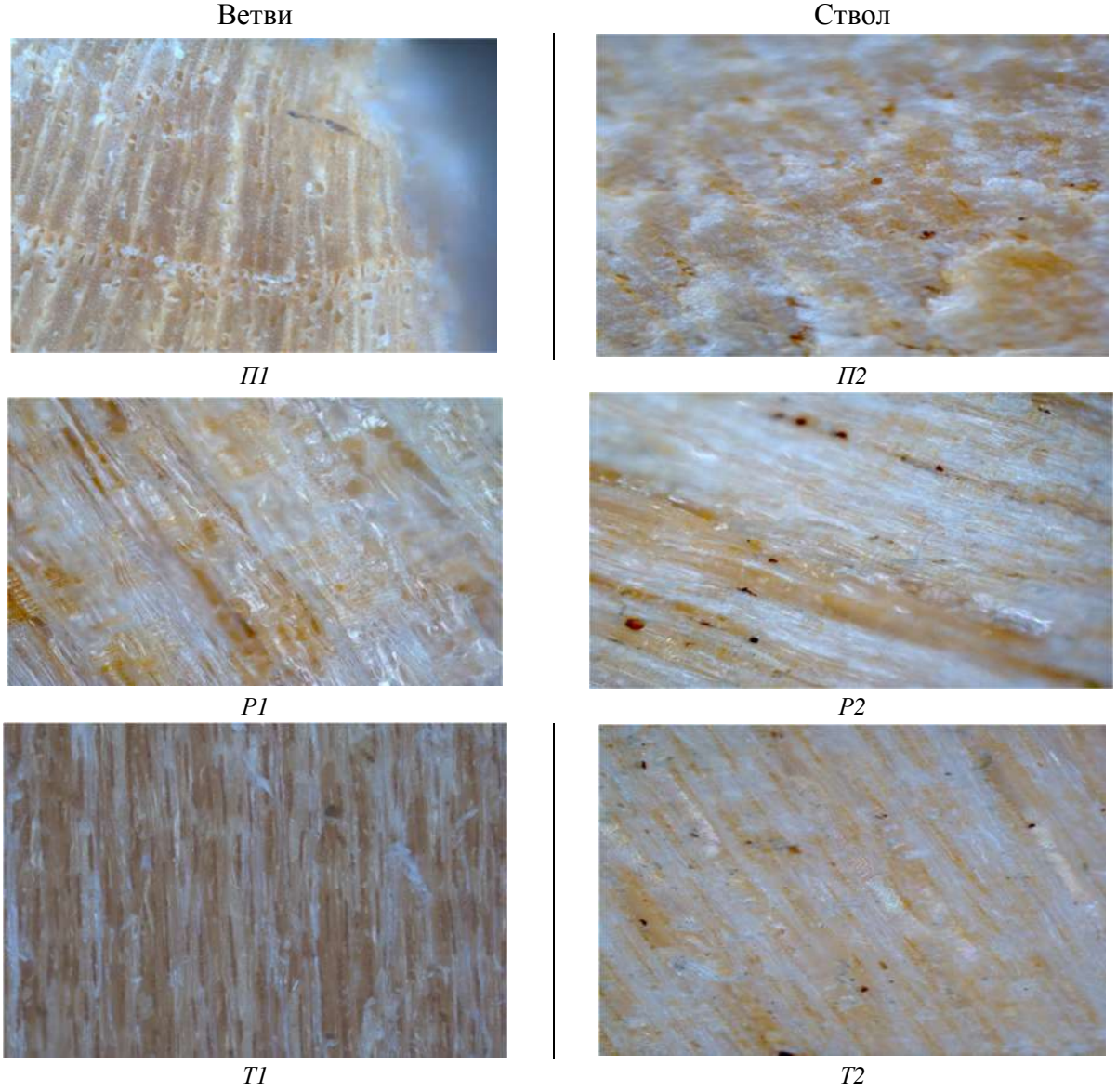


Рис. 3. Микрофотографии срезов древесины ствола и веток осины:
П, Р, Т – поперечный, радиальный и тангенциальный срез древесины;
1 – из ветвей; 2 – из ствола

Выводы.

1) Введение в переработку древесины ветвей соответствует современным тенденциям по рациональному природопользованию и охране природы и выражается в комплексном использовании древесного сырья, т.е. получении полезных продуктов из ветвей деревьев, массовая доля которых может составлять 15…20 % от массы древесины дерева, что позволит также сделать шаг к решению проблемы обеспечения лесохимических предприятий древесными сырьевыми ресурсами.

2) Полученные данные о физических свойствах древесины ветвей указывают на схожесть с древесиной стволовой части. Щепа из ветвей осины в сравнении со щепой, полученной из ствола, имеет меньшую влажность, более высокую плотность и значительно, почти в

два раза, более высокую зольность. Дальнейшее исследование свойств волокон позволит оценить их пригодность при производстве и получении картона.

3) Разная плотность и влажность воздушно-сухой щепы должны быть учтены при определении условий пропитки щепы перед варкой, и определении режимов сульфатной варки.

Литература

1. Никишов, В. Д. Комплексное использование древесины : учебник для вузов / В. Д. Никишов. – Москва : Лесная промышленность, 1985. – 264 с.

2. Коробов, В. В. Переработка низкокачественного сырья (проблемы безотходной технологии) / В. В. Коробов, Н. П. Рушнов. – Москва : Экология, 1991. – 288 с.

3. Гелес, И. С. Древесная биомасса и основы экологически приемлемых технологий ее химико-механической переработки / И. С. Гелес. – Карельский научный центр РАН. – Петрозаводск, 2001. – 382 с.

4. Молодая тонкомерная древесина от рубок ухода за лесом – резерв сырья для производства целлюлозы и бумаги / Ф. Х. Хакимова, К. А. Синяев, Р. Р. Хакимов, О. А. Носкова // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2020. – Т. 24, № 2. – С. 88–97. – DOI: 10.18698/2542-1468-2020-2-88-97.

5. Оболенская, А. В. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы : учебное пособие вузов / А. В. Оболенская, З. П. Ельницкая, А. А. Леонович. – Москва : Экология, 1991. – 320 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ХОЛОДНОГО ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ

Д.В. Баринов, В.А. Марков
Россия, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
г. Санкт-Петербург

Аннотация. Восстановление деталей с нарушенной геометрией или неравномерным износом поверхности – сложная, но актуальная задача. Альтернативными способами восстановления деталей в данном случае могут быть различные виды напыления. Газодинамическое напыление (также известное как HVOF-напыление) – это процесс нанесения покрытий на поверхности изделий путем напыления порошка с использованием высокой скорости газового потока. Холодное газодинамическое напыление композиционных порошковых материалов является перспективным методом восстановления корпусных деталей, позволяющим восстанавливать как номинальный размер изделия, так и различные дефекты.
Ключевые слова: холодное газодинамическое напыление, отказы, покрытия, технологический процесс.

Annotation. Restoring parts with broken geometry or uneven surface wear is a difficult but urgent task. Alternative ways of restoring parts in this case may be different types of spraying. Gas dynamic spraying (also known as HVOF spraying) is the process of coating the surface of products by spraying powder using a high speed gas flow. Cold gas-dynamic spraying of composite powder materials is a promising method of restoring body parts, which allows to restore both the nominal size of the product and various defects.
Keywords: cold gas dynamic spraying, failures, coatings, technological process.

Современные статистические данные, предоставленные лесозаготовительными предприятиями за последние годы, говорят о том, что в постгарантийный срок распределение отказов техники выглядит иначе, чем в срок гарантии. На рисунке 1 представлена диаграмма распределения отказов в постгарантийный срок для отечественной и зарубежной техники. Из данной диаграммы мы видим, что после 5 лет эксплуатации в российских условиях, зарубежная и отечественная техника сталкиваются с похожими проблемами. В негодность приходят элементы ходовой части, зачастую восстанавливаемые потребителями подручными методами, такими как наплавка электродами и др., остаются вышеуказанные проблемы с гидравликой и топливной системой, а также возникают проблемы с электрооборудованием [1].

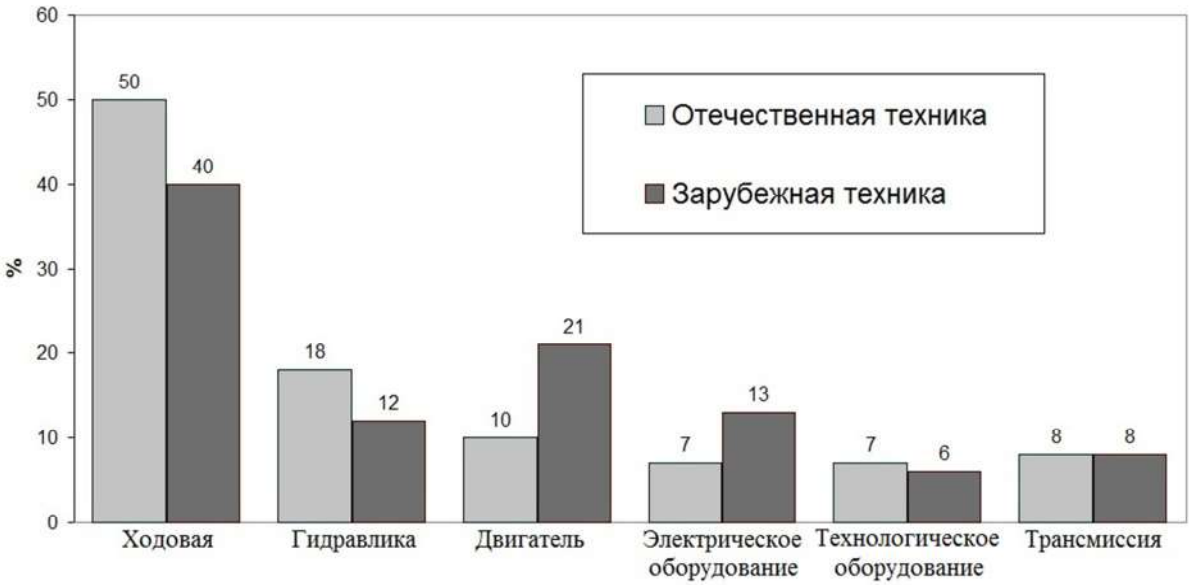


Рис. 1. Статистика отказов

Зачастую отказы происходят из-за износов поверхностей трения деталей, но также частой причиной отказов могут являться усталостные нагрузки, вызывающие трещины и изменение геометрической формы деталей. Восстановление деталей с нарушенной геометрией или неравномерным износом поверхности – сложная, но актуальная задача. Когда речь идет о восстановлении валов и других тел вращения, то наиболее часто применяются различные методы наплавок, однако когда мы сталкиваемся с износом плоских поверхностей, да еще и с изменением формы детали, однозначного решения в целесообразности восстановления нет. Альтернативными способами восстановления деталей в данном случае могут быть различные виды напыления, такие как:

1. Порошковое напыление: используется порошковое покрытие, которое наносится на детали в виде тонкого слоя. Этот вид напыления обеспечивает высокую стойкость к истиранию, ультрафиолетовому излучению и химическим веществам.

2. Металлизация: это процесс, при котором на поверхность деталей наносится тонкий слой металла, обычно алюминия или цинка. Это напыление обеспечивает защиту от окисления и коррозии, а также может быть использовано для создания проводящих или декоративных покрытий.

3. Гальваническое напыление: в этом процессе используется электрохимическая реакция, чтобы нанести металлическое покрытие на детали. Таким образом можно получить покрытия из различных металлов, таких как никель, хром, золото или серебро. Гальваническое напыление обеспечивает защиту от коррозии, а также служит для улучшения эстетического вида деталей.

4. Нанесение керамического покрытия – это процесс, при котором на детали наносится тонкий слой керамического материала. Это покрытие обеспечивает высокую термическую и химическую стойкость, защиту от царапин и истирания, а также может быть использовано для создания декоративных эффектов.

5. Пластическое напыление: в этом процессе используется специальный пластический материал, который наносится на детали в виде пленки. Такое напыление может быть использовано для защиты от коррозии, а также для создания прозрачных или декоративных покрытий.

Это лишь некоторые из видов напылений, используемых при ремонте деталей. В каждом конкретном случае выбор подходящего типа напыления зависит от требуемых свойств покрытия и требований к деталям [2].

Газодинамическое напыление (также известное как HVOF-напыление) – это процесс нанесения покрытий на поверхности изделий путем напыления порошка с использованием высокой скорости газового потока. В процессе газодинамического напыления порошок подается в нагреватель, где он нагревается до высоких температур. Затем нагретый порошок подается в камеру смешения, где он смешивается с газом (обычно кислородом или ацетиленом). Полученная смесь подается в сопло, где газовый поток ускоряется до высокой скорости [3]. Под высоким давлением газовый поток направляется на поверхность изделия, создавая очень высокую температуру и давление. В результате этого происходит передача энергии от газового потока к порошку, который начинает плавиться и образует покрытие на поверхности изделия.

Газодинамическое напыление обладает рядом преимуществ, включая высокую плотность покрытия, отличную адгезию к поверхностям, повышенную твердость и износостойкость. Этот процесс широко применяется в различных отраслях промышленности при ремонте оборудования [3].

Одним из малоизученных методов напыления является холодное газодинамическое напыление, позволяющее восстанавливать как геометрические характеристики деталей, так и трещины в них (иногда без разборки агрегата). Данный метод до недавнего времени не применялся для лесных машин и отрасли целлюлозно-бумажной промышленности, так как преимущественно подходит для деталей из цветных металлов, а не из черных. С внедрением зарубежной техники в процесс лесозаготовки доля деталей из различных цветных сплавов существенно возрастает (блоки цилиндров, головки блоков, корпуса, крышки и т.д.), что требует разработки технологий их восстановления и ремонта. К тому же не стоит забывать об остром дефиците запасных частей, возникшем в последние годы с введением многочисленных санкций против нашей страны. Принципиальная схема холодного газодинамического напыления представлена на рисунке 2.

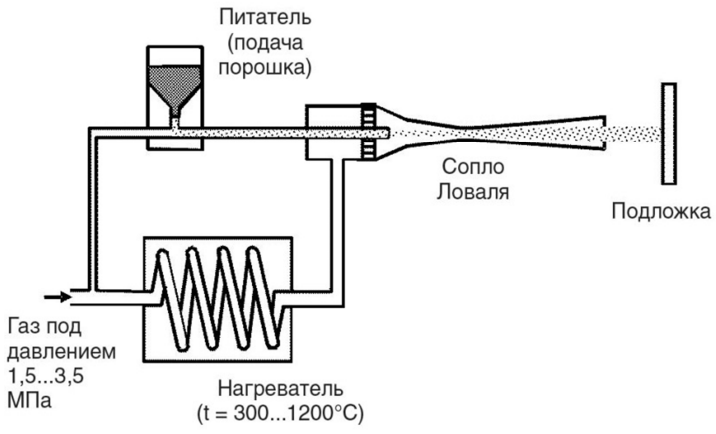


Рис. 2. Схема холодного газодинамического напыления

Преимуществами данного метода являются относительно низкая себестоимость, отсутствие нагрева и окисления металла частиц и подложки, нет вредных газов, веществ, излучений, покрытие наносится в воздушной атмосфере при нормальном давлении, при любых значениях температуры и влажности атмосферного давления, при воздействии высокоскоростного потока напыляемых частиц происходит очистка поверхности от технических загрязнений, также использовать данное оборудование можно не только в стационарных условиях, но и в полевых [3].

Процесс удара частицы происходит в две стадии: рост давления и упругая деформация частиц вплоть до динамического предела текучести и пластическая деформация со значительной деформацией структуры материала и его нагревом. При достаточной скорости удара, когда превышен предел текучести, упругая фаза удара пренебрежимо мала. Ударное давление определяется свойствами материалов, входящих в параметр Грюнайзена.

Технологический процесс восстановления деталей представленным способом можно разделить на 3 стадии:

1. Предварительная подготовка поверхности (очистка, обезжиривание, правка при необходимости, выявление дефектов и расчет требуемого слоя покрытия) и выбор материалов для нанесения покрытия, наиболее схожих с основным материалом по физико-механическим свойствам и химическому составу.

2. Нанесение покрытия. Для корректировки толщины покрытия часто применяются маяки определенной высоты от поверхности основы.

3. Механическая обработка (шлифование, полирование) для получения точных размерных и геометрических параметров.

Холодное газодинамическое напыление композиционных порошковых материалов является перспективным методом восстановления корпусных деталей, позволяющим восстанавливать как номинальный размер изделия, так и различные дефекты. Эффективное применение данного метода при восстановлении корпусных деталей лесных машин требует проведения комплекса работ по обоснованию объектов восстановления, анализу номенклатуры порошковых материалов и требований к подготовке поверхностей для восстановления, а также корректному выбору параметров проведения технологического процесса.

Литература

1. Марков, В. А. Исследование причин отказов деталей зарубежной и отечественной лесозаготовительной техники / В. А. Марков, В. И. Кретинин, А. Н. Марков [и др.] // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2016. – № 216. – С. 155–165.

2. Марков, В. А. Анализ методов восстановления плоских корпусных деталей / В. А. Марков, П. А. Гайдукова // Леса России в XXI веке : материалы двенадцатой международной научно-технической интернет-конференции. – СПбГЛТУ, 2015. – С. 119–121.

3. Холодное газодинамическое напыление : монография / А. П. Алхимов, С. В. Клинков, В. Ф. Косарев, В. М. Фомин ; под редакцией В. М. Фомина. – Москва : ФИЗ-МАТЛИТ, 2009. – 533 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

С.Е. Гаркавцева, В.В. Гостев
Россия, Российский государственный аграрный университет –
Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева
г. Москва

Аннотация. В современном мире лесопромышленный комплекс играет важную роль в обеспечении стройматериалами, биомассой и другими продуктами на основе древесины. Статья рассматривает современные технологии лесозаготовки и деревообработки, а также оборудование и транспорт в лесопромышленной отрасли. Она акцентирует внимание на значимости устойчивых методов вырубки и обработки древесины, а также на применении современных геоинформационных технологий для оптимизации процессов. В статье рассматриваются ключевые темы, такие как лесной трактор, лесопилка и транспортные средства.
Ключевые слова: лесозаготовка, деревообработка, оборудование, лесной комплекс, транспорт леса, устойчивость, информационные технологии, лесной трактор.

Annotation. In today's world, the forestry sector plays a crucial role in providing construction materials, biomass, and other wood-based products. This article explores modern technologies for logging and wood processing, as well as the equipment and transportation in the forestry industry. It emphasizes the importance of sustainable logging and wood processing methods and the application of advanced information technologies to optimize processes. The article addresses key topics such as forest tractors, sawmills, transport vehicles, and the use of artificial intelligence in forestry.
Keywords: logging, wood processing, equipment, forestry complex, forest transportation, sustainability, information technologies, forest tractors.

Введение. В современном мире лесопромышленный комплекс остается одной из ключевых отраслей экономики, предоставляя древесину и связанные продукты, которые используются во многих аспектах нашей повседневной жизни. Однако с ростом потребительского спроса на древесные ресурсы актуальность внедрения современных технологий лесозаготовки и деревообработки становится все более важной. Это не только обеспечивает эффективное использование лесных ресурсов, но также способствует устойчивому развитию этой отрасли.

Сущность рассматриваемого вопроса. Сущность рассмотрения заключается в исследовании современных технологий и методов лесозаготовки, деревообработки, а также в обзоре оборудования и транспорта, используемого в лесопромышленной отрасли. В статье особое внимание обращается на следующие аспекты:

– устойчивость: анализируются методы лесозаготовки, которые способствуют сохранению экосистемы и биоразнообразия лесов;

– информационные технологии: рассматривается применение современных геоинформационных технологий, включая использование дронов и датчиков, для более эффективного управления процессами в лесопромышленности;

– оборудование: изучаются современные лесные тракторы, лесопилки и другие машины, которые улучшают производительность и безопасность рабочих.

Анализ. 1. Лесозаготовка, несомненно, является важным аспектом управления лесными ресурсами. Чтобы обеспечить устойчивость экосистем и сохранение биоразнообразия, необходим сбалансированный подход к методам лесозаготовки. Рассмотрим несколько ключевых методов, способствующих этой цели.

Один из наиболее эффективных методов, который позволяет сохранить структуру леса и биоразнообразие, – это выборочная рубка. В зависимости от объема вырубаемой древеси-

ны за один прием (интенсивность рубки) выборочные рубки подразделяются на следующие виды: 1) очень слабой интенсивности – объем вырубаемой древесины не превышает 10 % от общего запаса древостоя до рубки; 2) слабой интенсивности – 11–20 %; 3) умеренной интенсивности – 21–30 %; 4) умеренно высокой интенсивности – 31–40 %; 5) высокой интенсивности – 41–50 %; 6) очень высокой интенсивности – 51–70 %. Выборочные рубки спелых и перестойных лесных насаждений поводятся с интенсивностью, обеспечивающей формирование устойчивых лесных насаждений из второго яруса и подроста [1]. Таким образом, вместо массового вырубания деревьев, при этом методе удаляются только отдельные деревья, что сохраняет природные условия для разнообразных видов растений и животных.

Уход за молодняком. Специальное внимание к молодым деревьям и растениям содействует восстановлению лесных популяций. Это включает в себя тщательный уход за молодыми деревьями, предотвращая соревнование за свет и питательные вещества, что способствует их более здоровому росту.

Минимальное воздействие на почву. Применение техники с минимальным воздействием на почву – еще один ключевой элемент устойчивой лесозаготовки. Это позволяет сохранить структуру почвы, минимизируя эрозию и обеспечивая благоприятные условия для роста растений.

Инновационные технологии. Современные технологии играют важную роль в улучшении устойчивости лесозаготовки. Использование беспилотных летательных аппаратов и датчиков помогает точно определять области для рубки, что уменьшает случайные повреждения окружающей среды.

Защита уязвимых зон. Определение и защита уязвимых зон, таких как биологически важные участки и места обитания редких видов, важны для сохранения биоразнообразия. Это подразумевает создание запасных зон, где леса могут развиваться неприкосновенными.

2. Одним из важных направлений внедрения информационных технологий в лесопромышленность является использование дронов. Дроны могут проводить аэрофотосъемку лесных участков, предоставляя детальные карты местности. Это не только упрощает процессы инвентаризации, но и помогает выявлять зоны с высоким риском пожаров или болезней древесных пород. Также дроны могут использоваться для мониторинга состояния лесов, обнаружения незаконной рубки и следящего надзора за общим состоянием лесопромышленных территорий.

Геоинформационные системы (ГИС) используются в лесном хозяйстве для получения информации о лесах и ведения дистанционного мониторинга [3].

Датчики играют также важную роль в управлении лесопромышленными процессами. Установленные на деревьях, они могут предоставлять данные о состоянии почвы, климата и роста лесных массивов. Эти информационные потоки позволяют предсказывать оптимальные моменты для вырубки, проведения противопожарных мероприятий или поддержания экосистемного баланса. Анализ данных от датчиков также способствует более эффективному использованию ресурсов, что важно для устойчивого лесного хозяйства.

Внедрение информационных технологий в лесопромышленность сопряжено не только с повышением эффективности, но и с сокращением негативного воздействия человеческой деятельности на лесные экосистемы. Правильное использование дронов и датчиков может способствовать бережному отношению к природным ресурсам, уменьшению потерь от стихийных бедствий и сохранению биоразнообразия лесов.

Таким образом, современные информационные технологии, включая дроны и датчики, не только повышают производительность лесопромышленных процессов, но и способствуют их устойчивому развитию, что важно для сохранения лесов как важного элемента нашей экосистемы.

3. Современные лесозаготовительные машины, такие как лесные тракторы и лесопилки, представляют собой важный этап в развитии лесозаготовительной индустрии. Эти техноло-

гии не только улучшают производительность, но и содействуют повышению безопасности труда.

Повышение производительности. Современные лесные тракторы обеспечивают более эффективную маневренность, что позволяет операторам легко справляться с сложным лесным рельефом. Интеграция передовых систем навигации и управления делает процессы более точными и ускоренными. Лесопилки, в свою очередь, внедряют автоматизированные системы резки, что существенно увеличивает общую производительность и снижает временные затраты на обработку леса.

Улучшение технологий лесопилок. Современные лесопилки применяют передовые технологии, такие как системы автоматической резки и оптимизации материала. Это не только уменьшает отходы, но и повышает качество конечной продукции. Точность и автоматизация процессов обработки древесины содействуют оптимальному использованию сырья.

Безопасность труда. Интегрированные системы мониторинга и предотвращения аварий в лесных машинах существенно снижают риски для работников. Эргономичные кабины с улучшенной видимостью и современным оборудованием создают условия для комфортной и безопасной работы операторов. Это особенно важно в условиях, где лесозаготовка представляет собой сложные и опасные задачи.

Устойчивое использование ресурсов. Применение современного оборудования способствует более устойчивому использованию лесных ресурсов. Эффективное управление процессами заготовки снижает негативное воздействие на экосистемы и способствует сохранению биоразнообразия.

Необходимо обратить внимание, что для правильного выбора технологии и машин большое значение имеет системный подход, предусматривающий технологические связи между машинами [2].

В целом исследования и внедрение современных технологий в области лесозаготовки не только повышают производительность, но и создают более безопасные и устойчивые рабочие условия, что важно для развития отрасли в будущем.

Полученные результаты. Исследование показало, что устойчивые методы лесозаготовки способствуют сохранению лесных экосистем и биоразнообразия. Это положительно влияет на долгосрочную устойчивость лесопромышленной отрасли. Сравнительный анализ показал, что данные методы могут требовать больших инвестиций, но их долгосрочные выгоды превосходят потенциальные затраты. В целом сбалансированный подход к лесозаготовке, учитывающий потребности лесных экосистем и биоразнообразия, не только обеспечивает устойчивость среды, но и поддерживает долгосрочную продуктивность лесных ресурсов. Эффективное внедрение этих методов отражает заботу о будущем лесов и позволяет сохранить их важную роль в поддержании экологического баланса.

Исследование подтвердило, что информационные технологии, такие как дроны и датчики, значительно повышают точность и эффективность мониторинга и управления в лесопромышленности. Сравнение данных показало, что использование информационных технологий снижает риски человеческих ошибок и повышает производительность в сравнении с традиционными методами. Исследование выявило, что современное лесное оборудование значительно повышает производительность и безопасность рабочих. Сравнительный анализ показал, что использование современных машин может сократить время и ресурсы, необходимые для лесозаготовки и деревообработки.

Выводы. В целом исследование подтверждает, что современные технологии и устойчивые методы имеют положительное воздействие на лесопромышленность. Они способствуют увеличению производительности, снижению негативного воздействия на окружающую среду и обеспечивают более долгосрочную устойчивость отрасли. Внедрение современных технологий и методов становится ключевым фактором развития лесопромышленности.

Литература

1. Азаренок, В. А. Экологизированные рубки леса : учебное пособие / В. А. Азаренок, С. В. Залесов. – Екатеринбург : Уральский государственный лесотехнический университет, 2015. – 97 с.

2. Александров, В. А. Машины и механизмы в лесопарковом хозяйстве : учебное пособие / В. А. Александров. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2021. – ISBN 978-5-9239-1257-9. – URL: https://e.lanbook.com/book/191100 (дата обращения: 12.11.2023). – Текст : электронный.

3. Богданов, А. П. Аэрокосмические методы и геоинформационные системы в лесном деле : учебное пособие / А. П. Богданов. – Архангельск : САФУ, 2021. – 129 с. – ISBN 978-5-261-01574-1. – URL: https://e.lanbook.com/book/226976 (дата обращения: 16.11.2023). – Текст : электронный.

4. Теория трактора и автомобиля : учебное пособие / А. П. Быченин, О. С. Володько, Р. М. Мусин [и др.]. – Самара : СамГАУ, 2022. – 196 с. – ISBN 978-5-88575-683-9. – URL: https://e.lanbook.com/book/301946 (дата обращения: 12.11.2023). – Текст : электронный.

РАЗВИТИЕ ЛЕСНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПРИ СТРАТЕГИЧЕСКОМ ПЛАНИРОВАНИИ

Л.Я. Громская, К.С. Акишина, К.О. Платынюк, А.С. Мартынюк
Россия, Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет им. С.М. Кирова
г. Санкт-Петербург

Аннотация. Рассматривается вопрос планирования лесных автомобильных дорог в документах стратегического и лесного планирования. Приводится перечень отраслевых документов стратегического планирования в лесной отрасли и в сфере транспорта. Предлагается разрабатывать генеральную схему лесных дорог субъекта РФ совместно с разработкой лесного плана и с учетом документов стратегического планирования.
Ключевые слова: стратегическое планирование, лесное планирование, лесная транспортная инфраструктура, лесная автомобильная дорога, генеральная схема дорог.

Annotation. The issue of planning forest highways is considered in the documents of strategic and forest planning. The list of sectoral documents of strategic planning in the forest industry and in the field of transport is given. It is proposed to develop a general scheme of forest roads of the subject of the Russian Federation together with the development of a forest plan and taking into account strategic planning documents.
Keywords: strategic planning, forest planning, forest transport infrastructure, forest highway, general road map.

Понятие «лесная дорога» и «автомобильная дорога» в действующих нормативно-правовых актах [3, 9, 11, 14] определяется как объект лесной и транспортной инфраструктуры. Стратегическое планирование на федеральном, региональном и муниципальном уровне в Российской Федерации (далее – РФ) регулируется Федеральным законом от 28.06.2014 № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации» [10]. Документы стратегического планирования подразделяются на три вида, разрабатываемые в рамках: целеполагания, в том числе целеполагания по отраслевому и территориальному принципу, прогнозирования, планирования и программирования.

Отраслевые документы стратегического планирования РФ являются документами, определяющими развитие определенной сферы или отрасли экономики, а также могут быть основой для разработки государственных программ РФ, государственных программ субъектов РФ, схем территориального планирования РФ, а также плановых и программно-целевых документов государственных корпораций, государственных компаний и акционерных обществ с государственным участием. К отраслевым документам стратегического планирования РФ относятся: 1) отраслевые стратегии, в том числе схемы и стратегии развития отраслей экономики и сфер государственного управления; 2) стратегии отдельных сфер социально-экономического развития; 3) иные документы стратегического планирования, которые соответствуют требованиям настоящей статьи и решение о разработке которых принято Президентом РФ или Правительством РФ. В топливно-энергетических и транспортных отраслях разрабатываются генеральные схемы, детализирующие отраслевые и межотраслевые стратегии [10].

К документам стратегического планирования, разрабатываемых в рамках планирования и программирования относятся схемы территориального планирования, которые регулируется Градостроительным кодексом РФ [1]. В Федеральном законе № 172-ФЗ отсутствуют документы лесного планирования. В соответствии с Лесным кодексом документом лесного планирования является лесной план субъекта РФ, подготовленный на основании лесоустроительной документации, сведений, содержащихся в государственном лесном реестре, документов территориального планирования, материалов государственной инвентаризации лесов [3].

За последние 25 лет для лесной отрасли разработано 9 основных видов документов стратегического планирования: ФЦП «Леса России» (1997–2000), Концепция развития лесного хозяйства РФ на 2003–2010 гг., Стратегия развития лесного комплекса РФ до 2030 г. (с 2009), Основы государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов (2013–2030), Государственная программа РФ «Развитие лесного хозяйства» (с 2013), Концепции развития лесного хозяйства субъектов РФ, Стратегии развития лесного комплекса субъектов РФ (с 2010), Государственные программы субъектов РФ (с 2013–2014), Лесные планы субъектов РФ (с 2007) [8].

К документам государственного стратегического планирования, определяющим приоритеты государственной политики в сфере транспорта, направления развития, основные цели и задачи отрасли, относятся: Транспортная стратегия РФ на период до 2030 г., Стратегия развития внутреннего водного транспорта РФ на период до 2030 г., Стратегия развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 г., Схема территориального планирования РФ в области федерального транспорта (железнодорожного, воздушного, морского, внутреннего водного транспорта) и автомобильных дорог федерального значения (Текстовая часть), Схема территориального планирования РФ в области федерального транспорта (железнодорожного, воздушного, морского, внутреннего водного транспорта) и автомобильных дорог федерального значения (Картографическая часть), План деятельности Министерства транспорта РФ на 2016–2021 гг., Государственная программа РФ «Развитие транспортной системы», Подпрограмма 6 «Обеспечение развития системы пунктов пропуска через государственную границу Российской Федерации для осуществления внешнеэкономической деятельности» Государственной программы Российской Федерации «Развитие внешнеэкономической деятельности», ФЦП «Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополя до 2020 г.», ФЦП «Развитие Республики Карелия на период до 2020 г.» [2]. Такие документы стратегического планирования, как Стратегия развития автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта РФ на период до 2030 г. и Стратегия создания сети автомагистралей и скоростных автомобильных дорог в РФ до 2030 г., существуют пока только в проектах.

Анализируя документы стратегического планирования, можно отметить следующие проблемы: отсутствие согласованности с документами социально-экономического, территориального планирования регионов, инженерной, транспортной и социальной инфраструктурой региона, развитием других отраслей экономики; несоблюдение последовательности разработки документов лесного планирования (лесной план, лесохозяйственный регламент, проект освоения лесного участка); отсутствие планирования лесной транспортной инфраструктуры; отсутствие проработки вопросов по перспективной интеграции предприятий лесопромышленного и агропромышленного комплекса субъектов РФ; недостаточная проработка социальных вопросов, прежде всего в отношении крупных градообразующих лесоперерабатывающих производств, лесных и сельских поселков; формальный подход к экономическому обоснованию доходной и расходной составляющей отраслевого планирования, о чем свидетельствует в большинстве лесных планов превалирование расходной части над перспективным доходом от использования лесов.

Таким образом, в ближайшем будущем необходимо внесение изменений в систему стратегического и лесного планирования РФ на всех уровнях. В связи с тем, что лесная автомобильная дорога по действующему законодательству относится к лесной инфраструктуре, рассмотрим вопрос планирования лесных дорог в лесном плане субъекта РФ. Лесной план разрабатывается в соответствии с типовой формой [12]. Информация о потребности создания, ремонта и содержания транспортных путей на период действия разрабатываемого лесного плана субъекта РФ приводится в разделе 3.10 лесного плана. Транспортная доступность лесов, обеспеченность транспортными путями на период действия разрабатываемого лесного плана субъекта РФ приводятся в приложении 19 к лесному плану. В лесных планах данных регионов приводится, что для обеспечения транспортной доступности необходимо от 7 до 11 км всех видов дорог на 1000 га, для проведения рубок ухода за лесом итого больше от 10 до 15 км на 1000 га [4, 5, 6, 7].

Таким образом, в лесных планах приводится только фактическая и планируемая густота дорог, и исходя из этого необходимая потребность в строительстве соответствующих лесных дорог (например, с твердым покрытием и грунтовых, из них круглогодового действия и зимников). То есть показатели потребности в строительстве лесных дорог в лесных планах субъектов РФ носят информативный характер, без научного и методического обоснования. Отсутствует генеральная схема лесных дорог на региональном уровне.

В связи с этим предлагается разработка отдельного отраслевого документа стратегического планирования на региональном уровне по примеру транспортной отрасли: Генеральная схема лесных дорог субъекта РФ, которая будет детализировать отраслевые и межотраслевые стратегии. В лесохозяйственном регламенте и проекте освоения лесов лесного участка предлагается разрабатывать схему лесных дорог лесничества/лесного участка (табл.). И главное, чтобы эти документы были взаимоувязаны между собой на всех уровнях планирования. Практическое применение изложенного подхода потребует привлечения скоординированных усилий научных и проектных организаций, связанных с функционированием деятельности лесной и транспортной отраслей экономики в РФ.

Для стратегического лесного планирования приоритетным направлением научных исследований является разработка методических положений по планированию и проектированию лесной транспортной инфраструктуры.

Таблица

Система документов стратегического планирования транспортной и лесной отрасли РФ (в соответствии с требованиями Федерального закона № 172-ФЗ и Лесного кодекса)

Вид документов по целям планирования	Транспортная отрасль			Лесная отрасль		
	федеральный	региональный	муниципальный	федеральный	региональный	муниципальный
Целеполагание, в том числе и по отраслевому и территориальному принципу	Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года. Стратегия развития внутреннего водного транспорта РФ на период до 2030 года. Стратегия развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 года			Основы государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в РФ на период до 2030 года. Стратегия развития лесного комплекса РФ на период до 2030	Стратегия развития лесного комплекса субъекта РФ. Лесной план субъекта РФ	
Планирование и программирование	Схема территориального планирования РФ в области федерального транспорта (ж/д, воздушного, морского, внутреннего водного транспорта) и автодорог федерального значения	Схема территориального планирования субъекта РФ в области транспорта (ж/д, водного, воздушного), автомобильных дорог регионального и межмуниципального значения		Государственная программа РФ «Развитие лесного хозяйства»	Государственные программы субъектов РФ. Генеральная схема лесных дорог субъекта РФ	Лесохозяйственный регламент лесничества (лесопарка). Проект освоения лесов арендатора. Схема лесных дорог лесничества/лесного участка

Литература

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации : федеральный закон от 29.12.2004 № 190-ФЗ (редакция от 04.08.2023) (с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 01.09.2023) // КонсультантПлюс : сайт. – URL: http://www.consultant.ru (дата обращения: 29.09.2023). – Текст : электронный.

2. Документы государственного стратегического планирования // Министерство транспорта Российской Федерации : официальный сайт. – URL: https://mintrans.gov.ru/opendata/7705851331-strategdocuments (дата обращения: 29.09.2023). – Текст : электронный.

3. Лесной кодекс Российской Федерации: федеральный закон от 4 декабря 2006 г. № 200-ФЗ (редакция от 04.08.2023) (с изменениями и дополонениями, вступившими в силу с 01.09.2023) // КонсультантПлюс : сайт. – URL: http://www.consultant.ru (дата обращения 29.09.2023). – Текст : электронный.

4. Приказ Об утверждении Лесного плана Архангельской области // Комитет Архангельской области : официальный сайт. – URL: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody (дата обращения: 29.09.2023). – Текст : электронный.

5. Приказ Об утверждении Лесного плана Вологодской области на 2018–2027 г. // Правительство Вологодской области : официальный сайт. – URL: https://docs.cntd.ru/document/553237949 (дата обращения: 29.09.2023). – Текст : электронный.

6. Лесной план Ленинградской области на 2019–2028 г. // Комитет Ленинградской области : официальный сайт. – URL: https://nature.lenobl.ru/ (дата обращения: 29.09.2023).

7. Мартынюк, А. А. Об актуализации системы документов стратегического планирования в лесном хозяйстве / А. А. Мартынюк, М. К. Рафаилов // Лесохозяйственная информация : электронный сетевой журнал. – 2017. – № 1. – С. 5–15.

8. О перечне объектов лесной инфраструктуры для защитных лесов, эксплуатационных лесов и резервных лесов : Распоряжение Правительства РФ от 17 июля 2012 г. № 1283-р // КонсультантПлюс: сайт. – URL: http://www.consultant.ru (дата обращения: 29.09.2023). – Текст : электронный.

9. Об утверждении Порядка проектирования, создания, содержания и эксплуатации объектов лесной инфраструктуры : приказ Минприроды России от 05.08.2020 № 565 // КонсультантПлюс : сайт. – URL: http://www.consultant.ru (дата обращения: 29.09.2023). – Текст : электронный.

10. Об утверждении типовой формы и состава лесного плана субъекта Российской Федерации, порядка его подготовки и внесения в него изменений : приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 20 декабря 2017 г. № 692 (редакция от 03.12.2021) // КонсультантПлюс : сайт. – URL: http://www.consultant.ru (дата обращения: 29.09.2023). – Текст : электронный.

11. Перекопская, М. А. Роль территориального планирования в организации поселений лесопромышленного района / М. А. Перекопская // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2022. – № 2. – С. 55–64. – DOI: 10.34031/2071-7318- 2021-7-2-55-64.

12. Свод правил СП 288.1325800.2016 «Дороги лесные. Правила проектирования и строительства» (утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 16 декабря 2016 г. № 952/пр) (редакция от 07.12.2021) // КонсультантПлюс : сайт. – URL: http://www.consultant.ru (дата обращения: 29.09.2023). – Текст : электронный.

13. Стратегия развития лесного комплекса РФ до 2030 года : Распоряжение Правительства Российской Федерации от 11 февраля 2021 г. № 312-р // КонсультантПлюс: сайт. – URL: http://www.consultant.ru (дата обращения: 29.09.2023). – Текст : электронный.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ ЛЕСНЫХ МАШИН

Д.Д. Давыдова, В.А. Марков
Россия, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
г. Санкт-Петербург

Аннотация. За последнее время роль автоматизации значительно выросла, так как она позволяет предприятиям повысить производительность и улучшить условия труда рабочих. Также ее повышение снижает экономические затраты, что приводит к увеличению прибыли. Автоматизация гальванического процесса упрощает управление и контроль за производственными операциями, повышает эффективность использования реагентов и энергии, снижает количество отходов, что ведет к экономии времени и ресурсов и улучшению качества гальванических покрытий и условий труда рабочих.
Ключевые слова: автоматизация, гальванообработка, восстановление деталей, промышленный робот.

Annotation: Recently, the role of automation has grown significantly, as it allows enterprises to increase productivity and improve working conditions of workers. Also, its increase reduces economic costs, which leads to an increase in profits. Automation of the electroplating process simplifies the management and control of production operations, increases the efficiency of the use of reagents and energy, reduces waste, which leads to saving time and resources and improving the quality of electroplating coatings and working conditions of workers.
Keywords: automation, electroplating, restoration of parts, industrial robot.

В современных экономических условиях все большее внимание уделяется автоматизации технологических процессов и производств. Автоматизация технологических процессов – использование технического оборудования для увеличения производительности за счет полного или частичного отсутствия человеческого труда. За последнее время роль автоматизации значительно выросла, так как она позволяет предприятиям оставаться на плаву на конкурентоспособном рынке, повысить производительность предприятий и улучшить условия труда рабочих. Также ее повышение снижает экономические затраты, что приводит к увеличению прибыли.

Для автоматизации технологических процессов применяются промышленные контроллеры, программируемые логические контроллеры и PC-контроллеры.

Автоматизация гальванического процесса означает использование специальных устройств и программного обеспечения для контроля, регулирования и управления всеми этапами гальванической обработки. Это позволяет повысить эффективность и точность процесса, снизить вероятность ошибок и улучшить качество получаемого покрытия.

Основные компоненты автоматизации гальванического процесса включают:

1. Автоматическое дозирование химических реагентов: специальные насосы и системы автоматического дозирования обеспечивают точное и равномерное введение химических реагентов в ванны для гальванического осаждения.

2. Контроль и регулирование параметров процесса: автоматические датчики и приборы мониторинга непрерывно измеряют такие параметры, как температура, pH-уровень, плотность и состав электролита. Полученные данные передаются в автоматический контроллер, который регулирует эти параметры с помощью соответствующих исправлений.

3. Автоматический контроль электрических параметров: компьютерные системы могут контролировать и регулировать напряжение, ток и время процесса, обеспечивая точное и стабильное электроосаждение металлического покрытия.

4. Управление рабочими операциями: автоматические устройства могут контролировать перемещение деталей в процессоре покрытий, обеспечивая равномерное и правильное распределение покрытия на поверхности.

5. Мониторинг и визуализация процесса: компьютерные программы могут отображать и записывать данные о процессе гальванического осаждения в режиме реального времени, а также генерировать отчеты о проведенной обработке.

Целью данной работы является разработка системы управления для процесса автоматической гальванообработки, что позволит увеличить производительность.

Наиболее распространенные материалы, на которые можно наносить гальванические покрытия, представлены на рисунке 1.



Рис. 1. Анализ материалов

Металлы, которые используются в качестве гальванического покрытия, – золото, серебро, никель, хром и цинк, а также другие металлы и их сплавы в зависимости от требований и целей покрытия [1]. Важно отметить, что не все материалы одинаково хорошо подходят для гальванического покрытия. Некоторые материалы могут требовать предварительной подготовки, такой как очистка от загрязнений или нанесение слоя основания. Также стоит учесть, что покрытие может иметь различные химические свойства и толщины в зависимости от материала, на который оно наносится. На процесс изнашивания влияют условия трения, при котором работают детали.

Способ гальванического восстановления выбирается исходя из следующих факторов:

- эксплуатационные (характер износа);
- конструктивные (материал, размер);
- технологические (обработка и точность);
- производственные (наличие оборудования);
- экономические (себестоимость).

На мой взгляд, хромирование и железнение имеют большие перспективы в восстановлении деталей в современном производстве. С их помощью можно восстановить элементы оборудования нестандартных форм и размеров. Автоматизация этих процессов – наилучший вариант для современных предприятий.

Электролитические покрытия применяются для восстановления износостойкости поверхности деталей, защиты от коррозии, защитно-декоративных целей, улучшения соприкосновения трущихся поверхностей [2]. Основой процесса нанесения таких покрытий является электролиз, протекающий в электролите при пропускании через него постоянного тока. Главным недостатком данного способа является низкая производительность, а также необходимость механической обработки поверхности детали после покрытия.

Гальваника – покрытие поверхности деталей одного металла другим путем осаждения его из водных растворов солей под действием постоянного электрического тока. В процессе гальванического покрытия, предмет, который требуется покрыть, становится анодом, а металл, используемый в покрытии, является катодом. При подаче электрического тока через электролит, ионы металла переносятся с катода на анод и осаждается на поверхности предмета, образуя покрытие. Схема классического гальванического процесса представлена на рисунке 2 [3].

Явления электролиза подчиняются законам Фарадея, которые выражаются зависимостью:

$$G_т = cIt, \quad (1)$$

где $G_т$ – теоретическое количество металла, выделившегося на катоде, г;

c – электрохимический эквивалент, г/(А·ч);

I – сила тока, А;

t – продолжительность электролиза, ч.

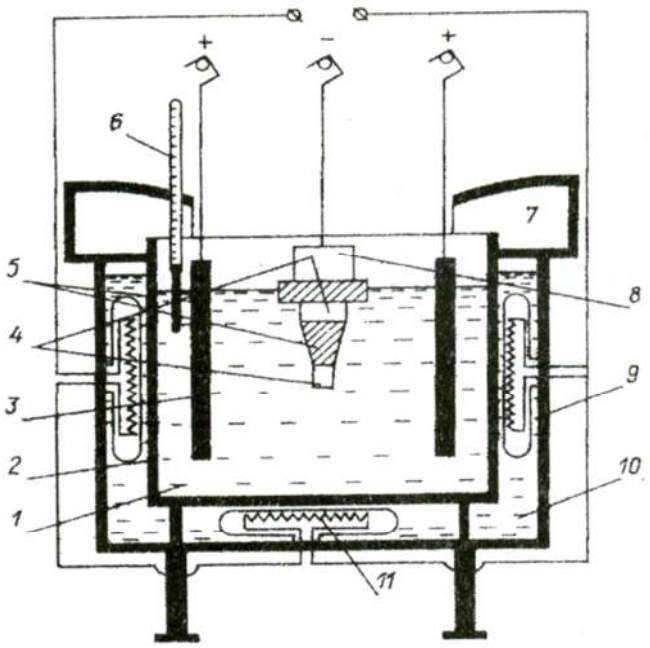


Рис. 2. Схема восстановления покрытий электрохимическим способом:
1 – электролит; 2 – внутренняя ванна; 3 – нагревающий элемент; 4 – деталь;
5 – участки детали; 6 – градусник; 7 – вентиляция;
8 – приспособление для закрепления детали; 9 – корпус ванны; 10 – водяная рубашка;
11 – электрические нагревательные тэны

Хромированием получают мелкозернистые осадки с высокой твердостью, с низким коэффициентом трения и хорошей сцепляемостью. Благодаря химической стойкости и жаростойкости хрома, обеспечивается восстановленным деталям довольно высокая износостойкость. К минусам хромирования можно отнести дороговизну и малопроизводительный

процесс. Железнение имеет более высокую производительность и большую толщину покрытия, чем хромирование. Также этот процесс дешевле и экологичнее.

Так как данные процессы достаточно трудоемки, а их испарения вредны для здоровья человека, то автоматизация может решить эту проблему.

Для автоматизации процесса гальванообработки используется робототехнологический комплекс (РТК), в который входят: промышленный робот (ПР) портального типа, два накопителя и две ванны для обработки деталей (рис. 3) [1].

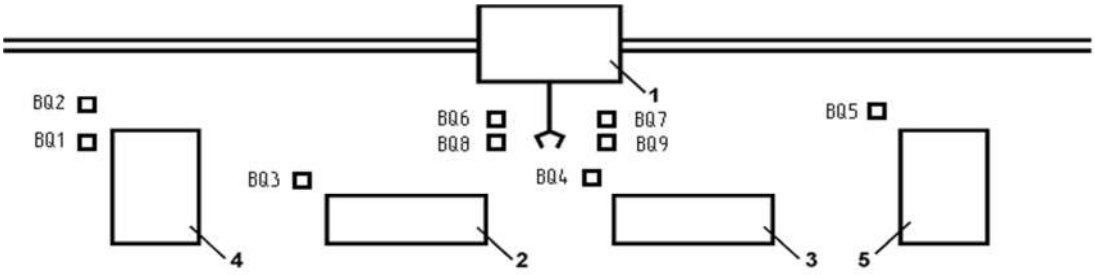


Рис. 3. РТК гальванообработки (с датчиками).
1 – промышленный робот портального типа; 2 – ванна 1; 3 – ванна 2;
4 – накопитель 1; 5 – накопитель 2

В накопителе 1 хранятся детали до гальванообработки. В накопителе 2 складируются готовые детали после обработки. Промышленный робот предназначен для загрузочно-разгрузочных работ. В ваннах 1 и 2 происходит гальванообработка.

Последовательность работы комплекса: ПР захватывает деталь, находящуюся в поддоне в накопителе 1, и перемещает их в ванну 1. Гальванообработка деталей осуществляется в ванне 1, рука ПР задвигается, ПР перемещается к ванне 2, выдвигается рука ПР. Затем в ванне 2 происходит конечная гальванообработка деталей, после которой ПР перемещает обработанные детали в накопитель 2. После этого цикл работы РТК повторяется. В ванне 1 время гальванообработки – 40 с, в ванне 2 – 30 с. На пульт управления оператора должны приходить сигналы с датчиков положения BQ1, BQ2, BQ3, BQ4, BQ5, BQ6, BQ7, BQ8, BQ9 от системы управления процессом гальванообработки [4].

С помощью промышленного робота можно осуществлять загрузочно-разгрузочные операции. Одна из возможных модернизаций – введение дополнительного промышленного робота, который будет параллельно с основным осуществлять работу.

Автоматизация гальванического процесса упрощает управление и контроль за производственными операциями, повышает эффективность использования реагентов и энергии, снижает количество отходов и ошибок, что ведет к экономии времени и ресурсов и улучшению качества гальванических покрытий.

Литература

1. Красовский, В. Н. Перспективные технологии восстановления деталей автомобилей : учебное пособие / В. Н. Красовский, В. В. Попцов. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2018. – 123 с.

2. Восстановление и упрочнение деталей автомобилей. Практикум : учебное пособие / А. В. Коломейченко, В. Н. Логачев, Н. В. Титов, И. Г. Голубев. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. – 160 с.

3. Балихин, В. В. Технология ремонта машин и оборудования: учебник для студентов вузов / В. В. Балихин, В. В. Быков, Н. Ю. Иванов. – Санкт-Петербург : СПбГЛТА, 2006. – 523 с.

4. Бобрикова, И. Г. Технологические расчеты процессов получения электрохимических покрытий : учебное пособие / И. Г. Бобрикова, М. С. Липкин, В. Н. Селиванов. – Южно-Российский государственный технический университет. – Новочеркасск : ЮРГТУ, 2008. – 141 с.

АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ОРУДИЙ ДЛЯ ПРИСТВОЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Д.Ю. Дручинин, М.А. Гнусов, А.В. Усиков, Д.Ю. Медведев
Россия, Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова
г. Воронеж

Аннотация. В садоводстве и лесном хозяйстве важное значение имеет использование качественного посадочного материала для закладки плодовых насаждений или для создания лесных культур или лесосеменных плантаций. Обработка почвы при этом является одним из основных этапов, обеспечивающих полноценное развитие выращиваемых растений. Целью работы является обзор и анализ возможностей автоматизации процесса дополнительной обработки почвы в рядах древесных культур. В статье представлена садовая техника для работы в приствольных полосах, в том числе с автоматизированным управлением рабочим органом при обработке приштамбовой зоны, объяснен принцип ее работы. В завершающей части статьи сделан вывод о возможности использования современных технических средств для приствольной обработки почвы в лесных и декоративных питомниках, предложен вектор развития автоматизированной системы управления применительно к характеристикам выращиваемого посадочного материала для озеленения и лесокультурных целей.
Ключевые слова: садоводство, лесное хозяйство, приствольная обработка почвы, садовая борона, почвофреза, дисковая батарея, автоматизированное управление.

Annotation. In horticulture and forestry, it is important to use high-quality planting material for establishment fruit plantations or for creating forest cultures or seed plantations. At the same time, tillage is one of the main stages that ensure the full development of cultivated plants. The purpose of the work is to review and analyze the possibilities of automating the process of additional soil cultivation of tree plantations rows. The article presents garden equipment for working in the tree trunk strips, including with automated control of the working part when processing the tree trunk zone, explains the principle of its operation. In the final part of the article, a conclusion is made about the possibility of using modern technical means for tree trunk tillage in forest and ornamental nurseries, a vector for the development of an automated control system is proposed, applied to the characteristics of cultivated planting material for landscaping and forest-cultural purposes.
Keywords: horticulture, forestry, tree trunk tillage, garden harrow, rototiller, disk section, automated control.

Выращивание и последующее использование качественного посадочного материала является основополагающим моментом как в садоводстве для закладки плодовых насаждений, так и в лесном хозяйстве для создания лесных культур или лесосеменных плантаций. Частичная обработка почвы при этом является одним из основных этапов, обеспечивающих качественное развитие выращиваемых растений. При этом если в лесных питомниках выполняется только лишь частичная междурядная обработка почвы, то в садовых насаждениях уход за культурами рядного расположения ведется и в свободной части междурядий, и в приствольной полосе в проекции крон деревьев [1]. Приствольная обработка почвы – это немаловажная составляющая агротехнического ухода за древесными растениями, включающая удаление сорной травянистой растительности и рыхление почвенной структуры под штамбом дерева, где располагается основная часть его корневой системы [2].

С учетом этого почвообрабатывающую технику, используемую при закладке и последующей эксплуатации промышленных садов, принято разделять на машины и механизмы для обработки почвы в рядах насаждений и технические средства для работы в приствольных полосах.

Работа в междурядьях может выполняться садовыми боронами, используемыми при обработке верхнего слоя почвы в непосредственной близости стволов деревьев, кругах и между рядами, а также культиваторами или плугами (например, садовыми боронами БДН-1,3А, БДС-2,5, БДС-3,5, БДСТ-2,5, садовыми плугами ПЛС-6-25, ПЛС-5-25А и т.д.) [2, 3].

Обработка почвы в приствольных кругах саженцев – задача более сложная, так как этот процесс необходимо осуществлять осторожно, чтобы не повредить молодые растения. Поэтому часто из-за отсутствия технических ресурсов данная операция либо не проводится вообще, либо осуществляется вручную с низкой производительностью, что негативно сказывается на развитии садовых культур в насаждениях.

С учетом трудоемкости процесса почвообработки в целом для механизации процесса воздействия на почву в приствольных полосах в современном садоводстве разработаны машины с пассивными и активными рабочими органами ротационного действия – дисковые бороны или фрезы – в том числе и с автоматической системой управления движением выносных рабочих органов.

В конструкции садовых борон для приствольных полос в качестве рабочих органов используются дисковые батареи, которые дополнительно могут оснащаться активным гидравлическим приводом. Например, борона БДП-0,9 с дисковыми рабочими органами, разработанная РНТЦ «ИнТех», имеет ширину захвата 0,7…0,9 м и глубину обработки почвы до 10 см. Орудие агрегатируется с трактором тягового класса 0,9…2,0 тс [4].

В то же время специалисты отмечают, что при работе на плотных почвах с высоким задернением возникают трудности с заглублением сферических дисков вследствие небольшой массы компактных орудий, и, как следствие, недостаточное качество удаления сорной растительности и рыхления приствольных полос. Еще одним недостатком таких борон является вынос почвы из приствольных участков насаждений, что нарушает микрорельеф почвенной структуры в них [5].

Садовые почвофрезы, в свою очередь, качественно рыхлят почвенную структуру, одновременно с этим смешивая почву с растительными остатками или удобрениями. По принципу действия фрезы бывают продольного, поперечного и вертикального фрезерования.

Продольные – это фрезы, в которых плоскость вращения рабочего органа совпадает с направлением движения агрегата или параллельна ему. Вращение рабочего органа на таких фрезах может осуществляться как по ходу движения агрегата, так и в противоположном направлении.

Поперечные – это орудия, в которых плоскость вращения рабочего органа перпендикулярна направлению движения агрегата.

Вертикальные фрезы – те, у которых ось вращения рабочего органа вертикальна или расположена под небольшим углом к вертикали.

Примером использования фрезерных рабочих органов в конструкции орудий для приствольной обработки почвы могут служить садовые фрезы ФС-2,0, ФСБ-1,8 и GS-80/R, выпускаемые в Беларуси и Польше соответственно.

Фреза ФС-2,0 применяется для сплошной междурядной обработки почвы на глубину до 12 см. Ширина захвата – 2 м. Фрезерный барабан с тридцатью ножами вращается с частотой 385 об/мин. Агрегатируется с тракторами тягового класса 1,4 тс [6].

Машину ФСБ-1,8 эксплуатируют с тягово-энергетическими средствами класса 1,4 тс, рабочая скорость – 2,0–3,0 км/ч. Ширина захвата – 1,8 м. Глубина обработки почвы составляет от 8 до 12 см [7].

Фреза GS-80/R предназначена для обработки междурядий в садовых или ягодных насаждениях на глубину до 5 см. Она агрегатируется с тягово-энергетическими средствами класса 0,6…0,9 тс, оборудованных ВОМ [8].

В то же время особую сложность представляет рыхление почвы и удаление сорняков непосредственно около стволика древесного растения, который при этом не должен быть по-

врежден. Для этих целей разработаны конструкции фрезерных машин, где оператор, непосредственно располагающийся в сиденье на раме орудия, вручную задает положение рабочего органа относительно растения в рядке. Например, по такому принципу работает спроектированная в Алтайском государственном техническом университете машина для приствольной обработки почвы МПП-2. Орудие применяется в плодовых питомниках для удаления сорной растительности путем рыхления почвы в приствольной зоне саженцев плодовых и плодово-ягодных культур на глубину до 7 см. Рабочими органами машины являются фрезы с пружинными пальцами, имеющие вертикальную ось вращения, с приводом от ВОМ агрегатируемого трактора тягового класса 0,9…1,4 тс. Ширина обрабатываемой приствольной полосы составляет 0,4 м, значение необрабатываемой защитной зоны растения регулируется от 0 до 25 см. За час рабочего времени машина обрабатывает до 0,7 га насаждений [9].

Учитывая современные тенденции все большей автоматизации рабочих процессов производственной сферы, особый интерес представляют садовые орудия для приствольной обработки почвы с выносными рабочими органами, которые имеют автоматические системы обхода штамба саженца. Работа таких систем основана по принципу следящего гидропривода, когда при подходе к древесному растению специальный щуп, консольно закрепленный в гидрораспределителе, входит в контакт со штамбом и отклоняется назад. В работу включается гидроцилиндр, шток которого соединен с дисковой бороной или фрезой. Рабочий орган поворачивается назад или смещается поперечно, тем самым выходя их ряда культур. После обхода саженца щуп за счет наличия пружины возвращается в исходное положение, переключая гидроцилиндр на обратный ход. Борона или фреза вводятся в контакт с почвой в ряду насаждений и продолжают обработку, гидрораспределитель при этом находится в нейтральном положении [10].

Большинство из представленных в настоящий момент на рынке современных садовых борон и почвофрез для приствольных полос имеют конструкцию, где рабочий орган размещен на выносной секции с описанной выше автоматической системой управления.

Например, почвенная фреза для приствольной обработки DK-UT1 фирмы Badilli (Турция) позволяет рыхлить почвенную структуру и удалять травянистую растительность как в междурядье, так и в приствольном пространстве (рис. 1). Глубина обработки почвы – до 20 см, ширина захвата составляет от 45 до 70 см. Работа орудия возможна в междурядьях до 4 м. Агрегатируется с трактором мощностью от 35 л.с. [11].



Рис. 1. Фреза DK-UT1 для приствольной обработки почвы

Другим техническим решением от этого же производителя является садовое орудие DK-UT5 со сменными рабочими органами (рис. 2) [11].



Рис. 2. Орудие DK-UT5 для приствольной обработки почвы

В зависимости от требующегося вида почвообработки возможно использование батареи с четырьмя сферическими дисками для рыхления приствольной полосы и уничтожения сорняков. Формирование бурта в приствольной зоне возможно осуществлять при помощи двух окучивающих дисков. Еще одним возможным для применения рабочими органом является плоский нож-пластина для подрезания травянистой растительности максимально близко к штамбу саженца.

Орудие осуществляет обработку почвы на глубину до 15 см. Агрегатируемый трактор мощностью от 30 л.с. может двигаться со скоростью до 15 км/ч. Минимальное расстояние между древесными растениями в ряду для возможной работы составляет 40 см, а ширина междурядий – от 2,5 до 6,5 м [11].

Из отечественных орудий, работающих по данному принципу, можно отметить машину для приствольной обработки полос МПП-1,2, разработанную РНТЦ «ИнТех» (рис. 3). Орудие обрабатывает приствольную полосу шириной 1 м с каждой стороны ряда на глубину от 5 до 12 см. Агрегатируется с тракторами тягового класса 1,4 тс [4].



Рис. 3. Машина для приствольной обработки полос МПП-1,2

Выпускаются и отечественные разработки садовых орудий с дисковыми батареями в качестве рабочих органов, также имеющими автоматическую следящую гидросистему обхода штамба саженца, например борона БПР-1 (рис. 4).

Орудие обрабатывает почву и уничтожает нежелательную растительность в подкроновой зоне садовых и ягодных культур на ширину 0,6 м. Оснащено гидроследящей системой, обеспечивающей обход штамбов деревьев. Глубина обработки почвы 3…12 см. Агрегатируется с тракторами тягового класса 0,6 ... 1,4 тс. Рабочая скорость до 7,5 км/ч [12].



Рис. 4. Борона для обработки межствольных полос БПР-1

Таким образом, можно отметить, что в садоводстве приствольная обработка почвы является одной из основных технологических операций в общем комплексе работ по выращиванию плодовых насаждений. При этом обеспечивается одновременное рыхление верхнего почвенного слоя и удаление сорной растительности в рядах насаждений.

В то же время данный вид дополнительной почвообработки целесообразно выполнять и в лесном хозяйстве как для получения качественного крупномерного посадочного материала в лесных питомниках, так и при уходах за выращиваемыми древесными породами на лесокультурной площади.

Современные садовые орудия позволяют в автоматическом режиме обрабатывать приствольное пространство саженцев. Их принцип действия можно использовать в лесном хозяйстве для обработки почвы в приствольных полосах насаждений. Однако металлические щупы, применяемые в конструкции автоматического следящего механизма гидропривода для обхода штамба деревца, не способны должным образом контактировать и отклоняться от тонких и нежестких стволиков выращиваемых растений вплоть до их излома.

В таких рабочих условиях необходима разработка перспективной системы автоматического управления рабочими органами орудия для приствольной обработки почвы в лесном хозяйстве на основе машинного зрения, что подтверждается уже выполняемыми исследованиями [13].

Литература

1. Манаенков, К. А. Совершенствование обработки почвы в приствольных полосах интенсивных садов / К. А. Манаенков, М. С. Колдин, Ж. А. Арькова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2017. – № 3 (17). – С. 28–34.

2. Аниферов, Ф. Е. Машины для садоводства : учебник / Ф. Е. Аниферов, Л. И. Ерошенко, И. З. Теплинский. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ленинград : Агропромиздат, 1990. – 304 с.

3. Анализ способов и технических средств для обработки приствольных полос в садах / С. В. Белоусов, А. А. Бойко, О. С. Бабенко [и др.] // Инновационные технологии в науке и образовании (ИТНО-2019) : сборник трудов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ДГТУ (РИСХМ) (с. Дивноморское, 04–14 сентября 2019 г.). – с. Дивноморское : Общество с ограниченной ответственностью «ДГТУ-ПРИНТ», 2019. – С. 308–312. – DOI 10.23947/itno.2019.308-312.

4. Индустриальные машинные технологии интенсивного садоводства / каталог. – Мичуринск : РНТЦ «ИнТех», 2012. – 30 с.

5. Бычков, В. В. Тенденции развития машин для обработки почвы в садах и ягодниках / В. В. Бычков, Г. И. Кадыкало, В. А. Шевкун // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2011. – № 2 (10). – С. 59–63.

6. ООО «Стимул-Брестрейд» : сайт. – URL: https://stimul-brest.by/ (дата обращения: 16.10.2023). – Текст : электронный.

7. РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» : сайт. – URL: https://belagromech.by/news/mashina-frezernaya-fsb-1-8/ (дата обращения: 17.10.23). – Текст : электронный.

8. MCMS Wark : сайт. – URL: http://www.mcms.pl/ (дата обращения: 17.10.23). – Текст : электронный.

9. ТПК «Ваш трактор» : сайт. – URL: https://ваштрактор.рф/mashina-dlya-pristvolnoj-obrabotki-pochvyi-mpp-2 (дата обращения: 16.10.23). – Текст : электронный.

10. Шевкун, В. А. Применение гидравлического привода в орудиях для ухода за плодовыми насаждениями / В. А. Шевкун, Н. А. Шевкун, Г. И. Кадыкало // Садоводство и виноградарство. – 2011. – № 3. – С. 46–48.

11. Badilli : сайт. – URL: https://badilli.com.tr/ru/anasayfa (дата обращения: 17.10.23). – Текст : электронный.

12. Борона БПР-1 для обработки приствольных полос в садах / В. В. Бычков, А. А. Цымбал, В. В. Сальников, Ю. А. Белоус // Плодоводство и ягодоводство России. – 1997. – Т. 4. – С. 199–204.

13. Раззамазов, Н. И. Результаты лабораторных исследований системы управления рабочими органами машины для приствольной обработки почвы / Н. И. Раззамазов, С. Ф. Сороченко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2023. – № 4 (222). – С. 99–106. – DOI 10.53083/1996-4277-2023-222-4-99-106.

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛЕСНЫХ ДОРОГ В УСЛОВИЯХ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ: АНАЛИЗ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

О.В. Зубова, А.С. Петрова, В.В. Силецкий
Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова г. Санкт-Петербург

Аннотация. Строительство лесных дорог имеет огромной значение в лесной промышленности. Для строительства эффективных и устойчивых дорог в зонах со сложными условиями и с недостатком дорожно-строительных материалов требуются найти альтернативные варианты. В данной статье рассмотрен вопрос о поиске оптимальных и экономически выгодных дорожно-строительных материалов для строительства лесных дорог в зонах России с многолетней мерзлотой.
Ключевые слова: лесное дорожное строительство, строительные материалы, многолетняя мерзлота, нефелиновый шлам, зологрунтовые смеси.

Annotation. The construction of forest roads is of great importance in the forest industry. In order to build efficient and sustainable roads in areas with difficult conditions and lack of road-building materials, it is necessary to find alternatives. This article deals with the issue of finding optimal and economically viable road-building materials for forest road construction in permafrost zones of Russia.
Keywords: forest road construction, building materials, permafrost, nepheline sludge, zoologrunt mixtures.

Введение. Строительство лесных дорог является одной из важнейших областей в лесной промышленности. Однако оно не всегда возможно из-за недостатка дорожно-строительных материалов. Особенно остро эта проблема стоит в регионах Сибири и Дальнего Востока, на долю которых приходится 65 % запасов лесов России [1]. Грунт в данной местности находится под влиянием многолетней мерзлоты, что является существенным препятствием для строительства лесотранспортных сетей, из-за чего нехватка строительных материалов и тяжелые условия значительно увеличивают стоимость при лесном дорожном строительстве. В связи с ростом спроса на лесную продукцию и возможность ее транспортировки, поиск материалов для строительства лесных дорог имеет немаловажное значение и большие перспективы в будущем.

Цель: поиск оптимальных дорожно-строительных материалов для строительства лесных дорог.

Задачи:

1. Изучение характеристик многолетней мерзлоты в регионах Сибири и Дальнего Востока.
2. Оценка существующих технологий и материалов для лесного дорожного строительства.
3. Анализ эффективности грунтовых смесей с добавками отходов промышленности.

Результаты и обсуждение. Многолетняя мерзлота очень чувствительна к нарушениям, так как может произойти оттаивание, из-за чего грунт оседает, что впоследствии может привести к деформации лесных дорог, которая приводит к их разрушению. Грунты в данных условиях называются мерзлыми и относятся к сложным, поэтому строительство должно производится с применением специальных технологий и материалов, которые должны иметь способность сохранять свои свойства при отрицательных температурах и не разрушаться под воздействием мерзлого грунта.

На кафедре промышленного транспорта СПБГЛТУ был разработан и проанализирован материал под названием «шламогрунт, укрепленный щелочью» [2]. По данным исследования [3], выяснилось, что данный материал обладает высокой прочностью и морозостойкостью. Эти показатели дают нам понять, что шламогрунт возможно использовать при строительстве лесных дорог в регионах с многолетней мерзлотой, так как прочность материала возрастает со временем [3], что в будущем позволяет препятствовать разрушению дорожной одежды.

Помимо шламогрунта, одним из возможных дорожно-строительным материалом для строительства лесных дорог являются грунтовые смеси с добавками морозоустойчивых и/или термостабилизирующих веществ, таких как воск [4]. По словам автора, данный материал повышает термостойкость и снижает вероятность появления трещин в дорожном покрытии. Также в качестве добавок можно использовать золу, серу и т.д. Такие вещества делают покрытие более износоустойчивым, предотвращают появление трещин и замерзание грунта, сохраняя его прочность и устойчивость к деформациям. Используя такие грунтовые смеси, можно достичь экономической эффективности, так как данные материалы местные и имеют широкий доступ, поэтому проблем с добычей материалов возможно избежать.

Еще одним способом укрепления грунта в условиях многолетней мерзлоты является использование зологрунтовых смесей [5]. Такие смеси представляет собой совокупность различных компонентов, таких как цемент, песок и других материалов с добавлением вяжущих. По данным автора, данные смеси повышают трещиностойкость и прочность грунта. Преимущества использования зологрунтовых смесей включают их экономичность и простоту в использовании, а также устойчивость к воздействию воды и морозов. В целом использование таких смесей является надежным и эффективным решением для грунтовых оснований в лесном дорожном строительстве, так как их применение повышает долговечность дорог.

Однако бывают случаи при строительстве лесных дорог в условиях многолетней мерзлоты, когда требуются более характерные строительные материалы, например геосинтетические. Одним из более распространенных среди геосинтетических материалов является геотекстиль. Такой материал позволяет улучшить механические свойства мерзлого грунта, снизить разрушение дорог, вызываемое воздействием многолетней мерзлоты, увеличить прочность и предотвратить просадки грунта. По данным авторам [6], геотекстиль является экологическим материалом и экономически выгодным, так как характеризуется высокой химической стойкостью и устойчивостью к термоокислительному старению.

Выводы. Были рассмотрены альтернативные дорожно-строительные материалы для строительства лесных дорог в регионах с многолетней мерзлотой. Результаты исследования показывают, что описанные выше материалы могут обладать подходящими характеристиками для условий вечной мерзлоты, однако необходимы соответствующие технологии для строительства конструктивных слоев лесной дороги с применением нефелинового шлама.

Рассмотренные в данном исследовании дорожно-строительные материалы являются лишь некоторыми из возможных вариантов для строительства лесных дорог в условиях многолетней мерзлоты. Разработка и поиск новых более эффективных, экологических и экономически выгодных дорожно-строительных материалов остаются важными задачами в индустрии лесного дорожного строительства.

Литература

1. Проблемы и перспективы лесозаготовительного производства в условиях районов распространения вечной мерзлоты / Г. В. Григорьев, И. Н. Дмитриева, И. В. Григорьев [и др.] // Системы. Методы. Технологии. – 2021. – № 3 (51). – С. 59–67. – DOI 10.18324/2077-5415-2021-3-59-67. – EDN FKNPYO.

2. Zubova, O. Increase sludge-ground and ash-ground mixtures crystal lattice strength by lowering the pH environment / O. Zubova, V. Siletskiy, S. Kukanov, T. Kovalenko // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 316. – P. 12085. – DOI:10.1088/1755-1315/316/1/012085.

3. Силецкий, В. В. Оценка влияния химического и фракционного состава нефелинового шлама на прочностные свойства шламогрунтов / В. В. Силецкий // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2023. – Вып. 243 – С. 227–239. – DOI: 10.21266/2079-4304.2023.243.227-239.

4. Апталаев, М. Н. О температурном режиме дорожных конструкций / М. Н. Апталаев // Фундаментальные и прикладные научные исследования в современном мире : сборник научных статей по материалам I Международной научно-практической конференции : в 3 частях (Уфа, 14 февраля 2023 г.). – Уфа : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр «Вестник науки», 2023. – Ч. 1. – С. 212–216. – EDN UFJNMW.

5. Зубова, О. В. Исследование влияния гранулометрического состава грунтов на прочность зологрунтовой смеси, обработанной цементом / О. В. Зубова // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – 2012. – № 2. – С. 118–120. – EDN CQZWYL.

6. Преснов, О. М. Применение геотекстиля при строительстве автомобильных дорог и на ж/д транспорте / О. М. Преснов, О. В. Логинова // Точная наука. – 2022. – № 131. – С. 11–14. – EDN JXSINM.

О СПОСОБАХ КОНТРОЛЯ ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ДРЕВЕСИНЕ ПРИ КОНВЕКТИВНОЙ КАМЕРНОЙ СУШКЕ

Н.Г. Иванов, А.М. Артеменков
Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова
г. Санкт-Петербург

Аннотация. Внутренние напряжения, возникающие в древесине в процессе сушки, оказывают прямое влияние как на количественный, так и на качественный выход пиломатериалов. Вопрос измерения и автоматизации контроля этих напряжений является актуальной проблемой деревообрабатывающей отрасли. В статье рассмотрены существующие способы контроля внутренних напряжений в процессе сушки, проведен анализ их преимуществ и недостатков, а также изложено предложение по модернизации одного из них.
Ключевые слова: сушка древесины, контроль внутренних напряжений, автоматизация сушки, режимы сушки, пиломатериалы.

Annotation. Internal stresses that arise in wood during the drying process have a direct impact on both the quantitative and qualitative yield of lumber. The issue of measuring and automating the control of these stresses is a pressing problem in the woodworking industry. The article examines existing methods for controlling internal stresses during the drying process, analyzes their advantages and disadvantages, and outlines a proposal for modernizing one of them.
Keywords: wood drying, internal stress control, drying automation, drying modes, lumber.

Сушка древесины является одним из основных и обязательных процессов в деревообработке. Задача любого рационального режима сушки – предотвратить растрескивание материала, а также снизить до требуемых значений величину остаточных напряжений, вызывающих коробление высушенного материала в ходе механической обработки. Внутренние напряжения, возникающие в древесине в процессе сушки, оказывают решающее влияние на качественные свойства готовой продукции, а также во многом определяют эффективность данного процесса [2].

Возникновение внутренних напряжений обусловливается неоднородностью строения древесины как материала, а также неравномерным удалением влаги по его сечению. В сово-

купности эти факторы приводят к неравномерной усушке и, как следствие, появлению внутренних напряжений.

В последние десятилетия получили большое распространение низкотемпературные режимы сушки. Вследствие этого, в целях сохранения производительности, средний объем сушильных камер увеличился, что привело к изменению подхода к контролю процесса сушки. Так, классическая методика контроля внутренних напряжений по контрольным образцам и силовым секциям потеряла свою эффективность, так как не способна характеризовать развитие внутренних напряжений по большому объему высушиваемых материалов. Также некоторую роль могла сыграть трудность в автоматизации данной методики, что, вкупе с невозможностью избавиться от человеческого фактора при ее осуществлении, несмотря на простоту применения и высокую точность определения величины внутренних напряжений, привело к низкой актуальности ее использования совместно с современными системами контроля сушки.

Иные способы контроля внутренних напряжений в процессе сушки также имеют как ряд преимуществ, так и свои недостатки, связанные с особенностями их эксплуатации в условиях предприятия.

Так, контроль напряжений по величине усадки штабеля хотя и способен характеризовать динамику возникновения и изменения напряжений в процессе сушки, тем не менее не может дать их точную величину. Суть данной методики направлена скорее на фиксацию возникающих предельных напряжений и их компенсацию смягчением режима постфактум, а не их предотвращение вовсе. Монотонный характер кривой усадки не дает возможности ужесточения режима сушки для сокращения продолжительности процесса. Также стоит отметить требовательность к монтажу и обслуживанию датчиков усадки. Тем не менее, данный способ контроля напряжений имеет ряд преимуществ – меньшую локальность измерений, возможность его модернизации с использованием современных технических средств, а также интеграции с системами контроля параметров режима сушки [2].

Контроль напряженного состояния по величине дифференциальной усадки позволяет с большой точностью регистрировать в реальном времени величину внутренних напряжений, возникающих в древесине в процессе сушки и, соответственно, исходя из полученных данных, проводить мероприятия по корректировке режима сушки. Также данный способ контроля может быть автоматизирован и интегрирован с системами контроля параметров сушки. Тем не менее, существует ряд недостатков, помешавших, возможно, его массовой эксплуатации в условиях предприятий. Первым из них является сложность конструкции датчика, сложность соблюдения точности его монтажа и правил эксплуатации. Вторым является наиболее распространенный недостаток датчиков подобного вида – локальность измерений, влекущая за собой необходимость в использовании нескольких подобных датчиков, что существенно увеличивает время их монтажа перед сушкой, а также напрямую влияет на стоимость их приобретения и содержания [2].

Контроль внутренних напряжений пьезометрическим датчиком являет собой нечто среднее между двумя описанными выше способами – с его помощью можно регистрировать развитие внутренних напряжений в реальном времени, однако определение их достоверной величины зависит от точности установки датчика, что делает данный способ более подходящим для отслеживания именно динамики внутренних напряжений в древесине в процессе сушки. Также имеет место и локальность показаний, что создает необходимость в установке нескольких подобных датчиков одновременно. Помимо этого, стоит отметить сложность конструкции самих датчиков и, соответственно, вытекающую из этого высокую стоимость их эксплуатации в промышленных условиях [4, 5].

Следующий способ был разработан в ЦНИИМОД во второй половине прошлого века. Его суть заключается в кондуктометрическом измерении влажности древесины изолированными датчиками в двух или более точках по толщине сортимента и ее последующая корре-

ляция с величиной внутренних напряжений, возникающих между этими точками [1]. Простота как в применении, так и в средствах осуществления, несомненно, является его преимуществом перед способами, рассмотренными ранее, однако главным его достоинством является кондуктометрическое измерение влажности древесины, которое используется, так или иначе, во всех конвективных камерах периодического типа. Этот факт позволяет говорить о большей возможности к интеграции его с современными системами контроля параметров. Тем не менее, ввиду различных факторов, среди которых трудоемкость монтажа датчиков на поверхности сортимента и само кондуктометрическое измерение, имеющее локальный характер, данная методика, не получила распространения в промышленности.

В работе [3] кондуктометрический способ измерения величины внутренних напряжений получил развитие – вместо нескольких кондуктометрических изолированных датчиков, установленных на разную глубину, предлагается использовать лишь пару в виде стержней с несколькими изолированными кольцевыми контактами, а также датчик температуры древесины, устанавливающийся отдельно. Таким образом нивелируется недостаток в трудности монтажа датчиков влажности в пластевой зоне. Однако, несмотря на преимущества в высокой степени автоматизации подобного способа измерения внутренних напряжений и менее трудоемкого, по сравнению с описанными выше способами, монтажа датчиков, он также имеет недостатки в виде локального характера измерений и сложности конструкции кондуктометрических датчиков, увеличивающей их стоимость.

Таким образом, учитывая сказанное выше, интерес представляет методика кондуктометрического измерения внутренних напряжений, разработанная в ЦНИИМОД [1], – при внесении некоторых изменений она может стать более совместима с современными системами контроля параметров сушильных камер, а также частично избавиться от недостатков, связанных с локальностью измерений датчиков. В качестве изменений в методике предлагается принимать данные о равновесной влажности древесины, измеряемой штатными датчиками камеры, за значение влажности на поверхности пласти пиломатериалов. Таким образом, монтируя штатные кондуктометрические изолированные датчики камеры на середину толщины доски, появляется возможность измерения перепада влажности по ее толщине без использования дополнительного оборудования. Тем самым становится возможным использование данной методики совместно с системами любых конвективных камер периодического действия без интеграции в них дополнительных элементов и функций. Также стоит отметить, что зависимость между относительной влажностью воздуха и равновесной влажностью древесины дает возможность применять данную методику как в камерах, оснащенных психрометрами, так и в камерах, где влажностное состояние агента сушки измеряется датчиками равновесной влажности древесины (EMC). Ввиду того, что значение равновесной влажности древесины будет давать характеристику поверхностной влажности по всему объему высушиваемых материалов, данная методика будет частично избавлена от локального характера кондуктометрического измерения изначальной методики.

Подводя итог, можно сказать, что, хотя рассмотренные выше способы контроля внутренних напряжений в процессе сушки и могут в некоторой степени заменить контроль по силовым секциям, практически все они, так или иначе, имеют следующие недостатки: сложность интеграции датчиков с системами сушильных камер, высокие требования к точности их монтажа, высокая стоимость и требовательность в обслуживании, а также локальность измерения. Часть этих недостатков может быть нивелирована использованием современных технических средств, однако нужно учитывать, что это, с большой долей вероятности, скажется на их стоимости и необходимой для их использования квалификации работников предприятия, что также является немаловажным фактором. Таким образом, среди рассмотренных способов методика контроля внутренних напряжений с помощью кондуктометрического измерения влажности древесины может иметь наибольший потенциал как в вопросе

простоты и доступности использования, так и в связи с распространенностью кондуктометрического способа измерения влажности древесины в сушильной промышленности

Литература

1. Бывших, М. Д. Контрольно-измерительные и регулирующие приборы камерной сушки древесины / М. Д. Бывших, К. Ф. Дьяконов. – Архангельск : Архангельское книжное издательство, 1962. – 92 с.

2. Уголев, Б. Н. Контроль напряжений при сушке древесины / Б. Н. Уголев, Ю. Г. Лапшин, Е. В. Кротов. – Москва : Лесная промышленность, 1980. – 206 с.

3. Савенко В. Г. Система автоматизированного управления процессом сушки древесины / В. Г. Савенко, А. В. Савенко, Ю. П. Петрухин // ИВУЗ. Лесной журнал. – 2006. – № 2. – С. 70–74.

4. Ferrari, S. Measurement of internal stress in Radiata pine sapwood during drying using an improved online sensor / S. Ferrari, H. Pearson, O. Allegretti, B. Gabbitas // Holzforschung. – 2010. – Vol. 64.

5. Allegretti, O. A sensor to measure wood stress during the drying process / O. Allegretti, A. Bagolini, B. Margesin, L. Travan // Proceedings of the 9th IUFRO International Wood Dry-ing Conference, Nanjing, China. – 2006. – P. 161–165.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ЛЕСОСПЛАВНОГО ПУЧКА

С.П. Карпачев
Россия, Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана
г. Мытищи

Аннотация. Целью настоящей статьи является повышение производительности технологии формирования комбинированного лесосплавного пучка на основе запатентованного автором устройства. Предлагаемое устройство решает поставленную цель за счет реализации параллельной технологической схемы формирования пучка. Схема состоит из двух технологических узлов: узла сортировки сортиментов и узла формирования пучков. За счет изменения числа формировочных устройств можно добиться максимальной производительности на формировании комбинированных лесосплавных пучков.
Ключевые слова: комбинированный лесосплавной пучок, устройство формирования комбинированного пучка, щепа, мягкий контейнер.

Annotation. The purpose of this article is to increase the productivity of the technology for forming a combined timber rafting bundle, based on a device patented by the author. The proposed device achieves this goal by implementing a parallel technological scheme for combined bundle formation. The scheme consists of two technological units: a unit for sorting timber logs and a unit for forming bundles. By changing the number of forming devices, it is possible to achieve maximum productivity in the formation of combined timber rafting bundles.
Keywords: timber rafting bundle, device for combined bundle formation, wood chips, soft container.

Актуальность и сущность рассматриваемого вопроса. В настоящее время в России основным видом лесосплава является плотовой сплав [1]. Круглые лесоматериалы вывозят на береговые склады, где из них формируют пучковые плоты. В зависимости от вида принимаемых лесоматериалов, в результате выполнения раскряжевочно-сортировочных операций

образуются древесные отходы. Например, объемы дровяной древесины может достигать 13–35 %, а объем от раскряжевки хлыстов 2–3 % [2].

Дровяную древесину и кусковые отходы от раскряжевки можно переработать на щепу с дальнейшей отправкой ее в комбинированных лесосплавных пучках (далее КЛП) в составе сортиментных плотов [3].

КЛП представляет собой пучок из сортиментов, внутри которого располагаются контейнеры со щепой [4] (рис. 1). Исследования технологии формирования КЛП показали, что на производительность его формирования наибольшее влияние оказывают отношения объемов сортиментов и щепы в КЛП, а также интенсивность поступления лесоматериалов на береговой склад [3]. В этих исследованиях рассматривалась технология формирования КЛП в одном накопителе для одного сортимента. Обычно число сортиментов на береговом складе значительно больше [5]. Увеличение числа сортиментов приведет к снижению производительности технологии формирования КЛП.

Предлагаемые решения и полученные результаты. Для решения проблемы повышения производительности формирования КЛП для нескольких сортиментов нами было предложено и запатентовано устройство для формирования КЛП [6]. В этом патенте реализован переход от последовательного формирования КЛП [3] к параллельной схеме (рис. 2).

Устройство для формирования КЛП (рис. 2) состоит из двух технологических узлов:

- узел сортировки сортиментов;
- узел формирования КЛП.

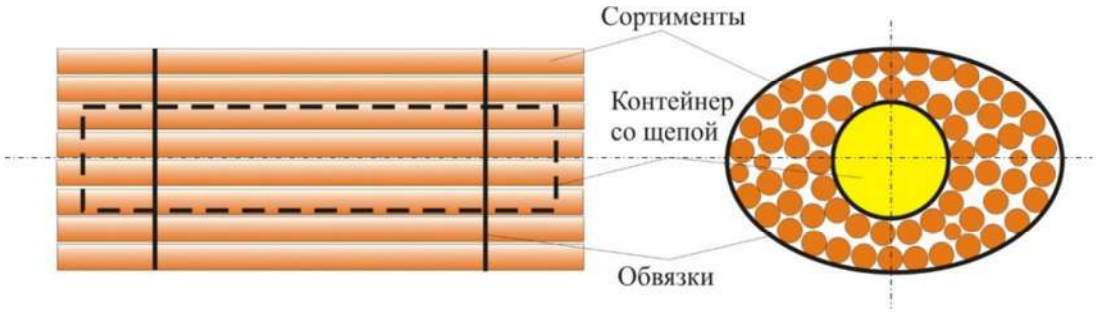


Рис. 1. Комбинированный лесосплавной пучок

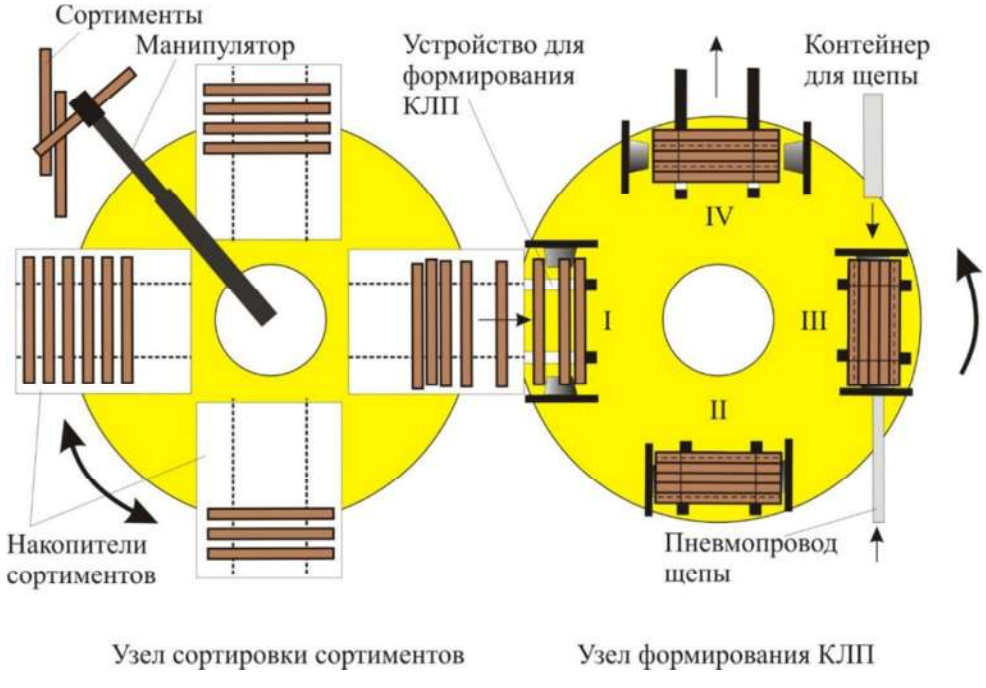


Рис. 2. Устройство для формирования КЛП

Узел сортировки сортиментов включает манипулятор и накопители для разных сортиментов с возможностью перемещения накопителей, как показано на рисунке 2. Манипулятор из штабеля берет сортимент и укладывает его в соответствующий накопитель. Как только в каком-либо накопителе число сортиментов достигнет заданного объема пучка, этот накопитель перемещают к узлу формирования КЛП и сбрасывают сортименты в устройство формирования КЛП.

Узел формирования КЛП включает одно или несколько формирующих устройств. Число устройств зависит от интенсивности заполнения накопителей сортиментами в первом узле и поступления пачек сортиментов от узла сортировки к узлу формирования КЛП. Если цикл времени поступления пачек сортиментов близок или больше цикла времени формирования КЛП, то можно ограничится одним устройством формирования КЛП. Если время цикла поступления пачек сортиментов меньше цикла времени формирования КЛП, то число устройств формирования КЛП во втором узле следует увеличить. Число устройств может быть увеличено до четырех – это максимальное число элементарных технологических операций формирования КЛП (рис. 3). Представленная на рисунке 3 схема подробно описана в статье [3]. Процесс формирования может быть разбит на четыре элементарные операции (рис. 3):

I – формирование КЛП с пустотелой нишей между подвижными конусами;

II – выравнивание торцов и наложение обвязок;

III – укладка контейнера в нишу и заполнение его щепой;

IV – освобождение сформированного КЛП.

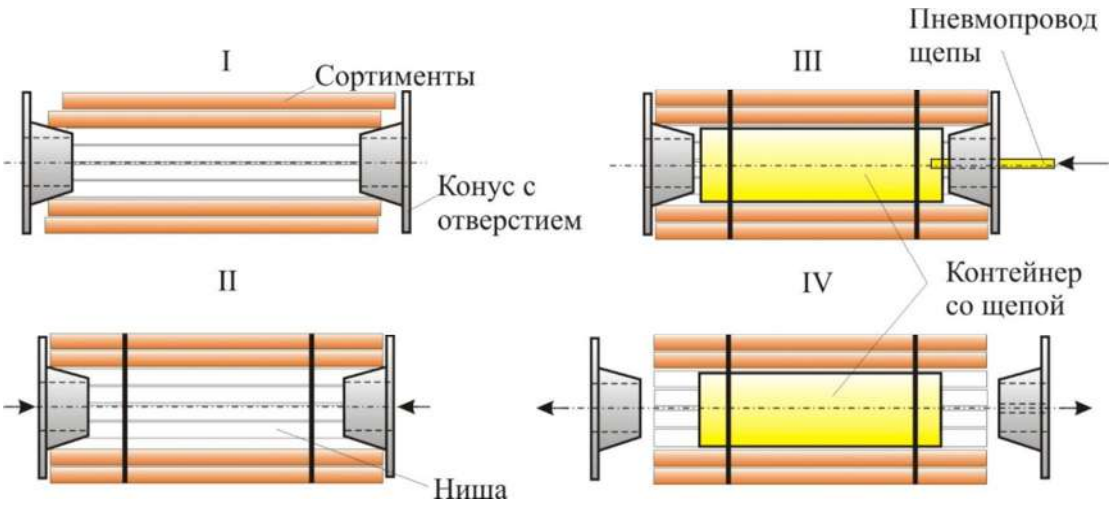


Рис. 3. Элементарные технологические операций формирования КЛП

Выводы. Для повышения производительности формирования КЛП автором предложено и запатентовано формировочное устройство. Устройство решает поставленную задачу повышения производительности за счет применения параллельной схемы формирования КЛП. Весь процесс формирования КЛП проходит через два технологических узла. При этом во втором технологическом узле можно изменять общий цикл времени формирования КЛП путем деления его на временные циклы элементарных технологических операций. Это достигается изменением числа формирующих устройств во втором технологическом узле. Такой подход позволяет согласовать временные циклы работы обоих технологических узлов и добиться максимальной производительности формирования КЛП.

Литература

1. Водный транспорт леса : учебник для вузов / А. А. Камусин, Ю. Я. Дмитриев, М. М. Овчинников [и др.]. – Москва : МГУЛ, 2000. – 432 с.

2. Меньшиков, Б. Е. Технологический процесс нижнего лесопромышленного склада / Б. Е. Меньшиков, Е. В. Воробьева. – Екатеринбург : Редакционно-издательский отдел УГЛТУ, 2010. – С. 44.

3. Карпачев, С. П. Моделирование технологии формирования комбинированного лесосплавного пучка / С. П. Карпачев // Актуальные проблемы развития лесного комплекса : материалы XX Международной научно-технической конференции (Вологда, 6 декабря 2022 г.). – Вологда : ВоГУ, 2022. – С. 282–287.

4. Патент 189344 Российская Федерация, МПК B65G 69/00 (2006.01), B65G 57/18 (2006.01). Устройство для формирования лесосплавного пучка : № 2018141967 : заявл. 2018.11.28 : опубл. 2019.05.21, бюл. № 15/ С. П. Карпачев, М. А. Быковский, И. П. Карпачева ; заявитель и патентообладатель МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 3 с.

5. Влияние числа сортиментов на транспортно-технологические показатели работы берегового склада / С. П. Карпачев, В. И. Запруднов, А. Н. Комяков, М. А. Сорокин // Лесной вестник / Forestry Bulletinю. –2017. – Т. 21, № 1. – С. 101–107. – DOI: 10.18698/2542-1468-2017-1-101-107.

6. Патент 2736605 Российская Федерация, МПК B65G 69/00 (2006.01), B65G 57/18 (2006.01). Устройство для формирования лесосплавного пучка : № 2020110598/11(017783) : заявл. 07.08.2019 : опубл. 19.11.2020, бюл. № 32/ С. П. Карпачев, И. П. Карпачева ; заявитель и патентообладатель МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 9 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯГОВЫХ СВОЙСТВ МОТОВЕЗДЕХОДА С ПРИЦЕПОМ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ СОРТИМЕНТОВ

[1] В.Е. Клубничкин, [1] Е.Е. Клубничкин, [2] И.А. Смирнов, [3] П.М. Калинин
[1]Россия, Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана
г. Мытищи
[2]Россия, ВУНЦ СВ Общевойсковая Академия ВС РФ
г. Москва
[3]Россия, ИП Калинин П.М.

Аннотация. Проведено исследование, связанное с определением тяговых свойств мотовездехода при транспортировке прицепа с сортиментами. Были определены параметры масс мотовездехода, прицепа и сортиментов. Дано описание измерительного комплекса, использованного при исследованиях. Представлены результаты измерений силы тяги на буксировочном крюке мотовездехода «BRP Outlander Max XT» при страгивании с места прицепа с сортиментами на ровной опорной поверхности, при переезде через препятствие и при движении на подъем.
Ключевые слова: прицеп, сортимент, тяговые свойства, мотовездеход, испытания.

Annotation. A study was conducted related to the determination of traction properties of an all-terrain vehicle during the transportation of a trailer with sortings. The parameters of the mass of the ATV, trailer and sortings were determined. The description of the measuring complex used in the research is given. The results of measurements of the traction force on the towing hook of the «BRP Outlander Max XT» all-terrain vehicle are presented when pulling a trailer with sortings from a place on a flat support surface, when moving over an obstacle and when moving up.
Keywords: forest trailer, assortment, traction properties, all-terrain vehicle, tests.

За счет мобильности в качестве средств малой механизации при лесозаготовках применяют мотовездеходы в паре с лесными прицепами [1, 2]. Мотовездеходы оснащаются тягово-

сцепным устройством (фаркопом), позволяющим в условиях бездорожья осуществлять перевозку прицепа с сортиментами [3]. В свою очередь при эксплуатации мотовездеходной техники возникают вопросы, какое тяговое усилие необходимо для транспортировки лесного прицепа. Проведенные исследования позволили определить потребную силу тяги на крюке мотовездехода при транспортировке прицепа с сортиментами. При исследованиях использовался мотовездеход BRP Outlander Max XT [4], основные характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики мотовездехода BRP Outlander Max XT

Максимальная мощность, л. с.	48
Трансмиссия	Вариатор
Привод	2/4WD + электрическая блокировка дифференциала
Колесная формула/ведущие колеса	4x4
Габаритные размеры: Д/Ш/В, мм	2310/1168/1330
Шины размер пердние/задние	25x8-12 / 25x10-12

В таблице 2 представлены параметры масс мотовездехода BRP Outlander Max XT полученные в ходе измерений с помощью весов платформенного типа «МИДЛ» [5].

Таблица 2

Параметры масс мотовездехода BRP Outlander Max XT

Наименование измеряемого параметра	Значение параметра
	BRP Outlander Max XT
Снаряженная масса, кг	376,7
Распределение снаряженной массы образца на опорную поверхность:	
- на передние колеса, кг	195,8
- на правое переднее колесо, кг	94,5
- на левое переднее колесо, кг	101,3
- на задние колеса, кг	180,9
- на правое заднее колесо, кг	98,3
- на левое заднее колесо, кг	82,6

Определение параметров масс прицепа. Аналогично были определены параметры масс лесного прицепа. Фрагмент испытаний замера параметров масс прицепа и перевозимых сортиментов представлен на рисунке 1. Прицеп оснащается кониками и лебедкой. Предназначен для перевозки сортиментов. Общая масса прицепа – 227,5 кг. Габариты прицепа: ширина 0,73 м, длина варьируется в пределах 3–4 м.

В таблице 3 представлены параметры масс прицепа и перевозимых сортиментов.

Таблица 3

Параметры масс лесного прицепа и перевозимых сортиментов

Наименование измеряемого параметра	Значение параметра
Снаряженная масса прицепа, кг	227,5
Масса перевозимого груза (сортиментов), кг	536,2
Общая масса прицепа вместе с грузом, кг	763,7



Рис. 1. Взвешивание сортиментов

Измерительное оборудование. В качестве измерительных приборов для определения тяговых свойств мотовездехода использовались весоизмерительный тензорезисторный датчик С2-5.0-С3 и тензодатчик цифровой ZET [6].

Динамометр электронный С2-5.0-С3 (рис. 2б) представляет устройство на основе датчика силы. Датчик силы включается в разрыв силовой схемы. Динамометр состоит из тензорезисторного датчика силы, работающего на сжатие и растяжение, соединительного кабеля и вторичного измерительного преобразователя. В динамометре С2-5.0-С3 используется модель ZET в качестве вторичного измерительного преобразователя (рис. 2в).

Динамометры с измерительным терминалом ZET, функционирующим через преобразователь интерфейса ZET 7174, поставляются с программным обеспечением ZETLAB, с помощью которого данные измерений представляются в виде графиков процесса измерений в реальном времени.

Динамометр С2-5.0-С3 предназначен для измерения силы растяжения (с верхним пределом измерения 50 кН, 2 класс точности по ГОСТ Р 8.726-2010).



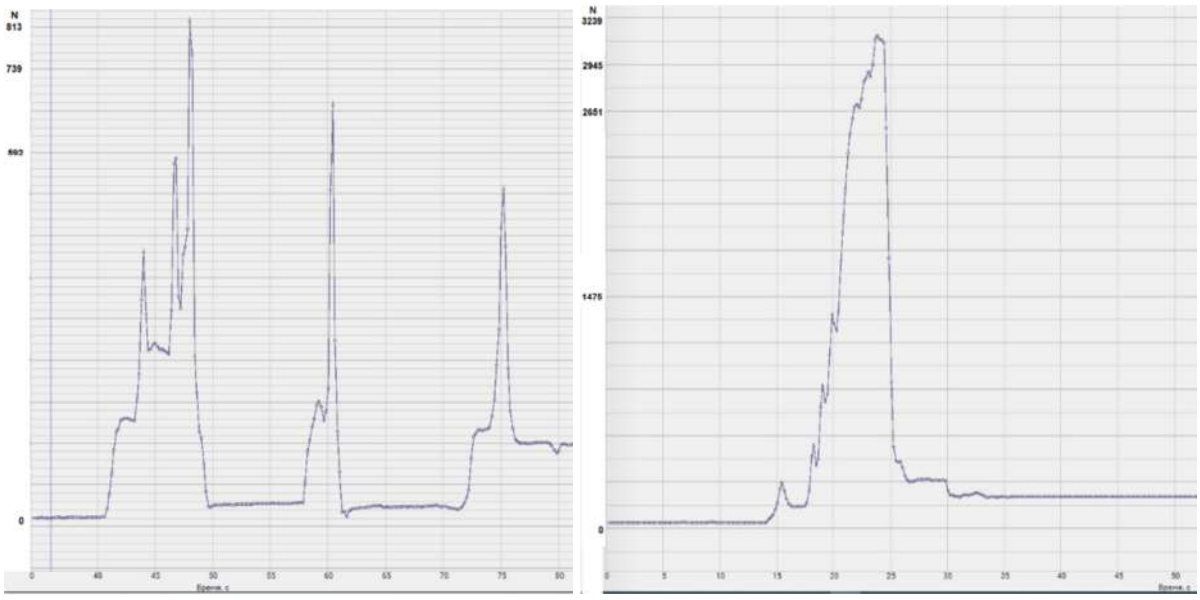
а) б) в)

Рис. 2. Электронный динамометр С2-5.0-С3:
а) измерительный терминал ZETLAB; б) тензорезисторный датчик силы;
в) схема подключения преобразователя интерфейса ZET 7174 индикатора к персональному компьютеру

Результаты исследований. На рисунках 3–6 представлены результаты измерений силы тяги на буксировочном крюке мотовездехода BRP Outlander Max XT при страгивании с места лесного прицепа массой 763,7 кг на ровной горизонтальной поверхности с бетонным покрытием, при преодолении бревна диаметром 180 мм, а также при преодолении подъема в 15°.



Рис. 3. Фрагмент проведения измерения силы тяги на буксировочном крюке мотовездехода «BRP Outlander Max XT» при страгивании с места прицепа с сортиментами на ровной горизонтальной поверхности с бетонным покрытием



а) б)

Рис. 4. Результат измерений силы тяги (показания с динамометра С2-5.0-С3) на буксировочном крюке мотовездехода «BRP Outlander Max XT» при страгивании с места прицепа вместе с сортиментами (общая масса 763,7 кг)
а) на ровной горизонтальной поверхности с бетонным покрытием;
б) при преодолении прицепом с сортиментами препятствия в виде бревна диаметром 180 мм



Рис. 5. Фрагмент проведения измерения силы тяги на буксировочном крюке мотовездехода «BRP Outlander Max XT» при преодолении прицепом с сортиментами подъема в 15°

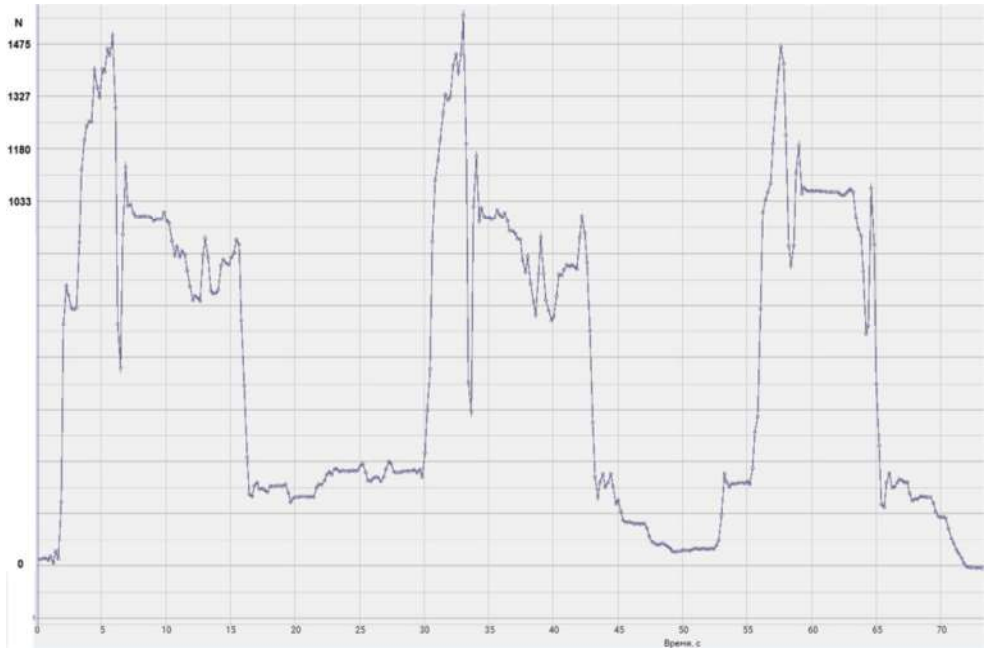


Рис. 6. Результат измерений силы тяги на буксировочном крюке мотовездехода «BRP Outlander Max XT» при преодолении прицепа вместе с сортиментами (общая масса 763,7 кг) подъема в 15° (показания с динамометра С2-5.0-С3)

Выводы. В результате измерений сила тяги на буксировочном крюке мотовездехода «BRP Outlander Max XT» при страгивании с места прицепа массой 227,5 кг и перевозимых сортиментов массой 536,2 кг (общая масса 763,7 кг) составила:

- на ровной горизонтальной поверхности с бетонным покрытием – 822 Н;
- при преодолении лесным прицепом массой 763,7 кг бревна диаметром 180 мм – 3102 Н.
- при преодолении лесным прицепом массой 763,7 кг подъема в 15° – 1550 Н.

Литература

1. Костин, П. И. Преимущества и недостатки применения мини-форвардера на базе квадроцикла в лесном хозяйстве и на лесозаготовках / П. И. Костин // Вестник науки и образования. – 2021. – № 1-1 (104). – С. 23–25. – EDN OHIAMB.

2. Технология и машины лесосечных работ: учебник для вузов / В. И. Патякин, И. В. Григорьев, А. К. Редькин [и др.]. – Санкт-Петербург : ЛТА, 2012. – 363 с.

3. Бегеба, В. Н. Проблемы механизации работ при рубках ухода за лесом / В. Н. Бегеба // Деревообработка. – 2007. – 48 с.

4. Квадроциклы Can-Am BRP : сайт. – URL: http:// x-start.ru/cat/atv/outlander/ (дата обращения: 19.01.2023). – Текст : электронный.

5. Experimental evaluation of speed and brake properties of domestic and foreign made utility terrain vehicles / V. E. Klubnichkin, A. S. Dyakov, E. E. Klubnichkin [et al.] // Journal of Physics: Conference Series, Nizhny Novgorod, 28 августа 2018 года. – Vol. 1177. – Nizhny Novgorod: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012048. – DOI 10.1088/1742-6596/1177/1/012048. – EDN EEMVSI.

6. Experimental evaluation of stability and controllability of domestic and foreign made utility terrain vehicles / V. E. Klubnichkin, A. S. Dyakov, E. E. Klubnichkin [et al.] // Journal of Physics: Conference Series, Nizhny Novgorod, 28 августа 2018 года. – Vol. 1177. – Nizhny Novgorod: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012045. – DOI 10.1088/1742-6596/1177/1/012045. – EDN NUXVKP.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ В ЗОНЕ ФОРМОВАНИЯ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН

[1] И.В. Клюшкин, [2] В.В. Ваганов

[1]Россия, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

[2]Россия, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого г. Санкт-Петербург

Аннотация. Бумагоделательные машины (БДМ) – основной агрегат на целлюлозно-бумажных предприятиях. На этих машинах из водно-волокнистой суспензии получают бумагу путем осуществления комплекса технологических процессов, среди которых один из основных – обезвоживание. Обезвоживание бумажной массы происходит в сеточной части БДМ. В зоне напуска бумажной массы на сетку развиваются течения, приводящие к образованию слоистой структуры. Структура бумажного полотна на сетке оказывает значительное влияние как на ход обезвоживания, так и на структуру получаемого при этом полотна и отсюда на качество готовой продукции. Интерес к моделированию обезвоживания вызван недостаточными возможностями по чисто экспериментальному определению обезвоживающей способности создаваемых сеточных частей на стадии проектирования. При предварительном определении обезвоживающей способности создаваемых или модернизируемых сеточных частей бумагоделательных машин на стадии их разработки чисто экспериментальное ее определение обычно трудоемко и связано с большой затратой времени и средств. Целью работы является разработка алгоритма моделирования процесса обезвоживания на сеточном столе БДМ. Моделирование процесса обезвоживания позволит подбирать оптимальные конструктивные параметры обезвоживающих элементов, основываясь на полученные данных. На основании исследований и моделирования разработаны рекомендации по совершенствованию компоновки зоны формования БДМ, что позволит повысить сухость бумажного полотна на выходе из этой зоны и достичь большей эффективности при модернизации.

Ключевые слова: бумагоделательные машины (БДМ), обезвоживание бумажной массы, моделирование обезвоживания.

Annotation. Paper machines (PMs) are the main unit at pulp and paper enterprises. On these machines, paper is obtained from a water–fiber suspension by implementing a complex of technological processes, among which one of the main ones is dehydration. Dehydration of the paper mass

occurs in the grid part of the PM. Currents develop in the area where the paper mass is applied to the grid, leading to the formation of a layered structure. The structure of the paper web on the grid has a significant impact both on the course of dewatering and on the structure of the resulting web and hence on the quality of the finished product. The interest in dewatering modeling is caused by insufficient possibilities for purely experimental determination of the dewatering ability of the created grid parts at the design stage. In the preliminary determination of the dehydrating ability of the created or modernized mesh parts of paper machines at the stage of their development, it is purely experimental determination is usually laborious and involves a lot of time and money. The aim of the work is to develop an algorithm for modeling the dehydration process on a grid table of PM. Modeling of the dehydration process will allow selecting optimal design parameters of dewatering elements based on the data obtained. Based on research and modeling, recommendations have been developed to improve the layout of the PM molding zone, which will increase the dryness of the paper web at the exit from this zone and achieve greater efficiency during modernization.
Keywords: paper machines (PMs), dehydration of paper mass, modeling of the dehydration.

В сеточных частях бумагоделательных машин (БДМ) происходит формование и обезвоживание водно-волокнистой суспензии и превращение ее в бумажное полотно. Удаление воды в зоне формования путем фильтрации – наименее энергозатратный процесс, а качество бумаги напрямую зависит от формования полотна [1]. На сеточном столе БДМ происходят начальные процессы формования и обезвоживания бумажного полотна, такие как фильтрация воды сквозь сетку с формированием слоя осевших волокон. Эффективность процесса в зоне формования определяется характером изменения концентрации массы и высоты слоя волокон. Зону формования можно считать одной из самых сложных для моделирования из-за сочетания процессов, которые в ней происходят. Контроль в зоне формования – это процесс со многими параметрами, направленный на снижение колебания качества бумаги. Важной задачей для моделирования обезвоживания является прогнозирование свойств бумажной массы на основе данных о технологических параметрах процесса и конструктивных особенностей обезвоживающих элементов. Целью работы является разработка алгоритма моделирования процесса обезвоживания на сеточном столе БДМ. Моделирование процесса обезвоживания позволит подбирать оптимальные конструктивные параметры обезвоживающих элементов, основываясь на полученные данных.

В приведенной работе будет представлен расчет в зоне формования для плоскосеточной бумагоделательной машины. Точность расчетов обезвоживания бумажной массы в зоне формования БДМ во многом зависит от того, насколько близко совпадают используемые в расчетах фильтрационные характеристики бумажной массы с динамическими такими же характеристиками, то есть имеющими место при обезвоживании на сеточных столах.

Общее уравнение определения скорости фильтрации описывается законом Дарси, который имеет вид [2]:

$$V\phi(t) = \frac{\mathrm{d}(\mathrm{h}(\mathrm{t}))}{\mathrm{dt}} = K\phi \frac{\Delta H(t)}{\Delta l(t)}, \quad (1)$$

где $V_ф$ – скорость фильтрации, t – время, h – толщина слоя профильтровавшейся под сетку воды, $K_ф$ – коэффициент фильтрации, ΔH – напор, Δl – толщина осевшего на сетке слоя волокон.

При процессе фильтрации бумажной массы через слой осевших волокон и сетку потеря напора описывается уравнением:

$$\Delta H = \mu V\phi\, a_в + \rho\, V_ф^2\, b_и\,, \tag{2}$$

где μ – вязкость воды, ρ – плотность воды, $a_в$ и $b_и$ – вязкостной и инерционный коэффициенты сопротивления обезвоживанию.

Расчет обезвоживания на открытых участках сетки производится по формулам [3]:

$$H(x) = h_n, \tag{3}$$

$$f(x) = \rho(x) * g * h_n, \tag{4}$$

$$F = g * h_n \left(\rho_0 * X - \frac{\beta * X^2}{2}\right), \tag{5}$$

где H – напор на участке; x – координата вдоль оси сетки; X – расстояние от начала участка до его конца, g – ускорение свободного падения; ρ_0 – плотность суспензии; h_n – сопротивление слоя бумажной массы на сетке; β – угол отклонения от сетки.

Гидравлический напор на гидропланке определяется по формуле [4]:

$$H = \frac{V^2 * \sin\beta * h_p * (1 - \cos\beta)}{8g * X_k}, \tag{6}$$

где X_k – расстояние от передней кромки гидропланки в горизонтальной плоскости до максимума фильтрационного напора восходящего потока, g – ускорение свободного падения; h_p – высота подсеточного слоя суспензии; β – угол передней кромки гидропланки.

Скорость фильтрации:

$$V * \sin\beta = \sqrt{2g(H - h_n - h_c)}, \tag{7}$$

где h_n – сопротивление слоя массы на сетке и h_c – гидродинамическое сопротивление сетки.

$$h_c = \varsigma * {V_ф}^2, \tag{8}$$

где ς – коэффициент сопротивления сетки.

Получается уравнение:

$$\Delta h = \int_0^{X_k} \frac{1}{V} \sqrt{\left(\frac{V^2 * sin\,\beta}{2g} \sin\frac{\pi X}{2X_k} - h_n - \varsigma * V^2 * \sin^2\beta\right)} dX + \int_{X_k}^{2X_k} \frac{1}{V} \sqrt{\left(\frac{V^2 * sin\,\beta}{2g}\left(1 - \cos\frac{\pi X + 2\pi X_k}{2X_k}\right) - h_n - \varsigma * V^2 * \sin^2\beta\right)} dX. \tag{9}$$

Расчет обезвоживания ведется поэтапно на расчетных участках обезвоживания в зависимости от сил, действующих в пределах расчетного участка [4]. Выходные данные предыдущего участка являются исходными данными для последующего участка обезвоживания. Алгоритм моделирования обезвоживания в зоне формования реализован с помощью программы, скриншот которой с исходными данными для моделирования представлен на рисунке 1 [5].

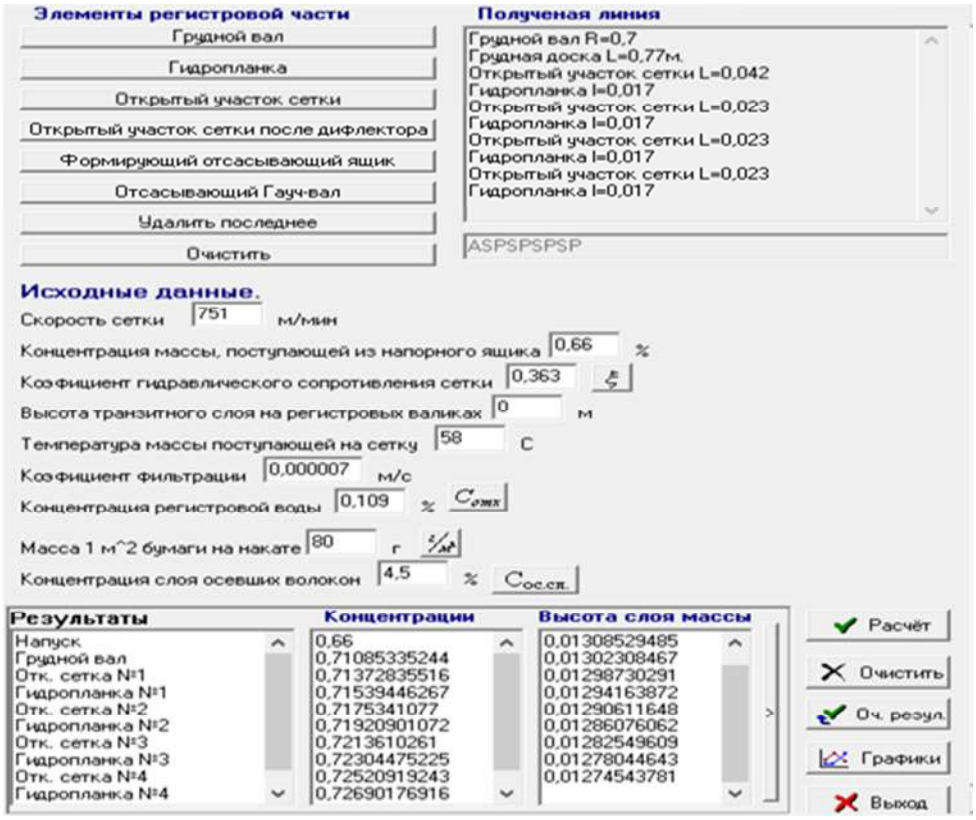


Рис. 1. Интерфейс программы для расчета обезвоживания в зоне формования БДМ

Некоторые исходные данные, необходимые для расчетов, представлены в таблице.

Таблица

Исходные данные для расчетов

Параметр	Значение	Ед. изм.
Скорость сетки	751	м/с
Концентрация в н/я	0,66	%
Концентрация подсеточной воды	0,109	%
Вес на накате	80	г/м^2
Температура массы, поступающей на сетку	58	°С
Коэффициент фильтрации	0,000007	м/с

Исследовался участок, включающий 9 зон обезвоживания, которые показаны на рисунке 2. На рисунке 3 приведены данные расчета сухости бумажного полотна вдоль сеточного стола на указанных участках.

Анализ данных показывает, что использование разработанного алгоритма и специально разработанной программы, позволяющей проводить расчет обезвоживания в зависимости от конструкции обезвоживающих элементов, позволит проводить расчеты обезвоживания бумажной массы в зоне формования БДМ, а также прогнозировать увеличение сухости бумажного полотна или рабочей скорости в оптимальных технологических режимах. На основании проведенных исследований и результатов моделировании разработаны научно обоснованные рекомендации по совершенствованию компоновки и конструктивных параметров обезвоживающих элементов.

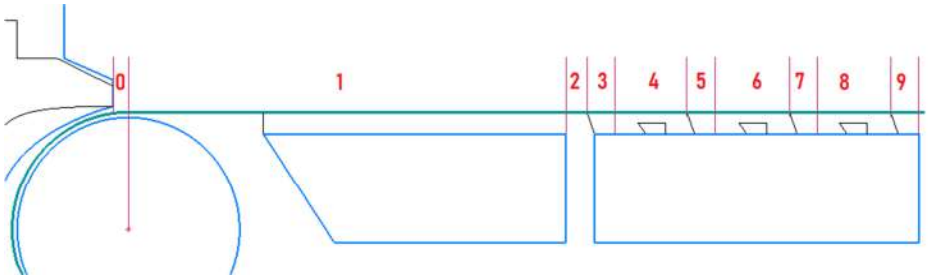


Рис. 2. Схема для расчета обезвоживания в начале сеточного стола:
0 – зона напуска; 1 – зона грудной вал + грудная доска; 2 – открытый участок сетки;
3, 5, 7, 9 – зона обезвоживания на гидропланке;
4, 6, 8 – открытые участки сетки внутри пакета гидропланок

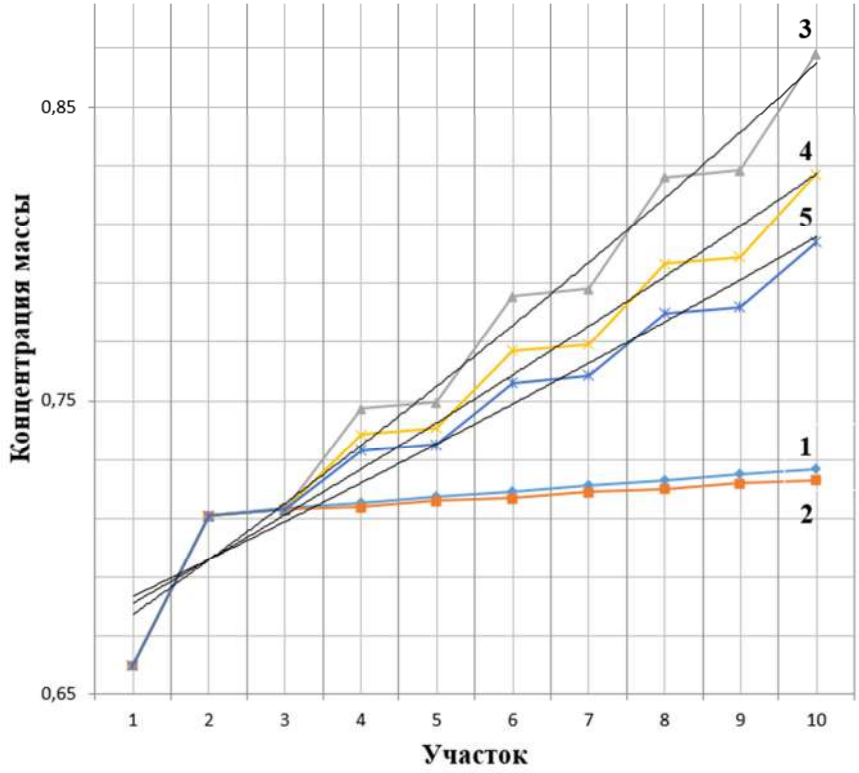


Рис. 3. Изменение концентрации массы вдоль сеточного стола.
Номер кривой соответствует углу наклона гидропланки

Литература

1. Иванов, С. Н. Технология бумаги / С. Н. Иванов. – Москва : Школа бумаги, 2006. – 695 с.

2. Кокушин, Н. Н. Фильтрационная характеристика бумажной массы при снижающемся напоре / Н. Н. Кокушин // Машины и аппараты целлюлозно-бумажного производства : межвузовский сборник научных трудов СПбГТУРП. – Санкт-Петербург, 2000. – С. 68–73.

3. Куров, В. С. Теория и конструкция машин и оборудование отрасли. Бумаго- и картоноделательные машины : учебное пособие / В. С. Куров. – Санкт-Петербург : Издательство Политехнического университета, 2006. – С. 293–301.

4. Александров, А. В. Реология и гидродинамика процессов отлива и формования бумаги. Часть II. Гидродинамика процессов формования бумаги / А. В. Александров, Т. Н. Александрова. – Санкт-Петербург : СПбГТУРП, 2015. – С. 77–83.

5. Ревунов, М. С. Моделирование поверхности потока бумажной массы на сетке бумагоделательной машины / М. С. Ревунов, Е. Н. Салмов // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2020. – № 1. – С. 43–50.

6. Рогов, А. А. Моделирование функционирования восстанавливаемых систем (бумагоделательная машина) / А. А. Рогов // Лесной журнал. – 2003. – № 6. – С. 117–124.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕСОЗАГОТОВКЕ: СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕНДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Т.В. Коваленко, А.Ф. Эйвазов, Р.С. Беспалов, Д.О. Диваков, А.С. Туряева
Россия, Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет им. С.М. Кирова
г. Санкт-Петербург

Аннотация. Статья предлагает обзор современной ситуации в лесозаготовке и деревообработке, а также предоставляет основу для обсуждения, как инновационные технологии могут способствовать улучшению этой важной отрасли, содействуя более эффективному использованию лесов и более устойчивому управлению лесными ресурсами.
Ключевые слова: лесозаготовка, инновации, технологии, автоматизация, затраты.

Annotation. This article provides an overview of the current situation in logging and woodworking, and also provides a basis for discussing how innovative technologies can contribute to the improvement of this important industry, contributing to more efficient use of forests and more sustainable management of forest resources.
Keywords: logging, innovations, technologies, automation, costs.

Лесозаготовка и деревообработка – важная отрасль, стоящая перед двойным вызовом: обеспечить население древесиной и деревопродуктами, сохраняя при этом экологическую устойчивость и баланс в лесных экосистемах. В свете изменения климата и увеличения давления на леса со стороны человечества, эта задача становится более актуальной и сложной. Современная лесозаготовка переживает значительные изменения, благодаря инновационным технологиям, которые преобразовывают традиционные методы. Внедрение автоматизации, использование искусственного интеллекта, дронов и других технологий открывают новые перспективы и вызывают интерес у исследователей, предпринимателей и общественности.

Целью данной статьи является рассмотрение современных трендов и перспектив в области инновационных технологий в лесозаготовке. Мы попытаемся проанализировать, какие выгоды они приносят отрасли, а также какие вызовы стоят перед их внедрением. Наше исследование направлено на выявление основных аспектов и трендов в этой области, с учетом устойчивого управления лесными ресурсами и экологической сохранности.

Лесозаготовка, как одна из ключевых отраслей древесной промышленности, сталкивается с рядом вызовов, требующих современных и эффективных решений. С появлением новых технологий и инноваций лесозаготовка начала преображаться, отвечая на эти вызовы более эффективными методами и средствами.

Важно начать с обзора современного состояния лесозаготовки и идентификации основных вызовов, которые воздействуют на эту отрасль. Одним из основных вызовов является увеличение спроса на древесину, вызванное ростом населения и экономическим развитием. Это создает давление на леса и природные ресурсы, а также поднимает вопросы устойчивости и сохранения экосистем. Другим вызовом является потребность в сокращении негативного воздействия лесозаготовки на окружающую среду. Это включает в себя уменьшение

деградации лесов, предотвращение вымирания видов и снижение выбросов парниковых газов.

Инновационные технологии предоставляют новые инструменты и решения для урегулирования этих вызовов. Автоматизация стала ключевой в этом процессе, обеспечивая более высокую производительность и снижение затрат. Современные лесозаготовочные машины и оборудование оснащены автономными системами, которые способны выполнять задачи, которые ранее требовали человеческого участия, и делать это более эффективно.

Использование дронов также стало распространенным в лесозаготовке. Дроны используются для мониторинга состояния лесов, обнаружения болезней и вредителей, а также для создания точных карт местности, что упрощает планирование заготовки и управление ресурсами. Искусственный интеллект и алгоритмы машинного обучения позволяют оптимизировать процессы лесозаготовки. Они могут предсказывать оптимальные методы заготовки, сокращать потери и уменьшать воздействие на окружающую среду.

Эти технологические инновации изменяют ландшафт лесозаготовки, содействуя более устойчивому и эффективному использованию лесных ресурсов. В следующих разделах статьи мы рассмотрим, какие выгоды они приносят для отрасли и какие вызовы необходимо преодолеть для их успешного внедрения.

Инновации в лесозаготовке предоставляют значительные преимущества, влияя на различные аспекты отрасли. В этом разделе мы рассмотрим, какие выгоды приносят инновационные технологии в лесозаготовке и представим успешные кейсы и примеры их использования:

- Увеличение производительности: одним из основных преимуществ инноваций в лесозаготовке является увеличение производительности. Автоматизация и современное оборудование позволяют выполнять работы быстрее и более точно. Это сокращает время, требуемое для заготовки древесины, и увеличивает объем производства. Кроме того, с помощью дронов и искусственного интеллекта можно оптимизировать планирование и координацию задач, что дополнительно повышает эффективность.

- Снижение затрат: инновации также способствуют снижению затрат в лесозаготовке. Автоматизированные системы уменьшают зависимость от человеческого труда, что снижает расходы на рабочую силу и минимизирует риски производственных травм. Оптимизированные методы позволяют экономить ресурсы, такие как топливо и материалы, и уменьшать износ оборудования.

- Минимизация окружающего воздействия: еще одним важным преимуществом инноваций в лесозаготовке является способность минимизировать окружающее воздействие. Благодаря более точному и эффективному планированию можно снизить негативное воздействие на лесные экосистемы. Дроны и искусственный интеллект помогают выявлять проблемы, такие как вырубка деревьев, с болезнями или истощенных лесов, что позволяет более целенаправленно вмешиваться и предотвращать потенциальные катастрофы.

Внедрение инновационных технологий в лесозаготовке предоставляет отрасли немало преимуществ, но с ними сопряжены и вызовы, которые требуют внимания и решения. В данном разделе мы рассмотрим ключевые вызовы, с которыми сталкиваются компании и отрасль при внедрении новых технологий, а также подходы к их преодолению и будущие перспективы развития инноваций в лесозаготовке:

- Финансовые затраты. Первым и наиболее значимым вызовом является необходимость финансирования инноваций. Приобретение современного оборудования, обучение персонала и разработка новых систем могут потребовать значительных инвестиций.

- Кибербезопасность. Сбор и обработка данных, а также использование сетевых систем приносят риски кибератак. Защита конфиденциальности и безопасность данных становятся важными аспектами.

- Законодательство и регуляция. Регулирование в области лесозаготовки и охраны окружающей среды может создавать преграды для внедрения инноваций. Компании должны соответствовать нормативам и требованиям, что может оказать дополнительное давление на бизнес-процессы.

Возможными решениями могут стать:

- Инвестиции и финансирование. Компании могут искать поддержку и инвестиции от государственных и частных источников. Это поможет снизить финансовые барьеры и стимулировать внедрение инноваций.

- Кибербезопасность. Разработка эффективных систем киберзащиты и обучение персонала в вопросах кибербезопасности становятся неотъемлемой частью стратегии компаний.

- Сотрудничество и диалог с регуляторами. Важно поддерживать открытый диалог с регуляторами и представителями государственных органов для разработки согласованных решений, учитывающих экологические и социальные интересы.

Заключение. В настоящей статье мы рассмотрели важную тему инноваций в лесозаготовке и их влияние на данную отрасль. Исходя из проведенного анализа, можно сделать следующие важные выводы:

1. Инновации в лесозаготовке предоставляют значительные преимущества. Они увеличивают производительность, снижают затраты и минимизируют окружающее воздействие. Современные технологии способствуют более устойчивому управлению лесными ресурсами и сохранению экологического баланса.

2. Успешные кейсы использования инноваций в лесозаготовке подтверждают их значительный потенциал. Компании, внедряющие современные технологии, достигают выдающихся результатов в увеличении эффективности и снижении негативного воздействия на природу.

3. Однако с внедрением инноваций сопряжены определенные вызовы. Финансовые затраты, кибербезопасность и законодательство могут создавать преграды на пути инноваций. Эти вызовы требуют внимания и сотрудничества между компаниями, государственными органами и обществом.

4. Будущее инноваций в лесозаготовке обещает дополнительные перспективы и возможности. Более устойчивые методы и технологии помогут сохранить лесные ресурсы и создать новые возможности для многоцелевого использования лесов.

В заключение мы призываем к дальнейшему исследованию и внедрению инноваций в лесозаготовке. Это ключевой шаг на пути к устойчивому развитию отрасли и сохранению лесных экосистем для будущих поколений. Надежды нашего общества и нашей планеты во многом зависят от умения компаний и исследователей принимать вызовы и разрабатывать инновационные решения для лесозаготовки.

Литература

1. Кудравец, Д. А. Применение малой авиации в землеустройстве и мониторинге земель / Д. А. Кудравец, О. А. Ткачева // Международный студенческий электронный научный вестник. – 2016. – Вып. 4, ч. 4. – С. 532–534.

2. Smith, J. K. MInnovations in Sustainable Forestry: A Review of Modern Trends / J. K. Smith & L. Jones // Forest Science Journal. – 2020. – Vol. 45(3). – P. 321–335.

3. Беспилотные летательные аппараты: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования. – URL: http://www.racurs.ru/?page=681 (дата обращения: 10.11.2023). – Текст : электронный.

4. Бабаев, С. Н. Технология мониторинга открытых горных работ с применением беспилотного летательного аппарата / С. Н. Бабаев // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2013. – № 10. – С. 16–20.

ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЛЕСНОЙ ДОРОГИ

Т.В. Коваленко, А.Ф. Эйвазов, Д.О. Диваков, Р.С. Беспалов, А.С. Туряева
Россия, Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет им. С.М. Кирова
г. Санкт-Петербург

Аннотация. Данная статья рассматривает состояние вопроса внедрения новых элементов, позволяющих упростить и удешевить проектирование лесовозных дорог. Представлены положительные и отрицательные стороны использования данного метода.
Ключевые слова: лесная дорога, БПЛА, реконструкция, ремонт, инновация.

Annotation. This article examines the state of the issue of the introduction of new elements that make it easier and cheaper to design logging roads. The positive and negative aspects of using this method are presented.
Keywords: forest road, UAV, reconstruction, repair, innovation.

Лесные дороги являются ключевым элементом инфраструктуры, играющим важную роль в сбалансированном функционировании экосистем и поддержании хозяйственной деятельности в лесных зонах. Состояние этих дорог часто становится предметом острой проблемы, требующей комплексного подхода к обслуживанию и ремонту. Лесные дороги подвергаются воздействию различных природных факторов, таких как дожди, ветры и оползни, что приводит к их повреждению и разрушению. Эрозия и обрушение деревьев часто делают дороги непроходимыми, создавая трудности для лесозаготовительных и лесопожарных работ. Регулярный мониторинг и своевременный ремонт становятся важными аспектами обеспечения устойчивости и доступности, лесных дорог.

Лесные дороги играют важную роль в сохранении биоразнообразия лесов и обеспечении устойчивого управления лесными ресурсами. Они обеспечивают доступ для проведения научных исследований, контроля состояния лесов и мероприятий по сохранению природы. В то же время лесные дороги служат основой для экономической деятельности, обеспечивая транспортный путь для вырубки древесины, лесозаготовки и других лесопромышленных операций.

Эффективное обслуживание и ремонт лесных дорог становятся критически важными для сбалансированного сосуществования человека и природы в лесных регионах. Одним из инновационных методов, применяемых для решения проблемы состояния лесных дорог является использование квадрокоптеров. Эти беспилотные аппараты предоставляют уникальные возможности для анализа, мониторинга и ремонта лесных дорог, что мы рассмотрим далее в нашей статье.

Одной из наиболее серьезных проблем, с которыми сталкиваются лесные дороги, является воздействие эрозии и оползней. Постоянные дожди и изменения климата могут вызывать смыв почвы, что приводит к образованию углублений и ям на дорожной поверхности. Эрозия также может усиливаться из-за неудовлетворительного водоотведения, что создает угрозу для целостности дорожной инфраструктуры и затрудняет передвижение по лесным территориям. Падение деревьев, вызванное ветровыми бурями, грозами или естественным старением леса, представляет собой еще одну распространенную проблему. Обрушившиеся деревья могут блокировать дороги, создавать препятствия для движения техники и снижать проходимость дорог. Повреждения также могут быть вызваны лавинами, сходами селей или другими природными катаклизмами, требующими оперативного восстановления инфраструктуры. Отдаленность лесных территорий и сложные условия местности создают трудности для регулярного обслуживания и ремонта лесных дорог. Доступность места повреждения

может быть ограничена, что затрудняет быстрое реагирование на чрезвычайные ситуации и своевременное восстановление дорожной инфраструктуры. Такие трудности также увеличивают риски для рабочих, занимающихся ремонтными работами.

В условиях таких сложностей становится ясной необходимость в разработке инновационных методов ремонта лесных дорог, и в этом контексте квадрокоптеры предоставляют эффективные решения для анализа и устранения данных проблем. В следующих разделах мы рассмотрим, как квадрокоптеры могут быть использованы для более точной диагностики и эффективного ремонта лесных дорог.

Роль квадракоптеров в ремонте. Квадрокоптеры предоставляют уникальные возможности для детального анализа состояния лесных дорог. Используя встроенные камеры и сенсоры, они могут проводить высокоточное аэрофотосъемочное обследование, обеспечивая точные данные о повреждениях дорожного покрытия, эрозии, и местах, где требуется вмешательство. Это позволяет оперативно выявлять проблемные участки и разрабатывать эффективные стратегии ремонта.

Технические характеристики квадрокоптеров, такие как маневренность, возможность вертикального взлета и посадки, а также способность работать в различных условиях погоды, делают их идеальным инструментом для ремонта лесных дорог. Они могут обеспечивать эффективное сканирование труднодоступных мест и предоставлять операторам точные данные для принятия решений. Преимущества использования квадрокоптеров включают в себя сокращение времени, необходимого для анализа состояния дороги, и снижение затрат на трудозатраты. Кроме того, они обеспечивают безопасность работников, так как позволяют проводить оценку состояния дороги издалека, минимизируя риск несчастных случаев.

В различных странах мира уже существуют успешные примеры применения квадрокоптеров в ремонте лесных дорог. Например, в Канаде квадрокоптеры используются для мониторинга и оценки повреждений после лесных пожаров. В Швеции они применяются для выявления мест, подверженных оползням, и для предотвращения эрозии на лесных дорогах. Эти успешные примеры подтверждают эффективность квадрокоптеров в улучшении состояния и обслуживании лесных дорог.

Процесс ремонта с использованием дронов. Подготовка и анализ состояния дороги: первый этап процесса ремонта с применением квадрокоптера начинается с подготовки и анализа текущего состояния лесной дороги. Квадрокоптер, оборудованный высокоразрешающей камерой и сенсорами, производит детальное аэрофотосъемочное обследование всего маршрута. Это позволяет получить точные данные о повреждениях, эрозии и других проблемах, а также оценить общее состояние дороги.

Точное определение мест повреждений: на этом этапе квадрокоптер используется для точного определения мест повреждений на лесной дороге. Технологии обработки изображений и анализа данных позволяют выделить участки с наличием ям, трещин, обрушившихся деревьев и других повреждений. Это дает возможность точно сфокусировать усилия на участках, требующих наибольшего внимания и немедленного ремонта.

Планирование маршрута ремонта: собранные данные квадрокоптера играют ключевую роль в разработке стратегии ремонта. Операторы могут использовать информацию о повреждениях и степени их серьезности для определения наилучшего маршрута ремонтных работ. Это позволяет оптимизировать использование ресурсов, сократить время восстановления и уменьшить воздействие на окружающую среду.

Проведение ремонтных работ: с использованием данных, собранных квадрокоптером, и разработанного плана, команды по ремонту могут эффективно начать свою работу. Точность определения мест повреждений и предварительное планирование обеспечивают быстрое и целенаправленное восстановление лесной дороги. Квадрокоптеры также могут использоваться во время ремонтных работ для мониторинга хода выполнения задач и оперативной коррекции плана, если необходимо.

Процесс ремонта лесной дороги с использованием квадрокоптера не только повышает эффективность и точность, но также улучшает безопасность работников и снижает воздействие на окружающую среду. Эта инновационная методология привносит новые возможности в область обслуживания лесных дорог, делая этот процесс более экологически устойчивым и эффективным.

Преимущества использования техники.

1. Эффективность и скорость работ. Одним из ключевых преимуществ использования квадрокоптеров при ремонте лесных дорог является повышение эффективности и скорости выполнения работ. Благодаря способности квадрокоптеров проводить быстрые и точные аэрофотосъемки, процесс анализа и оценки состояния дороги становится гораздо более эффективным по сравнению с традиционными методами. Это позволяет оперативно выявлять проблемные участки и разрабатывать стратегии ремонта, сокращая временные рамки на восстановление дорожной инфраструктуры.

2. Снижение риска для рабочих. Использование квадрокоптеров также значительно снижает риск для рабочих, занимающихся ремонтными работами на лесных дорогах. Вместо того чтобы отправляться на место повреждения непосредственно, рабочие могут использовать данные, собранные квадрокоптером, для разработки плана действий и принятия решений без необходимости физического присутствия на опасных участках. Это повышает безопасность труда и снижает вероятность несчастных случаев.

3. Экономия ресурсов. Применение дронов в ремонте лесных дорог также обеспечивает экономию ресурсов. Сбор данных с воздуха сокращает необходимость в большом количестве сотрудников и оборудования, которые могли бы потребоваться для обследования и мониторинга труднодоступных мест. Кроме того, более точная диагностика состояния дороги позволяет более рационально использовать материалы и ресурсы при проведении ремонтных работ, что способствует оптимизации бюджета и снижению экологического воздействия.

Эффективность, безопасность и экономия ресурсов делают использование квадрокоптеров в ремонте лесных дорог привлекательным решением, которое открывает новые перспективы для интеллектуального обслуживания и поддержания инфраструктуры в лесных зонах.

Заключение. В заключение можно утверждать, что использование квадрокоптеров при ремонте лесных дорог представляет собой ключевой элемент передовых технологий, способствующий эффективному управлению лесными ресурсами. Квадрокоптеры значительно улучшают возможности анализа и мониторинга состояния дорог, обеспечивая быстрое выявление проблем и точное определение мест повреждений. Эти аппараты также повышают безопасность работников, сокращают временные рамки на ремонтные работы и способствуют экономии ресурсов. Применение квадрокоптеров позволяет совершенствовать подход к обслуживанию лесных дорог, делая процесс более точным, оперативным и экологически устойчивым. Это особенно важно в условиях, когда сохранение экосистем лесов и устойчивое управление лесными ресурсами становятся все более актуальными задачами.

Перспективы развития использования квадрокоптеров в ремонте лесных дорог обещают быть обширными. С постоянным развитием технологий и программного обеспечения, а также увеличением функциональности дронов можно ожидать еще более точных методов анализа, мониторинга и ремонта. Исследования в области автономных систем и искусственного интеллекта также могут значительно улучшить возможности квадрокоптеров в предвидении и предотвращении повреждений дорог, делая процесс обслуживания еще более эффективным и инновационным.

В будущем использование квадрокоптеров в ремонте лесных дорог не только продолжит обеспечивать поддержание инфраструктуры, но и сыграет важную роль в устойчивом управлении природными ресурсами, способствуя сохранению биоразнообразия и улучшению качества жизни в лесных регионах.

Литература

1. Кудравец, Д. А. Применение малой авиации в землеустройстве и мониторинге земель / Д. А. Кудравец, О. А. Ткачева // Международный студенческий электронный научный вестник. – 2016. – Вып. 4, ч. 4. – С. 532–534.

2. Smith, J. K. MInnovations in Sustainable Forestry: A Review of Modern Trends / J. K. Smith, & L. Jones // Forest Science Journal. – 2020. – Vol. 45 (3). – P. 321–335.

3. Беспилотные летательные аппараты: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования. – URL: http://www.racurs.ru/?page=681 (дата обращения: 10.11.2023). – Текст : электронный.

4. Бабаев, С. Н. Технология мониторинга открытых горных работ с применением беспилотного летательного аппарата / С. Н. Бабаев // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2013. – № 10. – С. 16–20.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РОССИИ ДРЕВЕСИНЫ ПОСЛЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

[1] И.К. Козлова, [2] Б.М. Локштанов, [2] В.В .Орлов, [2] Т.А. Гусева

[1]Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова

[2]Россия, Военная орденов Жукова и Ленина Краснознаменная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного г. Санкт-Петербург

Аннотация. В статье рассматривается актуальность утилизации древесины после лесных пожаров в России и приводятся варианты использования стволовой части дерева для производства пиломатериалов, а из мелких горелых деревьев возможно производить топливную щепу. А также поставлен вопрос о возможности организации в России производства мобильных рубительных машин в сотрудничестве с Белоруссией для выработки топливной щепы из горелых деревьев. Приведены данные о масштабах лесных пожаров в России в последние годы. Даны объемы производства топливной щепы с одного гектара горелого леса. Рассмотрены объемы образования и потребления топливной щепы на внутреннем рынке.

Ключевые слова: топливная щепа, лесные пожары, рубительная машина, горелые деревья.

Annotation. The article discusses of relevance of recycling wood after forest fires in Russia and provides options of using the trunks for a tree for production of wood, and the possibility of making fuel chips from small burnt tress. We also suggest production of specialized mobile logging equipment in Russia in cooperation with Belarus, for transportation production fuel chips over long distances. The volumes of formation and consumption of fuel chips on both domestic are also considered.

Keywords: fuel chips, forest fires, chipper, burnt trees.

Введение. Бедствием для Российских лесов являются в настоящее время пожары, которые уничтожают большие площади лесонасаждений. За последние 5 лет наблюдается увеличение площадей лесов, подвергнутых огню. В 2022–2023 годах огонь прошелся по территории лесов, исчисляемой миллионами гектар. Если учесть, что на одном гектаре объем древесины в среднем составляет 170 м^3, то потеря древесины от пожаров превышает годовой объем заготавливаемой древесины в России [1].

Лесные пожары подразделяют на низовые и верховые. Низовой пожар уничтожает полог леса, корневую систему и частично повреждает периферию коры, а верховые пожары

уничтожают крону деревьев, кору и частично древесину ствола. После низового пожара лес может восстанавливаться, а после верхового пожара деревья прекращают жизнедеятельность. Обугливание коры и части древесины приводит к высыханию древесины и ее растрескиванию. Если сразу после пожара древесину заготовить, то можно частично использовать стволовую часть дерева для производства пилопродукции, срезав горелую часть. Однако выход пилопродукции из такой древесины не превысит 40 % и возникает вопрос утилизации срезанных частей горелого ствола дерева [2].

После верхового пожара в лесу остается много мелких горелых деревьев, горелых ветвей и вершин, которые необходимо утилизировать. Одним из направлений может быть производство из этих частей топливной щепы с примесью древесного угля.

Сущность рассматриваемого вопроса. Топливная щепа – эта щепа для производства тепловой энергии в котельных. Одной из основных технологических операций в системе производства топливной щепы является рубка отходов древесины на щепу. В лесу рубка древесины на щепу осуществляется различными типами мобильных рубительных машин: самоходная – при этом рубительная машина устанавливается на шасси трактора или автомобиля; передвижная – в этом случае рубительная машина вместе с двигателем устанавливается на специальном прицепе, а прицеп передвигают трактором к месту скопления древесных отходов и там оставляют для рубки отходов на щепу; прицепная – при этом рубительная машина устанавливается на прицепе трактора, а вращение ножевого аппарата рубительной машины осуществляется через карданный вал от двигателя трактора [3].

Отметим, что в России выпускают прицепные рубительные машины, а самоходные машины выпускаются в Белоруссии. В условиях санкций целесообразно организовать в России производство мобильных рубительных машины в сотрудничестве с ОАО «АМКОДОР» [4].

С учетом сложившейся в России непростой экономической обстановки необходимо на государственном уровне провести тщательный экономический анализ возможности использовать отходы древесины не только от лесозаготовок, но также после лесных пожаров [5]. Объемы горелой древесины по состоянию на 2023 год увеличились на треть по сравнению с 2022 годом [6] и охватили значительные территории Якутии, Урала, Западной и Восточной Сибири и Алтая, Дальнего Востока.

Отметим, что горелую древесину оставлять в лесу нельзя – во-первых, она легко воспламеняется и может спровоцировать новый пожар, во-вторых, это потенциальная среда для массового размножения вредителей в стволах деревьев и поражения огромных дополнительных территорий здорового леса.

Государством предусмотрено в лесах проведение санитарных рубок, в том числе и в лесах, подвергнутых пожарам, вредителям, болезням леса, в результате аварий и стихийных бедствий, вызывающих деградацию лесов. В связи с отмеченным, важно быстро убрать всю обгорелую древесину сразу после завершения тушения пожара. Нельзя ждать, пока здоровый лес будет поражен вредителями.

После пожарищ оцениваются огневые поражения ствола, корневой системы, кроны, общее состояние деревьев, а также вероятное влияние на окружающую среду последствий каждого конкретного пожара. Кроме того, определяются возможности использования стволовой части дерева: на пиловочник, на дрова и др. цели.

Использование горелой древесины на топливную щепу может решить проблему обеспечения дешевым топливом различных биоэнергетических объектов, например котельных.

Площадь пожаров на сегодня в 3 раза больше реального лесовосстановления, проводимого в стране. Национальные проекты пока не дают необходимого реального эффекта. Около 23 % Российского леса сдано в аренду крупным арендаторам, которые на первое место ставят прибыль, не помогают строить лесные пожарные дороги и не восстанавливают лесонасаждения в полном объеме [7].

Подавляющее большинство лесных пожаров происходят по вине человека: непотушенный костер, неосторожное обращение с огнем лесозаготовителями. Есть мнения, что некоторые пожары организуют черные лесорубы, чтобы замести следы незаконной вырубки древесины [8].

В России ежегодно происходит от 10 до 35 тыс. лесных пожаров, средний размер ущерба оценивается в сумму около 20 млрд руб. При этом ущерб от потери древесины составляет менее половины от этой суммы, а основные потери складываются из расходов на тушение, расчистку территории и лесовосстановительные работы. Самые большие потери от лесных пожаров понесла Россия в 2010 году – общий ущерб от них в тот засушливый год оценили в 85,5 млрд руб. [9].

Выводы. Лесозаготовительные работы в горелых лесах основываются на Лесном кодексе РФ [10] и проводятся как санитарные рубки по технологии сплошных рубок или выборочных. Тип санитарных рубок проводится после оценки состояния горелого леса. В том и в другом случаях требуется проведение работ по уборке горелых деревьев и различных подгорелых древесных отходов. Предлагается из горелых деревьев, которые нельзя использовать для производства пилопродукции, производить щепу. В данном случае щепа будет топливная и по своим теплофизическим свойствам будет выше, чем щепа, нарубленная из здоровых негорелых деревьев, так как ее влажность будет ниже на 20–30 %.

С одного гектара горелого леса при проведении сплошных санитарных рубок возможно получить 40 плотных $м^3$ топливной щепы, а при проведении выборочных санитарных рубок можно получить до 50 плотных $м^3$ щепы, так как при этом рубится все горелое дерево на щепу. Если учесть, что стоимость одного плотного $м^3$ топливной щепы из горелого леса составляет 1,5 тыс. рублей, то возможно получить с одно гектара 60–70 тыс. рублей. А с учетом площадей горелого леса и доступности заготовки и вывозки лесопродукции с территорий после пожаров в России возможно заработать на щепе миллиарды рублей в год.

Литература

1. Проектирование лесозаготовительных производств : учебное пособие для бакалавров направления подготовки 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» / Б. М. Локштанов [и др.]. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2015. – 80 с.

2. РИА Новости. Лесные пожары: виды, причины, способы тушения. Справка. – URL: https://ria.ru/20090414/168056182.html (дата обращения: 17.11.2023). – Текст : электронный.

3. Локштанов, Б. М. Технология производства топливной щепы из лесосечных отходов / Б. М. Локштанов, В. В. Орлов // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы Международной научно-технической конференции. – Вологда : ВоГТУ, 2013. – С. 118–120.

4. Германович, А .О. Обоснование параметров мобильной рубильной машины на базе многофункционального шасси для производства топливной щепы : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / А. О. Германович. – Минск, 2015. – 25 с.

5. Добрачев, А. А. Заготовка и рациональное использование топливной древесины / А. А. Добрачев, Ю. В. Ефимов // Электронный архив УГЛТУ. – URL: https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/8537/1/m19-16.pdf (дата обращения: 17.11.2023). – Текст : электронный.

6. Борисов, И. Пожар: что дальше? / И. Борисов // Лесозаготовка. Бизнес и профессия. Специализированный журнал для лесозаготовителей и не только. – URL: https://lesozagotovka.com/rybriki/lesopolzovanie/pozhar-chto-dalshe/ (дата обращения: 17.11.2023). – Текст : электронный.

7. Тяжлов, И. В. России сгорело на треть больше леса, чем годом ранее / И. В. Тяжлов // Газета «Коммерсантъ». – № 160. – URL: https://www.kommersant.ru/doc/6186404 (дата обращения: 17.11.2023). – Текст : электронный.

8. МАГУСТО. Печальная статистика лесных пожаров в России на 2023 год: в 7 раз масштабнее и в 3 раза больше… // Статьи в Дзен. – URL: https://dzen.ru/a/ZFvel WJHU3WeIHso (дата обращения: 17.11.2023). – Текст : электронный.

8. Трубникова, А. А. Черные лесорубы: кто и как ворует русский лес / А. А. Трубникова // Актуальные проблемы реформирования современного законодательства : сборник статей Международной научно-практической конференции. – Уфа : Общество с ограниченной ответственностью «Аэтерна». – 2017. – Ч. 2. – С. 151–155.

9. Алеев, Е. Статистика по лесным пожарам в России. Размер ущерба и «антирекорды» / Е. Алеев // ТАСС : сайт. – URL: https://tass.ru/info/14586659 (дата обращения: 17.11.2023). – Текст : электронный.

10. Лесной кодекс Российской Федерации от 4 декабря 2006 № 200-ФЗ (с изменениями от 13 мая, 22, 23 июля, 25 декабря 2008 г., 14 марта, 17, 24 июля, 27 декабря 2009 г., 22 июля 2010 г.) принят государственной Думой 8 ноября 2006 г. : одобрен Советом Федерации 24 ноября 2006 г. // КонсультантПлюс : сайт. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/?ysclid=lpg4osgg3f421313599 (дата обращения: 17.11.2023). – Текст : электронный.

К ВОПРОСУ О ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЛАМИНИРОВАННОЙ ФАНЕРЫ

М.В. Коломинова
Россия, Ухтинский государственный технический университет
г. Ухта

Аннотация. Ламинированная фанера является на сегодняшний день довольно востребованным материалом за счет своей высокой износостойкости и влагостойкости. Одно из больших достоинств ламинированной фанеры – отсутствие каких-либо особых условий хранения. Единственное требование к хранению этого материала – отсутствие воздействия прямых солнечных лучей. При этом такой вид фанеры соответствует современным требованиям экологичности и безопасности для окружающей среды. В статье рассматриваются вопросы, связанные с технологией производства ламинированной фанеры, ее ценовой по-литикой и производительностью оборудования.
Ключевые слова: ламинированная фанера, гидравлический пресс.

Annotation. Laminated plywood is quite a popular material today due to its high wear resistance and moisture resistance. One of the great advantages of laminated plywood is the absence of any special storage conditions. The only requirement for the storage of this material is the absence of exposure to direct sunlight. At the same time, this type of plywood meets the modern requirements of eco-logic and safety for the environment. The article discusses issues related to the production technology of laminated plywood, its pricing policy and equipment performance.
Keywords: laminated plywood, hydraulic press.

На сегодняшний день изготовление фанеры – одна из самых активно развивающих отраслей лесной отрасли. И хотя ламинированная фанера стоит гораздо дороже обычной фанеры (рис. 1), но в Республике Коми на Жешартском фанерном комбинате (ООО «ЖЛПК») активно внедряется в производство и постоянно совершенствуется данная технология.

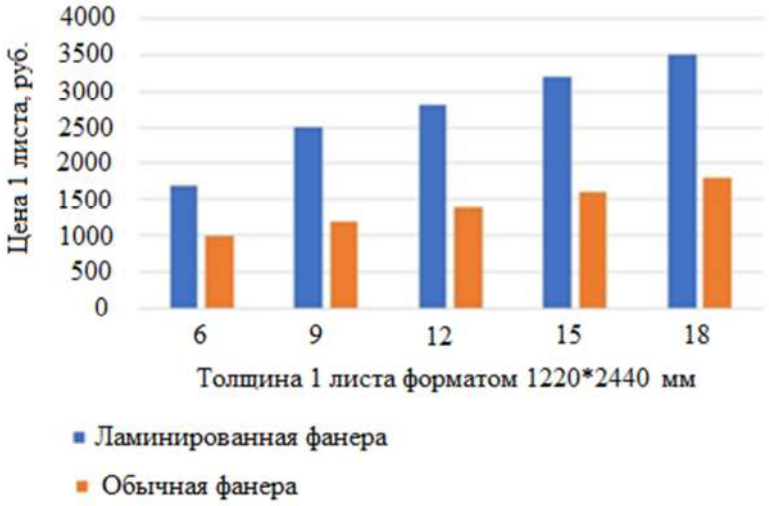


Рис. 1. Цена обычной и ламинированной фанеры

Технологический процесс ламинирования фанеры на Жешартском фанерном комбинате (ООО «ЖЛПК») включает следующие этапы:

1. Сборка рабочих пакетов.
2. Загрузка рабочих пакетов в таблетты (рис. 2).



Рис. 2. Этап загрузки

3. Собранный трехслойный пакет на лентах автоматически проходит через ионизатор и подается на загрузочную таблетту нужного этажа загрузочной этажерки.
4. Прессование.
5. Разгрузка облицованной фанеры (рис. 3).



Рис. 3. Этап разгрузки облицованной фанеры

6. Сортировка готовой продукции.
7. Удаление свесов пленки.
8. Покраска торцов ламинированной фанеры.
9. Упаковка и маркировка готовой продукции.

На участке ламинирования фанеры находятся 3 пресса: пресс марки PAGNONI, пресс марки WEMHÖNER и пресс марки IBERPRESS.

Гидравлический однопролетный пресс PAGNONI (Италия) применяется для ламинирования фанеры форматом 1220×2440 мм, 1250×2500 мм, 1500×3000 мм, 1525×3050 мм, 1500×3300 мм (рис. 4).



Рис. 4. Однопролетный пресс марки PAGNONI

Гидравлический однопролетный пресс WEMHÖNER (Германия) применяется для ламинирования фанеры форматом 1220×2440 мм и 1250×2500 мм (рис. 5).



Рис. 5. Однопролетный пресс марки WEMHÖNER

Четырехпролетный пресс IBERPRESS (Италия) применяется для ламинирования фанеры форматом 1220×2440 мм, 1250×2500 мм, 1500×2500 мм, 1525×2500 мм, 1530×2500 мм, 1500×3000 мм, 1525×3050 мм, 1500×3300 мм (рис. 6).



Рис. 6. Четырехпролетный пресс IBERPRESS

Для увеличения производительности цеха предполагается установить 15-пролетный гидравлический пресс марки KITAGAWA (Япония), который применяется для одновременного ламинированная 15 листов фанеры формата 1220×2440 мм или 1250×2500 мм (рис. 7).



Рис. 7. 15-пролетный гидравлический пресс марки KITAGAWA (Япония)

Применение данного пресса KITAGAWA (Япония) позволит увеличить производительность цеха ламинированной фанеры в 2 раза.

Литература

1. Достоинства и недостатки ламинированной фанеры. – URL: https://altay.land/article/6278 (дата обращения: 05.10.2023). – Текст : электронный.

О МЕРАХ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ В СМЕШАННЫХ С ОСИНОЙ НАСАЖДЕНИЯХ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ

И.А. Коренев, Е.И. Антонов
Россия, Филиал ФБУ ВНИИЛМ «Центрально-европейская ЛОС»
г. Кострома

Аннотация. Приводятся лесоводственные, экономические и природоохранные обоснования оставления деревьев осины при рубках смешанных по составу насаждений березы и ели с целью улучшения использования и восстановления лесного ресурса.
Ключевые слова: осина, перестойные деревья, стволовая гниль древесины, убыток, оставление деревьев, вырубки, подрост ели, корневая поросль, трудоемкость работ, молодняки, лесные животные и птицы.

Annotation. It is stated there are some forestry, economic and nature protection grounds for keeping aspen-trees safe with the prospect of improvement in use and restoration forestry resources when felling mixed plantations of birch-trees and fir-trees.
Keywords: aspen-trees, over-mature trees, stem rot wood, loos, leaving trees, deforestation, undergrowth fir, root shoots, laboriousness of the work, young growths, forest animals and birds.

Деятельность лесопромышленной отрасли сталкивается с рядом негативных факторов, которые можно частично оптимизировать (рационализировать) в ходе выполнения работ. Одним из них является неопределенность самого предмета труда, напрямую влияющая на

рентабельность работ. К последнему с полным правом можно отнести погрешности определения запасов и состава древесины, а также товарные качества пород, составляющих спелые насаждения. Снижение, а часто полная потеря потребительских свойств заготавливаемой древесины напрямую влияют на доходность предприятий. В таежной зоне особенно проблематично разрабатывать древостои с участием в составе осины.

Осина, как одна из лесообразующих пород, отличается быстротой роста и высокой производительностью в различных условиях местопроизрастания. Древесина осины обладает хорошими физико-механическими свойствами, позволяющими использовать ее в различных отраслях промышленности и строительстве. Широкого применения, однако, эта порода не находит, ввиду ее неустойчивости к заболеванию дереворазрушающими грибами. Потеря потребительских свойств, отсутствие технических возможностей для переработки и достаточного спроса в современных условиях хозяйствования на осиновую древесину является серьезной проблемой лесопользования.

В прошлом мощная экономика СССР обладала широким спросом на товарную продукцию из древесины различных деревьев, в т.ч. и из осины. Перед заготовительными предприятиями лесной отрасли ставились и финансово обеспечивались плановые задания на получение балансов, технологической и топливной древесины, упаковочной стружки, дранки, вагонки и прочее. Это предопределяло и более полную рубку делянок, исключения составляли только те, которые были недостаточно доступны для транспортировки древесины. При капиталистическом укладе экономики лесная отрасль сосредоточена на получении 2–3 сортиментов – хвойного пиловочника и фанерного кряжа, ограниченно, в основном по логистическим причинам, используется балансовая древесина. При данных условиях лесозаготовительным предприятиям проблематично заготавливать древесину, непользующуюся спросом.

В конце XX века этими вопросами стали заниматься лесные научные организации, работающие в регионе таежных лесов. Кировским НИИ лесной промышленности были проведены экспериментальные работы по оставлению перестойной осины на корню при лесозаготовках в березовых с елью насаждениях с запасом осины в составе 20–40 % и подростом ели и пихты под пологом [1]. Итоги эксперимента показали, что различные технологии проведения рубок и применяемые механизмы влияют на возможное число оставляемых деревьев осины, сохранность подроста и повреждения напочвенного покрова.

Вологодской региональной лабораторией СевНИИЛХ составлены рекомендации по оставлению фаутной осины для лесных предприятий области [2]. Предлагалось оставлять осину на корню с подсушкой деревьев за 4–5 лет до рубки.

Центрально-европейская ЛОС, в прошлом Костромская ЛОС, проводила хоздоговорные работы с лесопромышленными предприятиями области, а в последующем выполняла госбюджетные задания по обоснованию и подготовке предложений в рекомендации об оставлении осины на корню.

В настоящее время в лесном фонде подзоны южной и средней тайги на территории Костромской, Кировской, Вологодской и северной части Ярославской областей площадь технически спелых насаждений основных лесообразующих пород составляет 8,3 млн га (по сведениям лесных планов) [3]. Основная часть представлена спелыми березняками (40 %) и ельниками (30 %). Практически во всех выделах этих пород 20–40 % запаса древесины формирует осина, которая к периоду рубки березы и ели перестаивает возраст технической спелости в 1,5–2 раза и более. При освоении такого массива лесов лесные предприятия только в пределах рабочих участков делянок вынуждены вырубать больше 100 млн $м^3$ перестойной осины, а в пределах пасек запас осиновой древесины составляет округленно порядка 160 млн $м^3$.

По своей биологии эта порода легко поражается грибами, вызывающими стволовые гнили, поражение стволов с возрастом увеличивается. Вырубая весь запас осины на делянках, с невозможностью реализовать в полной мере в каком-либо виде осиновую древесину, лесопромышленники несут большие издержки.

Расчет экономичности работ, проведенной бывшей Костромской лесной опытной станцией ВНИИЛМ в 1998 г., в одном лесопромышленном предприятии области показал, что убыток от заготовки и вывоза осиновой древесины при разработке насаждения составом 3Б3Ос4Е /65/ и запасом 260 м^3/га с 1 гектара составил – 26 тыс. руб [3]. При рубке осин на вырубках возникает от нескольких до десятков тысяч шт/га корневых отпрысков, которые резко увеличивают трудоемкость проведения последующих лесохозяйственных работ.

Решением проблемы является оставление перестойных осин на корню в пределах разрабатываемых пасек, а также химическая или механическая их подсушка.

Проведенные нами, а также другими научными учреждениями исследования позволили обосновать оптимизацию лесозаготовительных и лесовосстановительных работ при рубке смешанных по составу насаждений с участием перестойной осины подзоны южной и средней тайги.

Прежде всего, оставление перестойных, крупных по размерам деревьев позволяет сохранять достаточно высокий процент имеющегося под пологом древостоя подроста ели. В экспериментах, проведенных в Кировской области, в вариантах с оставлением на пасеках в среднем 75 % осины на корню (запас на 1 га 70 м^3) сохранялось подроста 2,3–2,5 тыс. шт/га при рубке всей осины 0,4–0,5 тыс. шт/га. На вырубках, обследованных нами в ряде лесничеств Костромской области с оставленным перестойным деревьями осины, сохранность составила 55–65 % (1,6–2,0 тыс. шт/га) (рис. 1). Микроклиматические условия под пологом крон оставленных деревьев способствуют восстановлению прироста ели уже на 3–4 год, верхушечный прирост в этих местах пасек выше, чем у подроста, растущего на открытых местах вырубок на 26–30 %. Сохранение не менее 1,5 шт/га благонадежного подроста ели на вырубках, при проведении заготовительных работ в таежной зоне лесов является естественным способом лесовосстановления и исключает создание дорогостоящих лесных культур.



Рис. 1. Сохранившийся на вырубке подрост с оставленными на корню деревьями осины. Костромское участковое лесничество, кв. 7, выд. 14. Вырубке 2 года

После рубки деревьев на вырубках массово появляется осиновая корневая поросль, насчитывающая нередко десятки тысяч экземпляров, с возрастом численность поросли резко снижается. В опыте с оставлением и подсушкой осины, на 6 год эксперимента, численность возобновления на пасеках с оставленными деревьями составила 35 % в сравнении с контрольным вариантом, где насчитывалось 14,5 тыс. шт/га порослевин, а в местах с химической подсушкой осины – 22 %. Это привело к снижению запаса древесины в молодняках, трудоемкость проведения коридорного ухода за культурами ели с использованием мотокусторезом в 1,8–2,4 раза здесь была меньше, чем на участках с полной вырубкой осины. Иные-

ми словами, моторист при уходах за культурами ели в молодняках, с оставленными осинами на пасеках или дополнительно подсушенными, способен за 1 смену выполнить работу на 2–3 га вместо 1 га на участках, где деревья были вырублены полностью.

В условиях открытых пространств вырубок оставленные на корню и выставленные на простор деревья, обладающие к тому же внушительными размерами, повреждаются сильными ветрами. Осмотр свежей вырубки площадью 10,3 га, на которой было оставлено 236 осин, показал, что в один из летних дней при порывах ветра, доходящих до 17 м/сек, было вывалено с корнем 35 деревьев (15 %), 9 осин (4 %) были сломаны на различной высоте (рис. 2). При выполнении учетных работ на этом месте осенью дополнительно поврежденных деревьев обнаружено не было. Обследование участков с проводившимися в прошлом условно-сплошными рубками показало, что за прошедший 27 летний период времени число поврежденных деревьев, в том числе осин, составило 18–29 % от оставленных.



Рис. 2. Упавшие деревья, мешающие механизированной обработке почвы, убираются во время работы

К времени рубки березовых и еловых насаждений большая часть осин обладает внушительными разерами, могучей высоко поднятой раскидистой кроной, мощной корневой системой, толстой груботрещиноватой корой нижней части стволов, хорошей их очищаемостью от сучьев, где в местах выпада толстых ветвей и последующего разрушения стволовой древесины образуются углубления и другие явные и скрытые дефекты стволов. Такие особенности реже встречаются у других пород наших лесов, что и привлекает к деревьям осины лесных обитателей. Перестойные деревья осины охотно заселяются насекомыми (осы, шершни), мелкими птицами, белкой, куницей, хорем и пр. Способствует этому деятельность дятлов, которые, по сведениям орнитологов, в крупных перестойных осинах, обладающих мягкой (из-за заселения грибами) древесиной, выдалбливают дупла в 35–60 см глубиной. Для охотничьих организаций важна более или менее постоянная продуктивность лесных угодий. Ученые-охотоведы рекомендуют оставлять часть деревьев на вырубках на корню для повышения мозаичности ландшафта, ярусности, «эффекта опушки» (рис. 3). Оставленные на вырубках деревья и небольшие куртины деревьев, хорошо плодоносят и охотно посещаются различными животными и птицами.

Выставленные на простор крупные деревья постепенно ломаются или вываливаются с корнем, что увеличивает разнообразие мест обитания и оказывает благоприятные условия для существования ряда лесных зверей, птиц и растений.



Рис. 3. Оставленные при лесозаготовке куртины осин с подростом ели под пологом являются оптимальными стациями обитания зайца-беляка

В «Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года» правительство Российской Федерации предусматривает инновационное и эффективное использование, охрану, защиту, в т.ч. и от вредных организмов, и воспроизводство лесов на землях различного целевого назначения. В этой связи проведение лесозаготовок с оставлением на корню перестойной осины в смешанных по составу березняках и ельниках, способствуя экономически эффективному использованию и восстановлению лесного ресурса, выполняет также положительную лесоводственную и природоохранную роль в условиях открытых пространств вырубок.

Литература

1. Обоснование и разработка лесохозяйственных требований при проведении рубок главного пользования с оставлением перестойной осины на корню : отчет НИР/ФГУП КирНИИЛП. – Киров, 2000. – 33 с.

2. Оставление фаутной осины на корню : практические рекомендации / составитель Н. А. Дружинин, Ф. Н. Дружинин, Н. П. Шленкин, Е. Н. Юричев ; Вологодская региональная лаборатория СевНИИЛХ. – Вологда, 2001. – 10 с.

3. Разработать лесоводственно и экономически эффективные способы рубок и лесовосстановления в насаждениях с участием в составе фаутной осины : отчет НИР 6.13.3. / Костромская лесная опытная станция ; руководитель В. А. Дудин. – Кострома, 2003. – 46 с.

4. Подготовка предложений в рекомендации по оставлению осины на корню при рубках спелых и перестойных лесных насаждений для заготовки древесины в подзоне южной тайги : отчет НИР № 13 (заключительный этап) / Филиал ФБУ ВНИИЛМ «Центральноевропейская ЛОС»; руководитель Коренев И. А. – Кострома, 2021. – 32 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ ДЛЯ РАСКРОЯ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

Д.О. Кривошеев, С.А. Угрюмов
Россия, Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет им. С.М. Кирова
г. Санкт-Петербург

Аннотация. Целью исследования является обзор современных способов раскроя лесоматериалов. Рассмотрены современные технологические подходы для продольного раскроя круглых лесоматериалов и их влияние на общую эффективность производственной деятельности предприятий лесопромышленного комплекса.
Ключевые слова: раскрой, оптимизация, эффективность, производительность, древесное сырье, технология.

Annotation. The purpose of the study is to review modern methods of cutting timber. Modern technological approaches for the longitudinal cutting of round timber materials and their impact on the overall efficiency of the production activities of enterprises of the timber industry complex are examined.
Keywords: open, optimization, efficiency, productivity, wood raw materials, technology.

Введение. В настоящее время технологии продольного раскроя лесоматериалов основываются на применении высокопроизводительного оборудования, позволяющего эффективно перерабатывать древесное сырье в соответствии с заданной спецификацией пилопродукции и с минимизацией образующихся отходов. Использование высокопроизводительного лесопильного оборудования, например фрезерно-брусующих линий, экономически оправдано в структуре крупных лесопромышленных предприятий. На большинстве малых и средних предприятий продолжает функционировать малопроизводительное лесопильное оборудование.

Целью исследования является обзор современных способов продольного раскроя лесоматериалов.

Результаты исследования. Для расчета объемного выхода продукции из древесины в зависимости от диаметра обрабатываемого сырья существуют приблизительные значения [1], приведенные в таблице.

Таблица

Средний объемный выход при раскрое в зависимости от диаметра сырья

Диаметр сырья, см	12–16	18–22	24–26	28–40	42–60
Объемный выход пилопродукции высшего сорта, %	40	В среднем 50	Около 50	До 70	Около 60–70

Для оптимизации раскроя древесного сырья и современного подхода в лесной промышленности идет активное внедрение научных методов [2]. Существует несколько основных современных применяемых технологий для расчета раскроя древесных материалов.

Одной из самых распространенных технологий для оптимизации раскроя древесины является использование специализированного программного обеспечения. Данный подход позволяет максимально эффективно использовать объем древесного сырья, минимизируя потери материала и отходы. Данные результаты достигаются путем программного анализа размера и формы каждого бревна индивидуально с дальнейшим предложением оптимальных вариантов раскроя, учитывая заданные параметры сечений для изготовления. Таким образом,

программное обеспечение дает результат в виде увеличения объемного выхода пилопродукции путем сокращения затрат на сырье и увеличения производительности работы оборудования. Ниже приведены основные используемые программные продукты:

- CutList Optimizer – веб-приложение, которое способствует оптимизации раскроя древесины, металла, стекла и других материалов;

- OptiCut – программное обеспечение для оптимального раскроя древесины, предназначенное для столярных и плотницких работ;

- Cutting Optimization Pro – программное обеспечение для оптимизации раскроя древесины;

- Woodwork for Inventor – программное обеспечение, оптимизированное с Autodesk Inventor, специально разработанное для деревообрабатывающих процессов;

- MaxCut – программа для оптимизации раскроя древесины и иные материалы.

Выбор программного обеспечения зависит от требуемой функциональности, бюджета, а также предустановленных программ.

Инновационной технологией, связанной с раскроем древесного материла, являются лазерные системы. При помощи лазерного применения предоставляется фактических разрез ствола, что дает возможность для осуществления оптимального раскроя и получения древесины с заданным сечением. Данный подход устраняет необходимость ручного выполнения раскроя, что дает возможность сокращения времени обработки и увеличения ее точности. Также использование лазерного оборудования позволяет снизить количества отходов и эффективно использовать весь материал.

Принцип работы лазерных систем для раскроя древесных материалов применяется с помощью использования высокоинтенсивного лазерного излучения. Ниже будут приведены основные принципы работы данных систем [3].

- Выбор типа лазера. Для деревообработки чаще всего применяются CO2-лазеры из-за высокой эффективности на длине волны.

- Генерация лазерного излучения. Создается узкий пучок света, который направляется на рабочую поверхность.

- Фокусировка лазерного пучка. Система направляет лазерный луч на обрабатываемых материал, сосредоточив его.

- Обработка материала. Происходит удаление материала из обрабатываемой области лучом.

- Управление лазерным лучом. Система контроля и наблюдения за лазерным лучом включает в себя управление положением луча относительно обрабатываемого материала.

- Контроль параметров. Осуществляется управление мощностью лазерного луча, скоростью резания.

Несмотря на малое применение данных технологий в промышленных масштабах, лазерный раскрой древесных материалов является производительным вариантом для внедрения, он позволяет минимизировать отходы производства и увеличить производительность за счет большего объема изготовления.

Еще одной современной технологией раскроя древесного материала является применение робототехники. Роботизированные системы обеспечивают автоматизацию процесса раскроя, исключая необходимость прямого ручного управлением оборудованием. В связи с этим повышается точность и скорость обработки древесных материалов, что позволяет более эффективно производить технологические операции раскроя.

Применение роботизированных систем осуществляется в совместном использовании различного рода программного обеспечения. Включение робототехники является тенденцией развития деревообработки в России. Данная тенденция обусловлена заинтересованностью производителей в снижении себестоимости продукции, нехваткой квалифицированных

кадров, необходимостью работы в неблагоприятных средах для человека. Также несомненным преимуществом является минимизация человеческого фактора при работе [4].

Заключение. Применение и внедрение современных технологий раскроя древесины позволяет обеспечить более эффективное использование древесного материала, что приводит к снижению количества отходов и повышению экономических показателей деятельности предприятия. Инновационные подходы позволяют снизить издержки производства, увеличить производительность и повысить качество выпускаемой продукции. Благодаря общему развитию технологий и их внедрению в лесопромышленную отрасль, раскрой древесных материалов становится более производительным, упрощенным и эффективным процессом.

Литература

1. Семенов, А. С. Совершенствование процесса формирования размеров пиломатериалов : специальность 05.21.05 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / А. С. Семенов. – Архангельск : САФУ, 2004. – 19 с.

2. Черных, А. С. Моделирование и оптимизация технологических структур лесопиления / А. С. Черных // Лесотехнический журнал. – 2011. – № 4 (4). – С. 63–67.

3. Патент 2516155 C2 РФ, МПК B23K 26/38. Система для лазерной резки детали лазерным лучом с переменной скоростью резания : № 2011109768/02 : заявл. 09.09.2009 : опубл. 20.05.2014, бюл. № 14 / Б. Бойтлер ; заявитель и патентообладатель БИ-СТРОНИК ЛАЗЕР АГ. – 27 с.

4. Ченушкина, С. В. Цифровая трансформация лесного хозяйства: технологии и распределенные реестры лесотранспортной инфраструктуры / С. В. Ченушкина, И. Н. Кручинин // Системы. Методы. Технологии. – 2022. – № 4 (56). – С. 132–137.

ОЦЕНКА ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕЛЬНОЙ И КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ

А.А. Линченко, Е.А. Санжара, А.Б. Сомов
Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова
г. Санкт-Петербург

Аннотация. В статье представлено исследование влияния наличия клеевого слоя на плотность теплового потока в древесине. По результатам исследования показали, что цельная древесина лучше по теплоудерживающей способности в первом случае на 7 %, а во втором на 1,5 %. Из чего можно предположить, что клеевой слой оказывает негативное влияние на плотность теплового потока и соответственно теплопроводности ограждающей конструкции.
Ключевые слова: плотность теплового потока, теплопроводность, клееные деревянные конструкции.

Annotation. This paper presents a study of the effect of glue layer on the heat flux density in wood under the same conditions. The results of the study show that solid wood is better in terms of heat retention capacity in the first case by 7 per cent and in the second case by 1.5 per cent. From which we can assume that the adhesive layer has a negative effect on the heat flux density and, accordingly, the thermal conductivity of the enclosing structure.
Keywords: heat flux density, thermal conductivity, glued wooden structures.

При выборе материала для производства ограждающей конструкции для деревянных домов из цельной древесины выбор может быть между двумя принципиально разными материалами. Это брусовой дом из цельной древесины заводского исполнения и такой же дом из

клееной древесины. Выбор конкретного типа дома обусловлен многими факторами, в том числе и тепловыми характеристиками в процессе эксплуатации. При этом сравнение потерь тепла при одинаковых условиях у цельной и клееной древесины с ее одинаковой плотностью мало изучено.

Исследование проводили с помощью измерителя плотности теплового потока. Плотность теплового потока – это вектор, любая компонента которого численно равна количеству теплоты, передаваемой в единицу времени через единицу площади, перпендикулярной к направлению взятой компоненты. Коэффициент теплопроводности – характеристика, равная количеству теплоты, проходящему через изометрическую поверхность материала единичной площади за единицу времени при единичной разнице температур. Единица измерения Вт/(м·К).

При распиловке бревна получают различные направления годичных слоев относительно пластей. Пиломатериалы тангенциальной, радиальной, смешанной и других (рис. 1) видов распиловки, каждый из которых обладает своими особенными свойствами [1]. Проходимость тепла в каждом из разрезов будет различна, что представляет интерес для изучения.

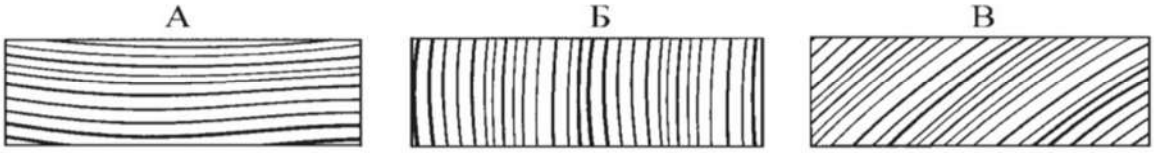


Рис. 1. Расположение годичных слоев в пилопродукции различной распиловки на поперечном разрезе
А – тангенциальный, Б – радиальный, В – смешанный

Для исследования были взяты пиломатериалы радиального направления волокон и аналогичные клееные образцы.

Цель работы: исследование влияния наличия клеевого слоя в древесине с радиальным расположением волокон на плотность теплового потока.

Задачи работы:

- определить значения плотности теплового потока в клееной и цельной древесине с радиальным расположением волокон.

- произвести анализ полученных результатов с построением графической зависимости.

Приборы и материалы:

1. Измеритель плотности тепловых потоков и температуры 3-канальный ИТП-МГ4.03/3 (1) «Поток».

2. Склеенные бруски с габаритными размерами 40 х 40 х 60 мм.

3. Электрический камин № 2 – ГОСТ 308-69.

4. Автотрансформатор РНО-250-2.

5. Приборы для измерения:

а) вольтметр Э8025;

б) амперметр Э8021.

6. Короб из ЛДСтП с внутренними размерами 595 х 260 х 370 мм.

Материалы оценивались по показателю плотности тепловых потоков с использованием прибора ИТП-МГ4.03/Х(У).

Полученные значения были обработаны по стандартной методике, а результаты сведены в гистограмму, представленную на рисунке 2.

Из графика видно, что радиальное направление волокон у цельной древесины обладает лучшими показателями плотности теплового потока, чем у клееной древесины с радиально склеенными ламелями. По средним значениям 76,255 Вт/м^2 у радиального и 81,773 Вт/м^2 у

склеенного РРР для диапазона плотности 500–550 кг/м^3, а также 80,433 Вт/м^2 у радиального и 81,503 Вт/м^2 у склеенного РРР для диапазона плотности 550–600 кг/м^3 разница между образцами по диапазону 500–550 кг/м3 составила порядка 7 %, а в диапазоне 550–600 кг/м^3 – порядка 1,5 %.

Проведенные исследования представляют интерес к дальнейшим исследованиям на образцах различной породы и плотности для оценки реальных тепловых свойств древесины с учетом особенностей строения, а также оценки влияния клеевого слоя на тепловые характеристики при всем диапазоне плотности древесины, подлежащей склеиванию.

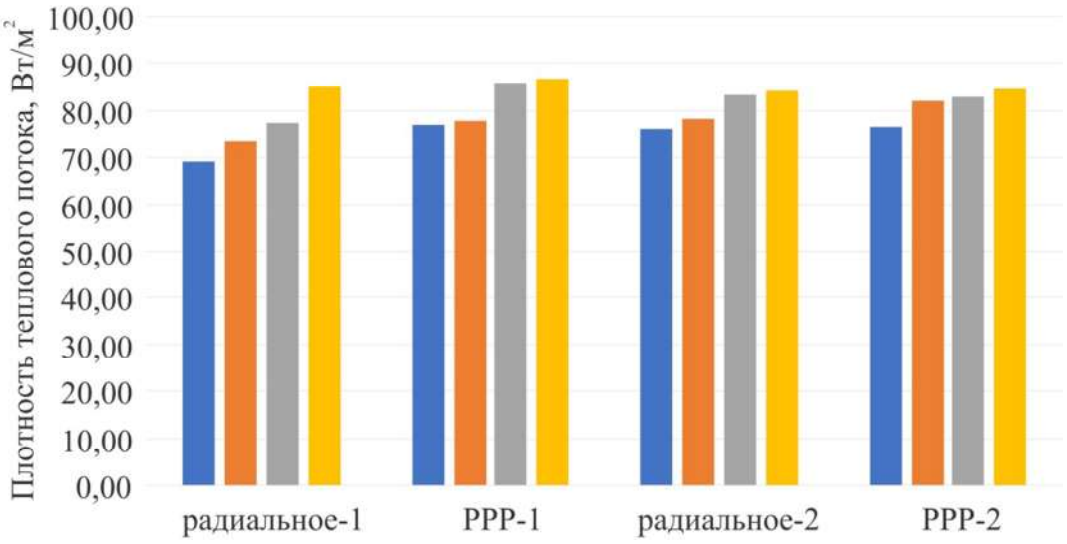


Рис. 2. Плотность теплового потока в разных образцах:
радиальное – отображение параметров для цельной древесины;
РРР – отображение параметров для клееной древесины;
1 – для диапазона плотности древесины 500÷550 кг/м^3;
2 – для диапазона плотности древесины 550÷600 кг/м^3

Литература

1. Федяев, А. А. Неразрушающие методы контроля свойств продукции из древесины / А. А. Федяев, А. Н. Чубинский. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2022. – 118 с.

2. Полубояринов, О. И. Плотность древесины / О. И. Полубояринов. – Москва : Лесная промышленность, 1976. –160 с.

3. Дорохин, М. В. Изменение коэффициента теплопроводности методом стационарного теплового потока / М. В. Дорохин, А. В. Здоровейщев, Ю. М. Кузнецов. – Нижний Новгород, 2019. – 45 с.

4. Коротких, А. Г. Теплопроводность материалов / А. Г. Коротких. – Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2011. – 97 с.

5. ГОСТ 25380-82. Здания и сооружения. Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции. – URL: https://docs.cntd.ru/document/901707389 (дата обращения: 29.11.2023). – Текст : электронный.

ИЗМЕНЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ В ТЕЧЕНИЕ ВРЕМЕНИ ПРОГРЕВА

А.А. Линченко, А.Б. Сомов, Е.А. Санжара
Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова
г. Санкт-Петербург

Аннотация. В работе представлена зависимость теплопроводности древесины от времени прогрева при стабильном и постоянном значении температур внутренней и наружной стенок, разница между которыми составляла около 31,6 °С, теплопроводность древесины увеличивается, и разница между значениями составила порядка 5 %, что говорит о необходимости исследования времени прогрева для изучения тепловых свойств древесины.
Ключевые слова: время прогрева, плотность теплового потока, теплопроводность.

Annotation. This paper presents the dependence of the thermal conductivity of wood on the heating time, at a stable and constant value of the temperatures of the inner and outer wall, the difference between which was about 31.6 °C, the thermal conductivity of wood increases, and the difference between the values was about 5 %, which indicates the importance of the study of heating time to study the thermal properties of wood.
Keywords: heating time, heat flux density, thermal conductivity.

Теплопроводность древесины зависит от различных факторов, таких как плотность, наличие пороков и дефектов, направления волокон, места выпиловки древесины из ствола дерева и др. [1]. В зависимости от наличия этих факторов тепловые свойства древесины в рамках одной породы могут сильно изменяться. Изменение тепловых свойств древесины может повлечь за собой использование материала, не подходящего под те или иные климатические условия, что приведет к увеличению отопления для деревянных домов. Обоснование и изучение тепловых свойств в древесине поможет обеспечить необходимую и эффективную тепловую защиту зданий и сооружений из древесины.

В зависимости от времени прогрева, в течение которого поддерживается одинаковая температура между наружным и внутренним воздухом, потери тепловой энергии могут быть различны.

Для оценки максимальных потерь необходимо определять время прогрева древесины, когда она начинает передавать равномерное количество теплоты при постоянной разнице температур. Для оценки количества передаваемой теплоты использовался показатель плотности теплового потока. Плотность теплового потока – это вектор, любая компонента которого численно равна количеству теплоты, передаваемой в единицу времени через единицу площади, перпендикулярной к направлению взятой компоненты. Тепловой поток – количество теплоты, переданное через изотермическую поверхность в единицу времени.

Метод исследования плотности теплового потока заключается в измерении плотности теплового потока, проходящего через образец в течение времени в одной точке при одинаковых условиях.

Для исследования был изготовлен закрытый утепленный короб, в который поместили нагревательный элемент для поддержания постоянной температуры, заготовка крепится в отверстие в стенке короба, и измерения считываются датчиками внутри и снаружи заготовки. Измерения оценивали по показателю плотности тепловых потоков с использованием прибора ИТП-МГ4.03/Х(У). Измерения считывались 20 часов с момента прогрева. Для эксперимента был взяты образцы с радиальным направлением волокон с плотностью 500 кг/ $м^2$ и размерами 40х40х60.

На рисунке 1 представлен график изменения плотности теплового потока в зависимости от времени. Ось абсцисс представляет изменение время, а на оси ординат представлены: q_1 – плотность теплового потока, Вт/м^2; $t_н$ и $t_в$ – температура наружной и внутренней стенки образца соответственно, °С. Из графика видно, что при одинаковой разнице температур плотность теплового потока постепенно увеличивается.

На графике (рис. 1) наблюдается постепенный и равномерный прогрев древесины на протяжении 2 часов. При стабильном и постоянном значении температур внутренней и наружной стенки, разница между которыми составляла около 31,6 °С, плотность теплового потока постоянно увеличивается.

Измерив образцы, получили значения плотности теплового потока в разный период времени прогрева, после чего значение плотности теплового потока было переведено в теплопроводность по стандартной методике, для каждого образца составлена таблица с результатами исследования, пример которой представлен в таблице, графическое отображение представлено на рисунке 2.

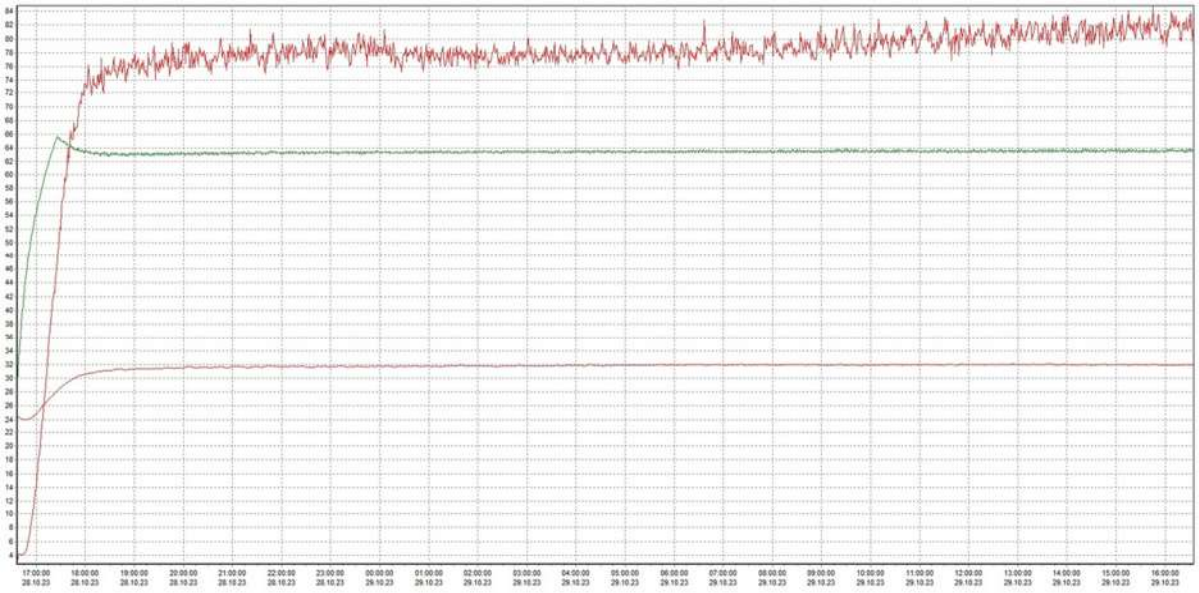


Рис. 1. График изменения плотности теплового потока в зависимости от времени

Таблица

Результаты исследования

Время прогрева, час.	Плотность теплового потока, Вт/м^2	Температура внутренняя, °С	Температура наружная, °С	Разница температур, °С	Толщина образца, мм	Теплопроводность, Вт/м*К
1	77,43898	63,18	31,59	31,59	40	0,098061
2	77,88475	63,28	31,68	31,59	40	0,098615
3	78,34576	63,31	31,69	31,62	40	0,099103
4	78,59831	63,34	31,71	31,63	40	0,099406
5	77,77288	63,36	31,74	31,62	40	0,098399
6	77,54068	63,38	31,79	31,60	40	0,098158
7	77,51695	63,43	31,79	31,63	40	0,098023
8	77,65932	63,42	31,83	31,60	40	0,098308

Окончание таблицы

Время прогрева, час.	Плотность теплового потока, Вт/м^2	Температура внутренняя, °С	Температура наружная, °С	Разница температур, °С	Толщина образца, мм	Теплопроводность, Вт/м*К
9	77,85085	63,45	31,88	31,57	40	0,098630
10	78,02881	63,45	31,92	31,53	40	0,098978
11	78,17797	63,48	31,96	31,51	40	0,099231
12	78,38983	63,47	31,96	31,52	40	0,099494
13	78,71695	63,49	31,97	31,53	40	0,099872
14	79,18136	63,55	31,92	31,63	40	0,100133
15	79,69492	63,53	31,95	31,58	40	0,100939
16	80,12373	63,50	31,98	31,53	40	0,101657
17	80,39492	63,54	32,00	31,54	40	0,101963
18	80,98305	63,57	32,00	31,57	40	0,102598
19	80,93051	63,57	31,96	31,61	40	0,102400
20	81,48983	63,56	31,96	31,60	40	0,103157

Разница между теплопроводностью в начале исследования и по окончании составила порядка 4,94 %. Древесина вследствие анизотропного строения имеет разную теплопроводность в течение времени прогрева. Это говорит нам о том, что при проведении исследований нужно обращать внимание на каком часу исследования будут взяты результаты, для более точного построения зависимости.

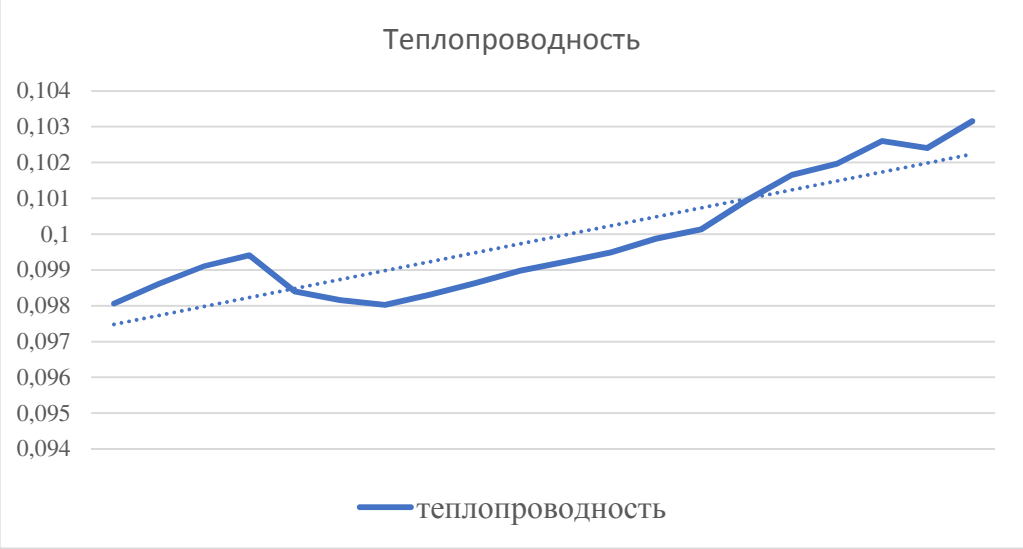


Рис. 2. Изменение теплопроводности в течение времени

По графику наглядно видно, что теплопроводность древесины в течение времени увеличивается при одинаковой разнице температур, носит линейных характер, это говорит о том, что время прогрева древесины также является фактором, влияющим на измерения плотности теплового потока.

Учитывая тот факт, что древесина является анизотропным материалом, интерес представляют исследования на образцах разной породы и плотности для оценки реальных тепло-

вых свойств древесины с учетом особенностей строения. Представленные сведения показывают актуальность проведения дальнейших исследований в области оценки тепловых свойств древесины.

Литература

1. Федяев, А. А. Неразрушающие методы контроля свойств продукции из древесины / А. А. Федяев, А. Н. Чубинский. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2022. – 118 с.

2. Полубояринов, О. И. Плотность древесины / О. И. Полубояринов. – Москва : Лесная промышленность, 1976. –160 с.

3. Дорохин, М. В. Изменение коэффициента теплопроводности методом стационарного теплового потока / М. В. Дорохин, А. В. Здоровейщев, Ю. М. Кузнецов. – Нижний Новгород, 2019. – 45 с.

4. Коротких, А. Г. Теплопроводность материалов / А. Г. Коротких. – Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2011. – 97 с.

5. ГОСТ 25380-82. Здания и сооружения. Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции. – URL: https://docs.cntd.ru/document/901707389 (дата обращения: 29.11.2023). – Текст : электронный.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОПРИВОДА ПОДАЧИ ЦЕПНОГО ПИЛЬНОГО АППАРАТА

А.В. Макаренко, Р.М. Петрашкин
Россия, Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана
г. Мытищи

Аннотация. Составлена модель работы гидропривода механизма подачи пильного аппарата в виде уравнения динамики баланса сил для гидроцилиндра. Представлена кинематическая схема для расчета основных параметров поворота пильного аппарата в процессе пиления круглых лесоматериалов. Разработана программа моделирования работы гидропривода механизма подачи в программной среде блочного моделирования Matlab Simulink и выполнены тестовые и рабочие эксперименты. Представлены результаты моделирования в виде графиков параметров работы гидроцилиндра надвигания: перемещения, скорости и ускорения поршня, давления в поршневой и штоковой полостях в зависимости от текущего времени.
Ключевые слова: гидропривод, цепной пильный аппарат, моделирование, круглый лесоматериал, гидроцилиндр.

Annotation. The model of operation of the hydraulic drive of the feeding mechanism of the saw machine in the form of the dynamics equation of forces balance for the hydraulic cylinder is compiled. The kinematic scheme is presented for calculating the main parameters of the rotation of the saw machine during the sawing of round timber. A program for modeling the operation of the hydraulic drive of the feed mechanism in the Matlab Simulink block modeling software environment has been developed and test and working experiments have been performed. The simulation results are presented in the form of graphs of the parameters of the thrust hydraulic cylinder: displacement, speed and acceleration of the piston, pressure in the piston and rod cavities depending on the current time.
Keywords: hydraulic drive, chain saw machine cutting, simulation, round timber, hydraulic cylinder.

Для выполнения операции пиления круглых лесоматериалов на лесозаготовительных работах широко применяются цепные пильные аппараты с объемным гидроприводом. Цепными пилами оснащаются харвестерные и процессорные головки, захватно-срезающие устройства валочно-пакетирующих и валочно-трелевочных машин. Гидропривод пильного аппарата обычно включает гидроцилиндр механизма надвигания и аксиально-поршневой гидромотор вращения ведущей звездочки с управляющей и регулирующей аппаратурой, которые входят в состав общей системы гидропривода технологического оборудования. В статье рассматривается моделирование автономной работы гидропривода механизма надвигания пильного аппарата, схема которого представлена на рисунке 1.

Динамическая модель работы гидроцилиндра механизма надвигания пильного аппарата во время пиления лесоматериала выражается балансом сил на поршне гидроцилиндра согласно второму закону Ньютона:

$$m \cdot a = S_A \cdot p_A - S_B \cdot p_B - b \cdot v - Pg\left(Po(H), h, hg\right),$$

где m – масса перемещаемого груза, включающая поступательно движущиеся части гидроцилиндра и механизма надвигания; a – ускорение поршня; S_A – площадь поршня; p_A –давление в поршневой полости; S_B – площадь поршня в щтоковой полости; p_B – давление в штоковой полости; b – коэффициент вязкого трения в гидроцилиндре; $Pg(Po(H), h, hg)$ – усилие на штоке гидроцилиндра для поворота пильного аппарата, зависящее от переменных величин: силы отжима Po, в зависимости высоты пропила H, плеча действия силы надвигания пильного аппарата h, плеча действия гидроцилиндра hg.

С учетом того, что ускорение и скорость поршня являются второй и первой производной по времени от перемещения поршня x, то предыдущее уравнение можно переписать следующим образом:

$$m \cdot \ddot{x} = S_A \cdot p_A - S_B \cdot p_B - b \cdot \dot{x} - Pg\left(Po(H), h, hg\right).$$

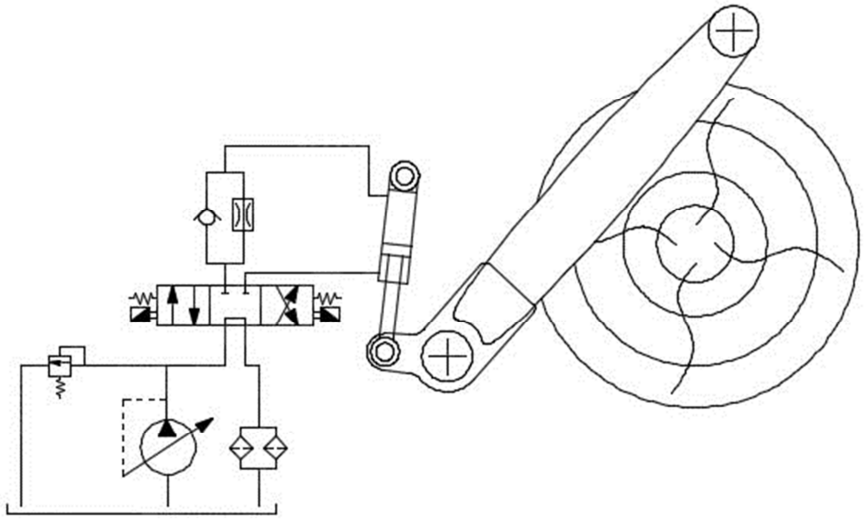


Рис. 1. Гидропривод механизма надвигания цепного пильного аппарата

Определение величин Po, H, h, hg и усилия на гидроцилиндре Pg в зависимости от выдвижения штока x производится на основании кинематической схемы пильного аппарата, представленной на рисунке 2.

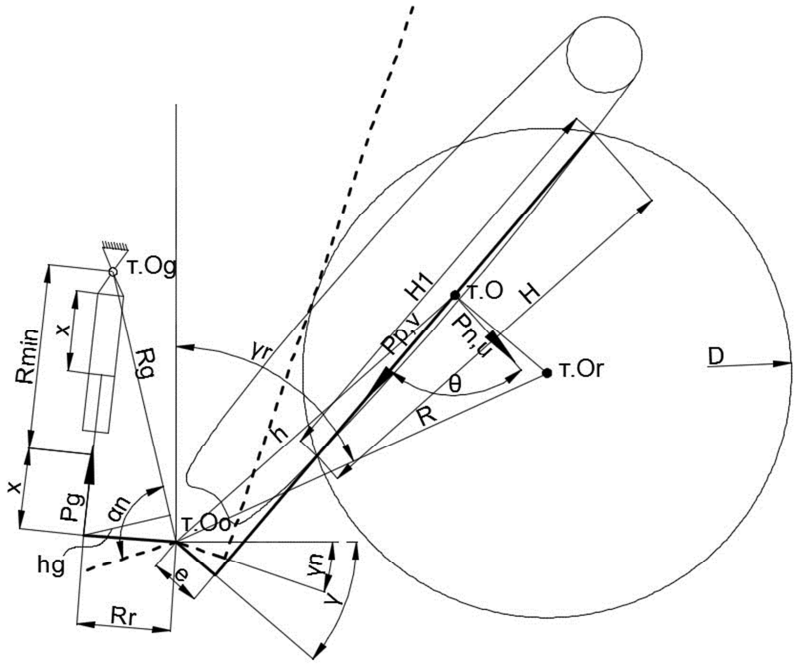


Рис. 2. Кинематическая схема цепного пильного аппрата

Усилие на гидроцилиндре *Pg* находится из уравнения динамики вращательного движения пильного аппарата, которое имеет вид:

$$Pg \cdot hg \cdot cos(\alpha g) = Po(H) \cdot h + J \cdot \ddot{\gamma},$$

где *J* – момент инерции пильного аппарата; γ – текущий угол поворота пильного аппарата; *αg* – угол между векторами *Pg* и *Rg*.

Сила подачи *Po* определяется на основании степени затупления пильных зубьев и значения силы резания по формуле [1]:

$$Po = \alpha \cdot Pp = \alpha \cdot kbH \frac{u}{V},$$

где α – коэффициент подачи, зависящий от степени затупления зубьев; *k* – удельная сила пиления; *b* – ширина пропила; *H* – высота пропила; *u* – скорость подачи; *V* – скорость пиления.

Высота пропила *H* в зависимости текущего значения угла поворота пильного аппарата γ находится по кинематической схеме (рис. 2) с использованием методики рачета, предложенной Б.Г. Залегаллером [2]. Высота пропила определяется по формуле:

$$H = 2\sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \overline{OOr}^2} \cdot \sin\theta = 2\sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \overline{OOr}^2} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{e}{h}\right)^2},$$

где *D* – диаметр круглого сечения лесоматериала; *OOr* – расстояние между точками *O* и *Or*; *θ* – кинематический угол встречи; *e* – половина толщины пильной шины; *h* – расстояние между точками *O* и *Oo*, являющееся средним плечом силы отжима.

Расстояние между точками *O* и *Or* определяется из выражения:

$$\overline{OOr} = R \cdot sin(\gamma r - \gamma) - e,$$

где *γr* – угол, указанный на рисунке 2.

Плечо силы отжима находится по формуле:

$$h = \sqrt{\left(R \cdot sin(\gamma r) - \overline{OOr} \cdot cos(\gamma)\right)^2 + \left(R \cdot cos(\gamma r) - \overline{OOr} \cdot sin(\gamma)\right)^2} .$$

Величина *hg* в зависимости от величины выдвижения штока *x*определяется по формуле:

$$hg = (R\,min + x) \cdot sin(\alpha g),$$

где *Rmin* – минимальная длина гидроцилиндра с втянутым штоком.

Перед определением угла *αg* найдем текущий угол *α* между векторами *Rg* и *Rr* по формуле:

$$\alpha = arccos\left(\frac{Rg^2 + Rr^2 - (R\,min + x)^2}{2Rg \cdot Rr}\right),$$

где *Rg* – расстояние от точки вращения пильного аппарата до точки подвеса гидроцилиндра; *Rr* – длина кронштейна поворота пильного аппарата.

Угол *αg*находится из формулы:

$$\alpha g = arcsin\left(\frac{Rr \cdot sin(\alpha)}{R\,min + x}\right).$$

Текущий угол поворота пильного аппарата *γ* связан с углом *α* выражением:

$$\gamma = \alpha n + \gamma n - \alpha,$$

где *αn* – начальный угол между векторами *Rg* и *Rr*.

Давления p_A и p_B в полостях гидроцилиндра, входящие в основную формулу динамической модели, определяются из уравнений:

$$\dot{p}_A = \frac{E}{V_A}(Q_A - S_A \cdot \dot{x})$$
$$\dot{p}_B = \frac{E}{V_B}(Q_B - S_B \cdot \dot{x}),$$

где *E* – объемный модуль упругости рабочей жидкости; V_A и V_B – объем поршневой и штоковой полостей; Q_A и Q_B – подача жидкости в поршневую и штоковую полости.

Моделирование работы гидропривода механизма надвигания пильного аппарата было выполнено в программе блочного программирования Matlab Simulink [3, 4, 5]. Модель программы представлена на рисунке 3.

В результате моделирования по разработанной программе были получены графики перемещения, скорости и ускорения поршня гидроцилиндра (рис. 4), давления в поршневой и штоковой полостях и усилия на гидроцилиндре (рис. 5).

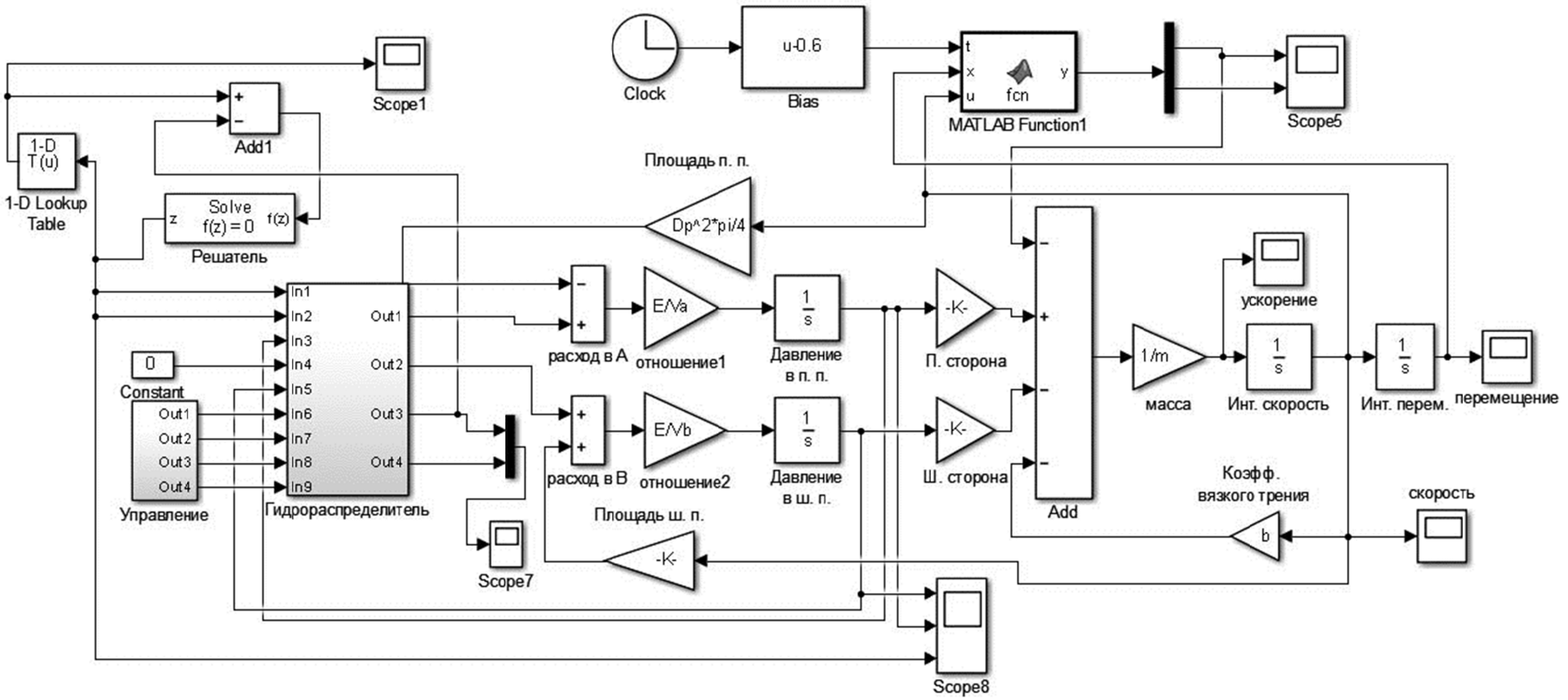


Рис. 3. *Модель гидропривода механизма надвигания в среде Matlab Simulink*

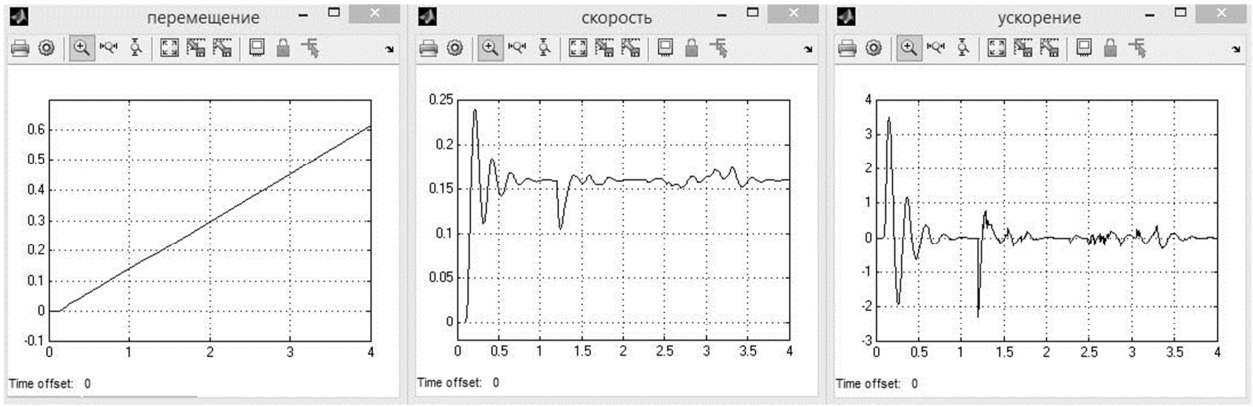


Рис. 4. Графики перемещения, скорости и ускорения поршня гидроцилиндра

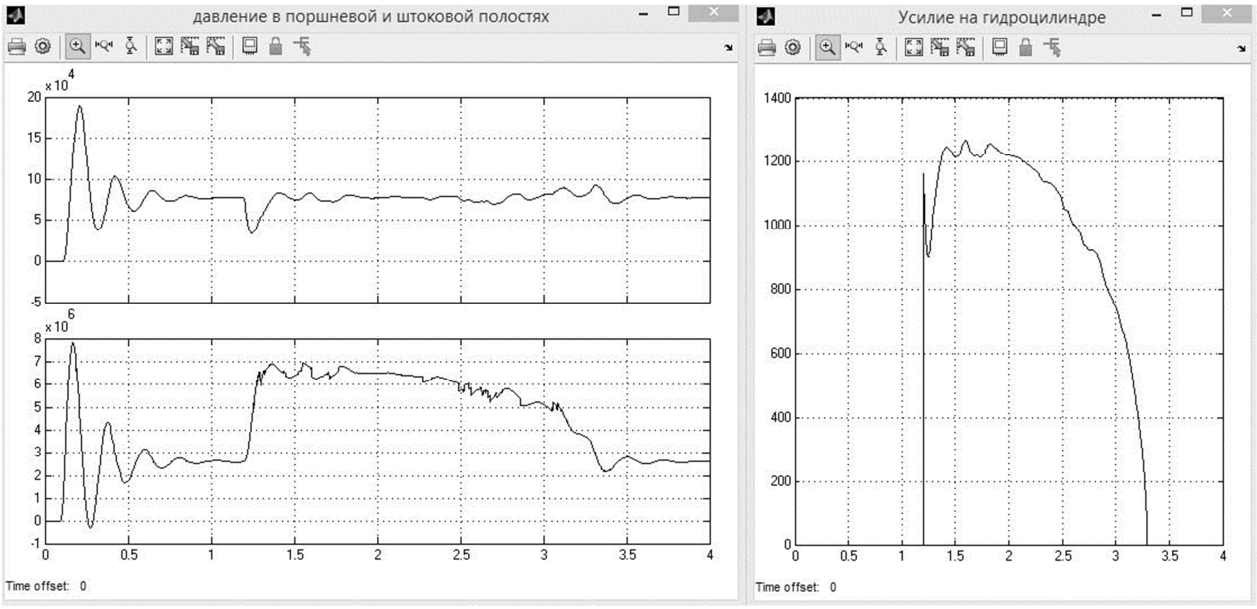


Рис. 5. Графики давления в поршневой и штоковой полостях гидроцилиндра и усилия на штоке

Из графиков хорошо виден неустойчивый процесс работы гидропривода в начальный момент работы и характер изменения исследуемых параметров в процессе пиления.

Литература

1. Шелгунов, Ю. В. Технология и оборудование лесопромышленных предприятий / Ю. В. Шелгунов, Г. Б. Катуков, Н. И. Лебедев. – Москва : Издательство МГУЛ, 2000. – 589 с.

2. Залегаллер, Б. Г. Расчет пильных механизмов раскряжевочных установок / Б. Г. Залегаллер. – Ленинград : Издательство Ленинградского университета, 1974. – 180 с.

3. Андреев, М. А. Математическое моделирование гидропривода : учебное пособие / М. А. Андреев. – 2017. – 61 с.

4. Руппель, А. А. Моделирование гидравлических систем в MATLAB : учебное пособие / А. А. Руппель, А. А. Сагандыков, М. С. Корытов. – Омск : СибАДИ, 2009. – 172 с.

5. Голубева, Л. Л. Компьютерная математика. Пакет имитационного моделирования Simulink : лабораторный практикум / Л. Л. Голубева, А. Э. Малевич, Н. Л. Щеглова. – Минск : БГУ, 2010. – 151 с.

ПРЕДПОСЫЛКИ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В РЯДАХ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР

С.В. Малюков, Е.В. Поздняков, М.А. Малюкова, А.А. Аксенов
Россия, Воронежский государственный
лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова
г. Воронеж

Аннотация. Автоматизация обработки почвы в рядах лесных насаждений является более сложной задачей, по сравнению с аналогичными операциями в садах и виноградниках, из-за большего разнообразия почвенно-растительных условий. Поэтому для решения этой задачи требуется проведение комплекса исследований по вопросам технологии проведения работ, автоматического управления, качества обработки почвы рабочими органами. Цель настоящей работы: выявить технологические основы автоматизации обработки почвы в рядах лесных насаждений.
Ключевые слова: лесные насаждения, обработка почвы, ротационные рабочие органы, автоматические управляющие устройства, культиватор.

Annotation. Automation of soil tillage in rows of forest plantations is a more complex task, compared to similar operations in orchards and vineyards, because of the greater diversity of soil and vegetation conditions. Therefore, to solve this problem requires a set of studies on the technology of work, automatic control, quality of soil tillage by working bodies. The purpose of the present work: to reveal technological bases of automation of soil tillage in rows of forest plantations.
Keywords: forest plantations, tillage, rotary working tools, automatic control devices, cultivator.

Введение. Для ухода в рядах лесных насаждений, позволяющих вести обработку способом седлания машинно-тракторным агрегатом рядка растений, в настоящее время применяются ротационные рабочие органы пассивного действия. Они представляют собой свободно вращающиеся роторы, ось которых расположена под некоторым углом к поверхности почвы. При движении агрегата над рядком рабочие элементы ротора заглубляются в почву и, совершая движение под действием силы тяги, приложенной к оси вращения, и сил реакции почвы, разрыхляют почву и уничтожают сорняки. Рабочие органы орудий отличаются главным образом конструкцией рабочих элементов ротора (лопасти, каркасно-проволочные, игольчатые диски и др.). В основе работы этих ротационных рабочих органов лежит принцип, в соответствии с которым обрабатываемые растения должны находиться в зоне наименьшего воздействия рабочих элементов, а физико-механические свойства сорняков должны быть такими, чтобы воздействие рабочих элементов и деформация почвы рабочими органами приводили к их гибели [1, 2].

Материалы и методы исследования. Один из вариантов орудий с ротационными рабочими органами – культиватор КРЛ-1, представленный на рисунке 1. Пассивные ротационные рабочие органы имеют два больших достоинства: простота конструкции и большая производительность (рабочая скорость агрегата – 2,2–2,8 м/с). Но принципы, на которых основана работа пассивных ротационных рабочих органов, ограничивают их применение. С увеличением возраста культур, вследствие уменьшения гибкости стволика, затруднения точного направления движения агрегата, увеличения вероятности торцевой встречи рабочего элемента со стволиком, происходит увеличение повреждений, наносимых рабочими органами [3, 4].



Рис. 1. Культиватор ротационный лесной КРЛ-1А

Уничтожение сорной растительности пассивными ротационными органами зависит от степени ее укоренения, при этом однолетние сорняки уничтожаются удовлетворительно, а многолетние – неудовлетворительно. С увеличением возраста насаждений доля многолетних сорняков увеличивается, так как лесные насаждения создаются, как правило, по системе черного пара с глубокой вспашкой, и в первые годы в лесных насаждениях многолетних сорняков меньше, чем в последующие. Таким образом, с ростом насаждений эффективность применения ротационных рабочих органов снижается. Кроме того, по агротехническим требованиям данные орудия предназначаются для работы способом «седлания» рядка растений машинно-тракторным агрегатом, что связано с необходимостью его точного вождения по рядкам растений и парной работы двух крыльчаток для увеличения деформации почвы. Способ обработки также ограничивает предельную высоту насаждений, в которых применяются орудия с пассивными ротационными рабочими органами. Эта предельная высота будет различной для разных культур. Культиватор КРЛ-1 без повреждения саженцев трактором может работать в рядах белой акации высотой до 70 см, в тополе канадском – высотой до 150 см.

Для устранения повреждений от рамы трактора или культиватора, что имеет место при «седлании» рядка, предлагается использовать пассивные ротационные рабочие органы для обработки почвы в рядах лесных насаждений путем их подсоединения по краям культиватора для междурядной обработки или путем подсоединения к арке, закрепленной сбоку на раме трактора.

Однако какие-либо убедительные материалы в пользу такого решения вопроса обработки почвы в рядах насаждений высотой более 1 м отсутствуют.

Данные о работе лесных ротационных культиваторов показывают необходимость создания орудия для обработки почвы в рядах лесных насаждений с ориентировочной высотой начиная с 1 м, основанного на обходе растений рабочими органами. Известные устройства для управления обходом растений рабочими органами (здесь ручное управление исключается) можно разделить на две группы:

1) рычажно-пружинные управляющие устройства: рабочие органы с этими устройствами обходят растения за счет вызываемого сопротивлением растения перераспределения сил, действующих на рабочий орган;

2) автоматические управляющие устройства: рабочие органы с этими устройствами обходят растения за счет вызываемого механизмами этого устройства перераспределения сил, действующих на рабочий орган.

В то же время орудия с рычажно-пружинными управляющими устройствами могут применяться лишь при однородных почвенных условиях, одинаковой засоренности и прямолинейных посадках.

Перечисленные факторы существенно влияют на относительное движение рабочего органа, и изменение хотя бы одного из них всякий раз требует перенастройки управляющего устройства, что в производственных условиях осуществить крайне затруднительно.

В настоящее время серийно выпускаются следующие орудия с автоматическим управлением выдвижными рабочими органами: полольник автоматический гидравлический РА-1, полольник гидравлический боковой РН-35/В, автоматический полольник LUCY для межствольной обработки, садовая фреза горизонтальная FPS 92 для приствольной обработки.

Полольник РА-1 (рис. 2) навешивается либо на переднюю, либо на заднюю навеску трактора. Привод осуществляется от его гидравлической системы. Рабочий орган способен смещаться вбок на расстояние до 40 см при помощи гидравлики. Для предохранения саженцев от повреждения рабочий орган оснащен защитным кожухом и щупом.



Рис. 2. Полольник автоматический гидравлический РА-1

Полольник гидравлический боковой РН-35/В применяется при обработке молодых садов, виноградников и т.п. С его помощью можно удалять сорняки и рыхлить почву. Рабочий орган полольника имеет дополнительный кожух, который препятствует повреждению растений. Устройство крепится на навеску трактора. Привод осуществляется от его гидравлической системы. Полольник LUCY позволяет использовать различные головки, оснащенные «пружинами» или «ножами». Садовая фреза FPS 92 предназначена для обработки приствольных полос в посадках плодовых деревьев и ягодниках. Она приводится в движение от ВОМ трактора. Отличительной особенностью фрезы является увеличенный боковой сдвиг, высокая скорость работы, возможность замены горизонтальной почвенной фрезы (ножей) на диски [5].

Условия работы в части твердости и засоренности почвы в лесных насаждениях являются более тяжелыми вследствие планируемого сокращения количества обработок по мере роста растений.

В садоводстве для различных почвенно-растительных условий рекомендуются [6] применять орудия, отличающиеся типом рабочего органа. В лесном хозяйстве также целесообразно ориентироваться на различные типы орудий. Тяжелые почвенные условия, в свою очередь, повышают требования к энергетике привода выдвижных рабочих органов, к крошению почвы и вычесыванию сорняков рабочими органами [7, 8].

Стволики растений в лесных насаждениях имеют меньшую жесткость, чем та, на которую рассчитаны выпускаемые орудия.

Садовые орудия также работают в насаждениях, имеющих диаметры стволиков не менее 20 мм на высоте 400 мм от поверхности почвы.

В лесных насаждениях затруднено вождение машинно-тракторного агрегата относительно рядка растений из-за меньшей прямолинейности рядков и наличия раскидистых, низ-

ко опущенных крон. В садах всегда формируется определенной высоты штамб, а большие расстояния между растениями в ряду позволяют осуществлять направленный подход агрегата к каждому растению. На виноградниках агротребованиями оговорено, что отклонение ширины междурядий от заданной величины и отклонение отдельных растений от оси ряда не должны превышать +10 см, а ширина кустов на высоте 40–60 см от поверхности почвы не должна превышать 60 см. Посадки в лесных насаждениях не соответствуют этим требованиям.

Выводы. Работа в лесных насаждениях предъявляет свои требования к компоновке орудий. Наиболее распространенная ширина междурядий лесных насаждений – 3 и 4 м, виноградниковые орудия рассчитаны на работу с междурядьями 2 и 2,5 м, а садовые – не менее 4,5 м.

Несмотря на широкое применение орудий с автоматическим управлением выдвижными рабочими органами в сельскохозяйственном производстве, для обработки почвы в лесных насаждениях эти орудия распространение не получили. Такое положение объясняется тем, что в параметрах и конструктивной компоновке выпускаемых орудий с выдвижными рабочими органами не учтены требования для работы в лесных насаждениях, при этом исследования по автоматизации обработки почвы в рядах лесных насаждений, которые явились бы основой для конструкторской разработки орудий, отсутствуют.

Литература

1. Бартенев, И. М. Совершенствование технологий и средств механизации лесовосстановления : монография / И. М. Бартенев, М. В. Драпалюк, В. И. Казаков. – Москва : ФЛИНТА : Наука, 2013. – 208 с.

2. Григорьев, И. В. Технология и машины лесовосстановительных работ : учебник / И. В. Григорьев, О. И. Григорьева, А. И. Никифорова. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 272 с.

3. Семин, А. Ф. Применение пассивных ротационных рабочих органов для обработки почвы в рядах молодых лесонасаждений / А. Ф. Семин, Ю. А. Мясников, И. В. Бондаренко // Лесное хозяйство. – 1966. – № 5.

4. Котов, А. А. Лесной культиватор / А. А. Котов // Большая российская энциклопедия: научно-образовательный портал. – 2022. – URL: https://znaniya.org /c/lesnoi-kul-tivator-51dcc5/?v=5271995 (дата обращения: 19.11.2023). – Текст : электронный.

5. Агросервер : сайт. – URL: agroserver.ru (дата обращения: 19.11.2023). – Текст : электронный.

6. Комаров, Л. И. Машины для обработки почвы / Л. И. Комаров, В. И. Белова, Н. И. Герасимов // Садоводство. – 1969. – № 4.

7. Бобринев, В. П. Рекомендации по созданию лесных полос в юго-восточной части Забайкальского края / В. П. Бобринев, Л. Н. Пак // Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 11 (50). – С. 87–91.

8. Жданов, Ю. М. Технологии и средства механизации агролесомелиоративных работ / Ю. М. Жданов, И. М. Бартенев. – Волгоград : ВНИАЛМИ, 2011. – 192 с.

ОПИСАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СЫРЬЯ К РАСКРОЮ

В.А. Марков
Россия, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
г. Санкт-Петербург

Аннотация. Построение имитационных моделей для лесозаготовительных, лесопильных и лесоскладских операций поможет в значительной мере оптимизировать работу лесозаготовительного предприятия и повысить его эффективность. Грамотная сортировка пиломатериалов необходима для соблюдения такта производства и повышения качества производственных процессов и, следовательно, выпускаемой продукции. Имитационная программа системы «линия сортировки бревен – склад рассортированного сырья – лесопильный цех» является одной из составляющих программ комплексной модели технологической подготовки и планирования раскроя сырья на пиломатериалы.
Ключевые слова: сортировка бревен, бревнопильное оборудование, имитационная модель, цикловая производительность, пиломатериалы.

Annotation. The construction of simulation models for logging, sawmilling and logging operations will help to significantly optimize the work of a logging enterprise and increase its efficiency. Competent sorting of lumber is necessary to comply with the production cycle and improve the quality of production processes and, consequently, products. The simulation program of the system «log sorting line – warehouse of sorted raw materials – sawmill» is one of the components of the programs of the integrated model of technological preparation and planning of cutting raw materials for lumber.
Keywords: sorting of logs, log-sawing equipment, simulation model, cyclic productivity, lumber.

Первым звеном моделируемой системы является линия сортировки бревен, предназначенная для сортировки пиловочника по его размерным характеристикам. Наиболее высокий выход пиломатериалов определенных сечений при минимальных перепилах и недопилах может быть обеспечен при точности измерения диаметров бревен, а следовательно, и обеспечении точности границ сортировочных групп бревен на уровне ±1...2 мм. При этом подготовка пиловочного сырья к обработке может происходить по следующим направлениям [1].

Существует несколько способов сортировки бревен по их размерным и качественным характеристикам:

1. Сортировка по диаметру. Бревна могут быть отсортированы по их диаметру от наименьшего до наибольшего. Это может быть полезно при строительстве, когда бревна нужны определенного размера для определенных конструкций.

2. Сортировка по длине. Бревна могут быть отсортированы по их длине от наименьшей до наибольшей. Это также может быть важным фактором при строительстве, чтобы иметь бревна определенной длины для определенных задач.

3. Сортировка по классу качества. Бревна могут быть отсортированы по их классу качества, которое определяется по наличию дефектов, таких как трещины или гниль. Чем выше класс качества, тем лучше бревна и, соответственно, выше их стоимость.

4. Сортировка по влажности. Бревна могут быть отсортированы по их влажности. Влажность может варьироваться в зависимости от того, как долго бревна высыхали после рубки. В зависимости от конкретного применения может потребоваться выбрать бревна с определенной влажностью.

5. Сортировка по вирусам и заболеваниям. Если имеется информация о наличии вирусов или заболеваний в бревнах, их можно отсортировать таким образом, чтобы избежать дальнейшего распространения этих проблем.

Все эти методы сортировки могут быть использованы отдельно или в комбинации друг с другом в зависимости от конкретных требований или целей.

Для бревнопильного оборудования с гибкими поставами необходимость склада рассортированного сырья отпадает, а имитация раскроя каждого бревна и учет выполнения плана раскроя происходит непосредственно перед лесопильными потоками. Бревнопильное оборудование отечественных лесопильных предприятий на сегодняшний день состоит преимущественно из одно- и двухэтажных лесопильных рам, для рациональной работы которых, как правило, требуется склад рассортированного сырья. Однако по вышесказанному первому направлению склад сырья превосходит требуемую емкость, что приводит к неоправданным потерям. Следовательно, актуальной задачей на сегодняшний день является определение рациональной емкости склада рассортированного сырья по второму направлению [3].

Для определения типа и количества линий для сортировки бревен по результатам имитации на комплексной модели следует учитывать такие факторы, как время выполняемых операций на различных стадиях технологического процесса, количество накопителей и производительность.

Для определения необходимого уровня производительности комплексной линии для окорки и сортировки бревен необходимо определить цикловую производительность, бревен в смену:

$$Q_{\text{ц}} = \frac{\overline{Q}^{\text{л}}_{\text{ц.ф}} * k_c}{q_{ср} * k_{\text{ти}} * k_{\text{з}} * T_{\text{г}}} \ , \qquad (1)$$

где $\overline{Q}^{\text{л}}_{\text{ц.ф}}$ – годовая фактическая производительность лесопильного цеха, м^3 бревен в год;

k_c – коэффициент превышения производительности комплексной линии для окорки и сортировки по сравнению со средней производительностью лесопильного цеха (он может быть охарактеризован как коэффициент синхронизации), в зависимости от вида поставки сырья на предприятие и других причин k_c~ 1,1 /1,4;

$q_{ср}$ – объем бревна среднего диаметра и средней длины, м^3;

$k_{\text{ти}}$ – коэффициент технического использования комплексной линии для окорки и сортировки бревен;

$k_{\text{З}}$ – коэффициент загрузки комплексной линии;

$T_{\text{г}}$ – годовой фонд времени работы комплексной линии, смен.

Коэффициент технического использования линии:

$$k_{\text{ти}} = 1 - \frac{\sum t_{\text{СП}}}{(T - \sum t_{\text{загр}})} = 1 - \frac{\sum t_{\text{пз}} + \sum t_{\text{сл.пр}}}{T - \sum t_{\text{загр}}} \ , \qquad (2)$$

где Т – расчетный период времени, например время продолжительности смены;

$\sum t_{\text{СП}}$ – собственные потери линии, состоящие из: $\sum t_{\text{пз}}$ – подготовительно-заключительное время на предупреждение отказов, т.е. на техническое обслуживание линии (профилактический осмотр механизмов и приборов, подналадка устройств, очистка линии и т.д.) и $\sum t_{\text{сп,пр}}$ – потери времени по вине случайных простоев механизмов и элементов систем измерения и управления линией, необходимого на обнаружение и устранение отказов оборудования;

$\sum t_{\text{загр}}$ – потери времени из-за отсутствия сырья, неритмичной работы подъемно-транспортных устройств при подаче к линии бревен и уборке их из накопителей, остановок линии, связанных с функционированием оборудования на предыдущих и последующих участках, а также потери времени по другим причинам, влияющие на ее загрузку.

Обратим внимание, что цикловая производительность линии для окорки и сортировки бревен не зависит от величины среднего диаметра бревен и поэтому позволяет более объективно подойти к выбору типа и параметров – сортировочного устройства и окорочных станков [1].

После выбора и параметров рассматриваемого оборудования определяется фактическая производительность комплексной линии для окорки сортировки бревен, м^3 бревен в смену, по формуле:

$$Q_{\text{ф}} = Q_{\text{ц}} * k_{\text{ти}} * k_{\text{з}} * \text{Т}_{\text{с}} * q_{\text{ср}}, \quad (3)$$

где $Q_{\text{ц}}$ – цикловая производительность линии, штук бревен в мин;

$k_{\text{з}}$ – коэффициент загрузки комплексной линии, который определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{з}} = 1 - \frac{\sum t_{\text{з}}}{\text{Т}_{\text{с}}}. \quad (4)$$

Вторым звеном в построении имитационной модели является склад рассортированного сырья, характеризуемый таким параметром, как оперативный запас бревен, обеспечивающий ритмичную (синхронную) работу системы “линия сортировки бревен – склад рассортированного сырья – лесопильный цех” [3].

Определение оперативного запаса бревен, м^3 пиловочника:

$$A \approx T * \overline{Q}^{\text{б}}_{\text{л ср}} * n_{\text{гр}}, \quad (5)$$

где Т – период работы (половина смены, смена и т.д.) лесопильного цеха, в течение которого на бревнопильной линии (или линиях, специализированных на распиловку бревен определенных сортировочных групп бревен) производится обработка пиловочника одним поставом (или одними и теми же поставами);

$n_{\text{гр}}$ – число сортировочных групп бревен;

$\overline{Q}^{\text{б}}_{\text{л ср}}$ – средняя производительность бревнопильных линий, м^3 бревен в смену;

$$Q^{\text{б}/\text{л}}_{\text{ср}} = \frac{Q^{\text{л}/\text{ц}}_{\text{ф}}}{T_{\text{г}} * N}, \quad (6)$$

где $Q_{\text{ф}}^{\text{л/ц}}$ – годовая фактическая производительность лесопильного цеха, м^3 бревен в год;

N – число бревнопильных линий в лесопильном цехе;

$\text{Т}_{\text{г}}$ – число смен работы цеха в течение года.

Однако сделан вывод о том, что рациональная загрузка головного оборудования в лесопильном цехе с определенной компоновкой при равномерной загрузке бревнопильных линий может иметь место только при определенных размерных спецификациях сырья, поступающего на предприятие. После проведенного анализа источников, ранее проведенных исследований и разработки общего алгоритма комплексной модели оперативного планирования раскроя и технологической подготовки сырья к обработке был разработан алгоритм и имитационная программа системы «линия сортировки бревен – склад рассортированного сырья – лесопильный цех» [3].

В имитационной программе данной системы фактическая производительность i-го бревнопильного потока определяется, м^3 бревен в смену:

$$Q_{\text{ф}i} = Q_{\text{п}ij} * k_{\text{м}i} * k^{\text{б}/\text{л}}_{\text{ти}i} * k_{ni} * k_{\text{з}i} * \text{Т}_{\text{с}} * q_{ij}, \quad (7)$$

где $Q_{\text{п}ij}$ – пропускная способность (технологическая производительность) i-го бревнопильного потока j-ой сортировочной группы бревен, м^3 бревен в смену;

$k_{мi}$ – коэффициент использования машинного времени i-го бревнопильного потока;

$k_{тиi}^{б/л}$ – коэффициент технического использования i-го бревнопильного потока;

k_{ni} – коэффициент, характеризующий так называемые «скрытые» потери производительности i-го бревнопильного потока;

$k_{зi}$ – коэффициент загрузки i-го бревнопильного потока;

$T_{с\ -}$ – продолжительность смены, мин;

q_{ij} – объем бревна j-ой сортировочной группы, обрабатываемой на i-ом бревнопильном потоке.

Выбор очередной сортировочной группы бревен для поступления на освободившуюся бревнопильную линию осуществляется после анализа групп, определенных на эту линию и имеющих максимальный объем сырья.

Имитационная программа системы «линия сортировки бревен – склад рассортированного сырья – лесопильный цех» является одной из составляющих программ комплексной модели технологической подготовки и планирования раскроя сырья на пиломатериалы.

Программа комплексной модели технологической подготовки и планирования раскроя сырья на пиломатериалы является инструментом для оптимизации процесса раскроя древесины, а также планирования операций подготовки сырья и работы пилорамы.

Основные функции программы включают:

1. Моделирование процесса раскроя: программа позволяет создать виртуальную модель пилорамы, где можно определить параметры раскроя, такие как размеры древесины, типы изделий, оптимальные способы раскроя и т.д. Это позволяет оптимизировать процесс раскроя и минимизировать отходы.

2. Планирование операций: программа предоставляет возможность составить операционный план, который оптимизирует работу пилорамы и подготовку сырья. План может включать в себя такие операции, как сортировка древесины, подготовка к раскрою, сам раскрой и т.д. Это позволяет ускорить процесс и повысить эффективность производства.

3. Оптимизация режимов работы: программа анализирует доступные режимы работы пилорамы и выбирает оптимальный вариант, учитывая параметры сырья, требования к изделиям и текущие ресурсы. Это позволяет увеличить производительность и снизить затраты.

4. Мониторинг производства: программа предоставляет возможность отслеживать выполнение операционного плана, контролировать качество изготавливаемых изделий и анализировать эффективность работы пилорамы. Это помогает выявить возможные проблемы и вносить корректировки в процесс.

В целом программа комплексной модели технологической подготовки и планирования раскроя сырья на пиломатериалы предоставляет возможность оптимизировать процессы раскроя и подготовки сырья, улучшить производительность и снизить затраты, а также повысить качество изготавливаемых изделий.

Литература

1. Аксенов, П. П. Технология пиломатериалов / П. П. Аксенов [и др.]. – Москва : Лесная промышленность, 1976. – 480 с.

2. Чубинский, А. Н. Основы проектирования предприятий. Технологическое проектирование деревообрабатывающих производств : учебное пособие / А. Н. Чубинский, А. А. Тамби, Т. А. Шагалова. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2010. – 169 с.

3. Авагян, Д. М. Имитационная модель лесопильного производства как инструмент комплексного исследования параметров процесса производства пиломатериалов / Д. М. Авагян, В. А. Соколова // Актуальные проблемы развития лесного комплекса : материалы XVIII Международной научно-технической конференции. – Вологда, 2020. – С. 183–185.

ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОСЛЕ РУБОК ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ

В.Г. Мартиросян
Россия, Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана г. Мытищи

Аннотация. Технологии дистанционного зондирования широко используются в различных областях науки при исследовании окружающей среды. Одним из таких применений является измерение поверхности земли при описании воздействия на почвы колесной и гусеничной техникой в процессе лесозаготовок. В течение 2–3 лет использование методов фотограмметрии, LiDAR, ультразвука и времяпролетной визуализации было продемонстрировано как в экспериментальных, так и в эксплуатационных условиях. Этот обзор дает представление о целях, схеме отбора проб, сборе и обработке данных, а также результатах статей, посвященных дистанционному измерению поверхности почвы в результате заготовки древесины.
Ключевые слова: дистанционное зондирование, воздействие на участок, фотограмметрия, лесозаготовительные операции, цифровая модель местности.

Annotation. Remote sensing technologies are widely used in various sciences in the study of the environment. One of such applications is the measurement of the earth's surface when describing the impact on soils by wheeled and tracked vehicles during logging. For 2-3 years, the use of photogrammetry, LiDAR, ultrasound and time-of-flight imaging methods has been demonstrated both in experimental and operational conditions. This review gives an idea of the objectives, sampling scheme, data collection and processing, as well as the results of articles on remote measurement of the soil surface as a result of wood harvesting.
Keywords: remote sensing, impact on the site, photogrammetry, wood harvesting, digital terrain model.

Проблема мониторинга состояния лесного массива после проведения лесозаготовительных работ является одной из наиболее сложных задач для определения в качестве показателя для количественной оценки экологического воздействия лесозаготовительных операции на лесную подстилку. В последние годы возобновилась работа по измерению нарушений на местах в соответствии со стратегическим акцентом на адаптацию к изменению климата, с ожидаемыми более длительными периодами снижения несущей способности почвы, а также с растущей обеспокоенностью общественности по поводу воздействия лесозаготовок на почву и окружающую среду в целом. Экологическое воздействие на почву в результате лесохозяйственных работ можно рассматривать как функцию тяжести смещения почвы, степени смещения в пространственном масштабе и последствий воздействия, например переувлажнение вследствие необратимого уплотнения.

Известно, что ручное измерение колейности и смещения почвы на лесосеке требует ресурсов. Таким образом, фактическая интенсивность выборки, используемая как в исследовательских, так и в оперативных условиях, обычно невелика и, как было показано, связана с большой ошибкой выборки на уровне объекта, которая может поставить под сомнение общую достоверность проведения исследования воздействия объекта вообще.

Достижения в области дистанционных технологий открывают значительные возможности для упрощения сбора данных при лесозаготовительных операциях в целом и, в частности, для измерения крупных и трудно поддающихся количественной оценке последствий, таких как масштабы и серьезность смещения почвы. В последние годы исследователи пред-

ложили несколько подходов к измерению воздействия на почву, уделяя особое внимание как степени, так и серьезности смещения почвы.

Основная цель данного обзора – предоставить возможности и взаимное сравнение этих новых технологий и областей их применения. Это делается для того, чтобы оценить их очевидную пригодность для использования в исследовательских испытаниях и потенциальное будущее использование в условиях действующего лесного хозяйства. Все работы, рассматриваемые в этом обзоре, относятся к категории ближнего зондирования, но также включают датчики на БПЛА, поскольку они остаются на близком расстоянии по сравнению с другими воздушными или даже космическими платформами дистанционного зондирования, используемыми в лесном хозяйстве. Общим для всех рассматриваемых технологий является то, что они обеспечивают непрерывную трансекту или модель поверхности для представления смещения почвы, например, в случае колейности колес. Кроме того, цифровые модели местности (ЦММ), описанные в этом обзоре, имеют точечное разрешение, как правило, в десятки и сотни тысяч раз выше, чем агрегированные цифровые модели местности размером 1х1 м, доступные в настоящее время на основе данных ALS [4]. Хотя обсуждаемые здесь методы дистанционного зондирования в первую очередь измеряют серьезность, в обзоре также делается попытка классифицировать вклад каждой технологии с точки зрения их потенциала в решении общей темы воздействия объекта.

Таким образом, цель данного доклада состоит в том, чтобы дать обзор технологий и методов, которые были разработаны для картирования смещения почвы, и дать их оценку с точки зрения их пригодности в качестве исследовательских или оперативных инструментов для оценки смещения почвы в результате лесохозяйственных операций. Обзор состоит из четырех основных разделов:

- обзор различных сенсорных технологий;
- фактические условия, в которых технологии применялись или рассматривались;
- платформы сбора данных, которые были развернуты;
- обсуждаются методы обработки данных, разрешение модели и определение смещения грунта.

Обзор сенсорных технологий, используемых при моделировании смещения грунта.

1. Фотограмметрия. Фотограмметрия включает оценку трехмерных координат точек на поверхности с использованием измерений, выполненных на одном или нескольких фотографических изображениях. Трехмерное моделирование с помощью монокулярной камеры осуществляется с помощью технологии «Структура из движения», где изображения захватываются из разных положений и сопоставляются в наложении, которое обеспечивает восприятие глубины. В последние годы SfM применялась для анализа ряда проблем лесного хозяйства, от инвентаризации лесов до лесозаготовительных операций. Точность фотограмметрических моделей определяется четкостью и разрешением изображений, а также наличием достаточного перекрытия между последовательными изображениями (обычно 70–80 %). Текстура поверхности моделируемого объекта играет важную роль в фотограмметрии, а неподвижная вода представляет собой проблему для метода, часто приводящую к отсутствию представления данных на таких поверхностях. Фотограмметрия в настоящее время является преобладающим методом 3D-моделирования смещения почвы, вызванного лесными машинами, в литературе [2]. Фотограмметрия с близкого расстояния с камер потребительского класса может обеспечить облака точек с несколькими миллионами точек на $м^2$.

2. ЛИДАР. LiDAR (обнаружение света и определение дальности) – это надежная измерительная технология, которая может проникать сквозь редкую растительность, работает независимо от условий освещенности и хорошо зарекомендовала себя как для оперативного, так и для исследовательского использования при инвентаризации и картировании лесов [1]. По сути, система LiDAR измеряет расстояние между объектом и датчиком и включает в себя как технологию, основанную на излучателе луча, так и вращающиеся зеркала, которые

направляют луч, в то время как новые разработки включают твердотельные LiDAR, которые не имеют движущихся частей и одновременно оценивают несколько лучей. Частота дискретизации, эффективный диапазон и занимаемая площадь различных систем LiDAR значительно различаются между моделями.

3. Ультразвук. Как и в случае со светом в LiDAR, ультразвуковые датчики излучают и записывают время прохождения ультразвуковых волн, однако ультразвуковые датчики используют один генератор для поочередного излучения и приема волн. Датчики, рассмотренные в этом обзоре, используют только один источник, производящий одномерные данные (точечные данные) в статическом состоянии [3]. Хотя шумовое загрязнение на той же частоте может повлиять на качество измерений, ультразвуковые волны отражаются от прозрачных поверхностей, а это означает, что можно определить глубину воды в колее, а на обнаружение сигнала не сильно влияет пыль или грязь. Ультразвуковые датчики также обычно доступны по значительно более низкой цене, чем оптические датчики.

4. Камеры глубины. В то время как LiDAR считается камерой времени полета, основанной на времени, необходимом для возврата переданного сигнала к датчику, камеры глубины, называемые таковыми в этой статье, представляют собой устройства, разработанные для обнаружения движения и глубины для взаимодействия с игровой консолью, например камера Microsoft Kinect®, разработанная для Xbox. Эти камеры объединяют датчик цветной камеры (RGB) и инфракрасный датчик, создающий изображения как в оттенках серого, так и в глубине, при этом диапазон чувствительности регулируется [6].

Применение новых сенсорных технологий для определения характеристик смещения грунта можно в общих чертах разделить на три категории:

- подтверждение концепции технологии, т.е. демонстрация того, что метод обеспечивает надежную модель микротопографии;

- применение технологии для описания различий в конфигурациях машин и колес по смещению грунта;

- собственно мониторинг смещения грунта в условиях эксплуатации.

Технологии измерения применялись в самых разных условиях и для разных целей. Приложения могут быть статическими или мобильными, наземными или воздушными и использоваться для анализа в реальном времени или послеоперационного анализа. Приложения в контролируемой среде пытались либо продемонстрировать саму технологию измерения (проверка концепции), либо документировать на ранее невозможном уровне детализации эффект взаимодействия шин, гусениц или машины с почвой. Для сравнения, работа, проделанная в эксплуатационных условиях, была сосредоточена на предложении методов более масштабной оценки воздействия на объекте или демонстрации потенциала технологии и методов моделирования смещения грунта во время обычных операций. Независимо от условий, целью всей рассмотренной работы был сбор данных, отражающих нарушения почвы, со значительно более высоким разрешением, чем это возможно при обычных измерениях [5].

Почти все документы содержат сильный компонент ручной проверки, что указывает на то, что применяемые методологии не были зрелыми. Модели обычно имеют слишком высокое разрешение, чтобы их можно было использовать на практике в большем масштабе. Трехмерные облака точек, полученные с помощью фотограмметрии с близкого расстояния, использовались для создания моделей поверхности с разрешением до 1х1 мм, тогда как измерительный стержень, используемый для их проверки, имеет базу примерно 10 000 мм^2 (10х10 см) [4]. Фактически проверка абсолютной точности метода значительно усложняется из-за этого, поскольку многие авторы предполагают, что любое несоответствие с такой же вероятностью может быть связано с самим процессом проверки. На этом основании можно предположить, что при правильном создании 3D-модели, по крайней мере, столь же точны, как и любые используемые в настоящее время процедуры ручных измерений.

Литература

1. Bodelschwingh, E. Analyse der Rundholzlogistik in der DeutschenForst- und Holzwirtschaft: Ansätzefüreinübergreifendes Supply Chain Management [Analysis of roundwood logistics in the German forestry and timber industry: approaches for a comprehensive supply chain management]. Dissertation, TU München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt, Munich 21.02.2006. – 2006. – P. 1–214.

2. Brown, M. Timber Truck Payload Management with Differen.t In-Forest Weighing Strategies in Australia / M. Brown, M. R. Ghaffarian // Croat. J. For. Eng. – 2016. – 37 (1). – P. 131–138.

3. Devineau, G. Deep Learning for Hand Gesture Recognition on Skeletal Dat / G. Devineau, F. Moutarde, W. Xi, J. Yang // 13th IEEE International Conference, 15.05.-19.05. – 2018. – P. 106–113.

4. Eriksson, M. Productivity of harvesters and forwarders in CTL operations in northern Sweden based on large follow-up datasets / M. Eriksson, O. Lindroos // Int. J. For. Eng. – 2014. – 25 (3). – P. 179–200.

5. Geiger, C. The Potential of a Weight Detection System for Forwarders using an Artificial Neural Network / C. Geiger, M. Starke, D. Greff, [at al.] // Proceedings of 51st Symposium on Forest Mechanization – FORMEC «Improved Forest Mechanisation: mobilizing natural resources and preventing wildfires», Madrid, Spain, September 25–27, 2018. – P. 157–164.

6. Manner, J. Automatic and experimental methods to studying forwarding work / J. Manner // Acta Universitatis agriculturae Sueciae, 128, Department of Forest Biomaterials and Technology, Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå, Sweden, 2015. – P. 1–71.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕГОДОВОГО РАСХОДА ДРЕВЕСИНЫ НА ГОРНО-РУДНИЧНОМ ПРЕДПРИЯТИИ ПРИ РАБОТЕ ГОРНЫХ ПРОХОДЧИКОВ БЕЗ УЧЕТА РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Е.В. Михеевский, М.А. Михеевская
Россия, Ухтинский государственный технический университет
г. Ухта

Аннотация. В Российской Федерации продолжается негативный для лесной промышленности страны процесс замещения ценных хвойных пород лиственными, связанный с малой обеспеченностью рубками ухода, частичным завершением лесовосстановления, переводом лесных участков в лесные насаждения без учета породных состава и структуры. В статье произведен расчет расхода ценных хвойных пород для производства настилов деревянных для людского хода (трапов), использующихся при проходческих и ремонтно-восстановительных работах в горных выработках, а также рассматривается вопрос замены хвойных пород древесины на мягкие лиственные в данном производстве. Для увеличения срока эксплуатации деревянных настилов, повышения их биологической стойкости предлагается использование различных пропиток антисептиками.
Ключевые слова: древесина хвойных пород, древесина мягких лиственных пород, горно-рудные предприятия, трап, рудничная стойка, физико-механические свойства, пропитка, антисептик.

Annotation. In the Russian Federation the process of replacing valuable coniferous species with deciduous trees, associated with low supply of logging, a partial completion of reforestation, the transfer of forest plots to forest plantations without taking into account the rock composition and

structure is continuing in the negative for the forest industry of the country. The article calculates the consumption of valuable coniferous species for the production of wooden decks for the human trail (ladders) used for tunneling and repair work in mine workings, and considers the question of replacing coniferous species of wood with soft deciduous wood in this production. To increase the service life of wooden decking, to increase their biological resistance, it is proposed to use various impregnations with antiseptics.
Keywords: softwood, soft hardwood, mining enterprises, gangway, mine pit, physical and mechanical properties, impregnation, antiseptic.

Вопрос замены древесины хвойных пород, использующейся в различных областях промышленности Российской Федерации, на малоценную древесину лиственных пород обусловлен истощением запасов первой [5]. В большинстве случаев древесину лиственных пород при такой замене необходимо подвергать модификации.

В настоящее время предприятия горно-рудничной промышленности Республики Коми используют только лишь древесину хвойных пород для изготовления рудничной стойки, затяжек, вентиляционных и реверсивных дверей в сбойках, горизонтальных полков в стволах для запасного выхода, деревянных настилов для людского хода, а также сходней и перил наклонных выработок.

На сновании исследований [1] можем сделать вывод о целесообразности использования мягколиственных пород древесины.

Гипотеза: деревянные настилы для людского прохода, изготовленные из лиственных пород с использованием качественной пропитки, по своим физико-механическим свойствам предположительно не уступят настилам из хвойной древесины, а затратная составляющая при использовании пропитанной мягколиственной древесины в разы меньше.

Для безопасного передвижения людей по горным выработкам требуется иметь достаточные зазоры (людские проходы) между крепью и наиболее выступающей кромкой подвижного состава. Ширина свободного прохода для рабочих должна составлять не менее 700 мм, также с противоположной стороны должен быть обеспечен ремонтно-монтажный зазор не менее 200 мм для бетонной или металлической крепи и 250 мм для деревянной от наиболее выступающих частей шахтного электровоза. Свободные проходы для рабочих должны устраиваться с одной и той же стороны. Почва выработок на свободных проходах должна быть ровной и оборудоваться деревянными настилами (трапами) не выше уровня головки рельс. Посадочная площадка оборудуется трапами по обе стороны выработки с шириной свободного прохода не менее 1000 мм от крепи до наиболее выступающей части подвижного состава (электровоза). Наклонные горные выработки оборудуются трапами, трапами с перилами или сходнями со ступенями и перилами в зависимости от угла наклона горной выработки [3, 4].

Определим примерный среднегодовой расход лесоматериалов ($м^3$) на конкретном горно-рудничном предприятии при работе горных проходчиков без учета ремонтно-восстановительных работ в пройденных выработках.

Сектор проходки горных выработок на средней по размеру угледобывающей шахте может состоять из нескольких участков (от трех до пяти). Каждый участок состоит из двух бригад, ведущих проходку горной выработки путем буровзрывных работ, и четырех бригад проходки горных выработок комбайновым способом. План (в погонных метрах) на бригаду проходчиков буровзрывным способом составляет в среднем 124 м в месяц, на участок проходки комбайновым способом – около 500 м в месяц. Годовой план (в погонных метрах) буровзрывным способом в среднем составляет 5 952 м, для проходки с помощью комбайнов – около 24 000 м.

При размере одного трапа, состоящего из пиломатериалов (доски), длиной 4 м, шириной 0,7 м и толщиной доски 40 мм, объем одного трапа находим по формуле:

$$V_{\text{тр}} = b \cdot l \cdot h, \quad (1)$$

где b – ширина трапа, м;

l – длина трапа, м;

h– толщина трапа, м.

$$V_{\text{тр}} = 0{,}7 \cdot 4 \cdot 0{,}04 = 0{,}112 \text{ м}^3.$$

Таким образом, для прохода одной бригады комбайнеров при длине одного трапа, равной 4 м, расход древесины в месяц составит:

$$V_{\text{к1}} = \frac{\text{П}_{\text{мк}}}{l} \cdot V_{\text{тр}}, \quad (2)$$

где $\text{П}_{\text{мк}}$ – план работы проходки на одну бригаду комбайнеров, м.

$$V_{\text{к1}} = \frac{500}{4} \cdot 0{,}112 = 14 \text{ м}^3.$$

Так как бригады комбайнеров четыре, месячный расход древесины составит:

$$V_{\text{к4}} = V_{\text{к1}} \cdot 4 = 14 \cdot 4 = 56 \text{ м}^3.$$

Определим необходимый объем пиломатериалов для бригад, ведущих проходку буровзрывным способом:

$$V_{\text{б1}} = \frac{\text{П}_{\text{мб}}}{l} \cdot V_{\text{тр}}, \quad (3)$$

где $\text{П}_{\text{мб}}$ – план проходческих работ на одну бригаду, ведущую проходку буровзрывным способом, м.

$$V_{\text{б1}} = \frac{124}{4} \cdot 0{,}112 = 3{,}5 \text{ м}^3.$$

Так как бригады, ведущие проходку буровзрывным способом, две, месячный объем составит:

$$V_{\text{б2}} = V_{\text{б1}} \cdot 2 = 3{,}5 \cdot 2 = 7 \text{ м}^3.$$

Общее количество пиломатериалов, необходимое бригадам, в месяц составит:

$$V_{\text{м1}} = V_{\text{к4}} + V_{\text{б2}}. \quad (4)$$

$$V_{\text{м1}} = 56 + 7 = 63 \text{ м}^3.$$

Участков пять, поэтому месячный расход древесины для всех участков будет равен:

$$V_{\text{м5}} = V_{\text{м1}} \cdot 5 = 63 \cdot 5 = 315 \text{ м}^3.$$

Годовой расход древесины хвойных пород для данного случая составит:

$$V_{\text{г}} = V_{\text{м5}} \cdot 12 = 315 \cdot 12 = 3780 \text{ м}^3,$$

что соответствует годовому объему заготовок небольшого частного лесозаготовительного предприятия.

В случае подсчета расхода древесины и для участка ремонтно-восстановительных работ расход возрастет примерно в 1,5 раза и составит $V_{\text{общ}} = V_{\text{г}} \cdot 1{,}5 = 3780 \cdot 1{,}5 = 5670 \text{ м}^3$.

Определим эффективность использования хвойных пород и сравним его с эффективностью использования пород лиственных. Произведем примерный расчет затрат.

В Республике Коми стоимость 1-го м^3 пиломатериалов из хвойных пород в среднем составляет 15 000 руб., а лиственных 4 500 руб.

Из расчетов, приведенных выше, расход древесины в год только на изготовление трапов для участка проходки составляет 3 780 м^3.

Для участка проходки экономические показатели среднегодовых расходов хвойных и лиственных пород деревьев (без учета пропитки).

Для хвойных:

$$C_{хв}=V_г \cdot C_{куб.хв}, \quad (5)$$

где $V_г$ – годовой расход древесины, м^3;

$C_{куб.\ хв}$ – средняя стоимость 1 м^3 пиломатериалов хвойных пород, руб.

$$C_{хв}=3\ 780 \cdot 15\ 000=56\ 700\ 000 \text{ руб.}$$

Для лиственных:

$$C_{лист}=V_г \cdot C_{куб.\ листв}, \quad (6)$$

где $V_г$ – годовой расход древесины, м^3;

$C_{куб.\ листв}$ – средняя стоимость 1 м^3 пиломатериалов лиственных пород, руб.

$$C_{лист}=3\ 780 \cdot 4\ 500=17\ 010\ 000 \text{ руб.}$$

Среди мягколиственных пород по процентному соотношению всего лесного фонда земель Республики Коми осина занимает второе место после березы. Во время своего роста эта порода подвержена заболеваниям древесины, очень редко можно встретить дерево без видимых, а тем более невидимых вооруженному глазу пороков.

Предлагаем использовать антисептические пропитки против гниения, плесени возгорания для улучшения свойств древесины и увеличения срока ее службы.

Расход антисептика на акриловой основе составляет примерно 10л/66м^2, в зависимости от поглощающей способности основания и поставленной цели. При высокой поглощающей способности данные пропитки рекомендуется наносить в два слоя [2].

Рассчитаем необходимое количество и стоимость пропитки при стоимости одной десятилитровой канистры 1200 рублей. Расход канистры антисептика 66 м^2.

Один трап длиной 4 метра и шириной 0,7 м имеет $S_{тр}$ = 2,8 м^2.

Длина проходки:

$$L_{пр} = L_{комб} + L_{бвр}, \quad (7)$$

где $L_{комб}$ – длина проходки комбайновым способом за год, м;

$L_{бвр}$ – длина проходки буровзрывным способом за год, м.

$$L_{пр}=24\ 000+5\ 952 = 29\ 952 \text{ м.}$$

Следовательно площадь всех трапов для участка проходки будет составлять:

$$S_{тр.пр.}=L_{пр} \cdot 0{,}7, \quad (8)$$

где $L_{пр}$ – длина проходки, м.

$$S_{тр.пр.}= 29\ 952 \cdot 0{,}7 = 20\ 966{,}4 \text{ м}^2.$$

Таким образом можем рассчитать количество канистр пропитки необходимой для обработки трапов:

$$K=\frac{S_{тр.пр.}}{66}, \quad (9)$$

где $S_{тр.пр.}$ – площадь трапов, м^2;

66 – расход одной канистры, м^2.

$$К=\frac{20966,4}{66}=317,67 \text{ шт.}$$

Тогда стоимость антисептика при двухслойном покрытии равна:

$$С_{ант}=К\cdot 1200, \quad (10)$$

где К – количество канистр, шт.;

900 – стоимость одной канистры, руб.

$$С_{ант}=2 \cdot 317,67 \cdot 1200 = 762\,408 \text{ руб.}$$

Итого расходы на изготовление трапов из лиственных пород будут составлять:

$$С_{лист.проп.} = С_{ант} + С_{лист}, \quad (11)$$

где $С_{ант}$ – стоимость антисептика, руб.;

$С_{лист}$ – стоимость необходимого годового количества доски лиственных пород.

$$С_{лист.проп} = 762\,408 + 17\,010\,000 = 17\,772\,408 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект составит:

$$56\,700\,000 - 17\,772\,408 = 38\,927\,592 \text{ руб.}$$

Можно сделать вывод о подтверждении выдвинутой гипотезы: деревянные настилы для людского прохода, изготовленные из лиственных пород с использованием качественной пропитки, по своим физико-механическим свойствам предположительно не уступят настилам из хвойной древесины, а затратная составляющая при использовании пропитанной мягколиственной древесины позволит существенно сэкономить на закупке лесоматериалов для горно-рудничных предприятий.

Литература

1. Бурмистрова, О. Н. Состояние вопроса производства и эксплуатации настилов деревянных для людского хода (трапов), использующихся в горных выработках / О. Н. Бурмистрова, М. А. Михеевская, Е. В. Михеевский // Лесотехнический журнал. – 2018. – Т. 8, № 2 (30). – С. 141–149. – DOI: 10.12737/article_5b240610787eb9.84551258.

2. ГОСТ 20022.5-93. Защита древесины. Автоклавная пропитка маслянистыми защитными средствами : введен 1995-01-01 [Текст]. – Минск : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1994. – 5 с.

3. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах» : Приказ Ростехнадзора : от 19.11.2013 № 550 (ред. от 08.08.2017) (Зарегистрировано в Минюсте России 31.12.2013 № 30961) // КонсультантПлюс онлайн – Некоммерческие интернет-версии системы Консультант-Плюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_157929/ (дата обращения: 20.11.2023). – Текст : электронный.

4. ПБ-06-111-95. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом : Постановление Госгортехнадзора РФ от 23.01.1995 № 4) (ред. от 19.02.2004) // КонсультантПлюс онлайн – Некоммерческие интернет-версии системы Консультант-Плюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_115114/ (дата обращения: 20.11.2023). – Текст : электронный.

5. Теоретические основы получения модифицированной древесины [Текст] / Т. К. Курьянова, А. Д. Платонов, М. А. Михеевская, С. Н. Снегирева [и др.] // Лесотехнический журнал. – 2018. – Т. 8.– № 1 (29). – С. 146–154.

ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРАВИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПЕЛЛЕТНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Г.К. Мотовилов, Н.А. Тюрин
Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова г. Санкт-Петербург

Аннотация. Поиск оптимального местоположения производства пеллет требует всестороннего анализа с учетом различных факторов, таких как источники сырья, транспортные сети, рыночный спрос, экологические факторы. В данной статье исследуется использование гравитационной модели в качестве инструмента принятия решений при определении местоположения для производства топливных гранул. Гравитационная модель, традиционно используемая в области транспорта и географии, обеспечивает основу для оценки пространственного взаимодействия между местоположениями на основе различных атрибутов. Применяя гравитационную модель к отрасли производства топливных гранул, становится возможным определить места, которые повышают эффективность, рентабельность и экологичность.
Ключевые слова: гравитационная модель, оптимальное местоположение, производство топливных гранул, источники сырья, транспортные сети, рыночный спрос, рентабельность, экологичность.

Annotation. The search for the optimal location of pellet production requires a comprehensive analysis considering various factors such as raw material sources, transportation networks, market demand, and environmental factors. This paper explores the use of the gravity model as a decision-making tool in determining the location for fuel pellet production. The gravity model, traditionally used in the fields of transportation and geography, provides a framework for evaluating the spatial interaction between locations based on different attributes. By applying the gravity model to the fuel pellet production industry, it becomes possible to identify locations that enhance efficiency, profitability, and environmental sustainability.
Keywords: gravity model, optimal location, pellet production, raw material sources, transportation networks, market demand, cost-effectiveness, sustainability.

Главной специфической чертой предприятий по производству пеллет является определяющая роль сбора и транспортировки сырья и доставки готовой продукции в себестоимости и конкурентоспособности производства, зависящая от территориального размещения производства относительно сырьевых источников и потребителей. Сырьевое обеспечение таких предприятий носит ярко выраженный географический, собирательный характер, особенно при использовании отходов лесозаготовки. В контексте развития региональной инфраструктуры для производства пеллет предлагается использование гравитационных моделей. Эта модель рассматривает взаимодействие между пеллетным заводом, источниками сырья и потребителями продукции с учетом предпочтений и показателей затрат, а геоинформационные системы и технологии играют жизненно важную роль в решении этой географической задачи посредством картографического моделирования [2].

Гравитационная модель [1] основана на принципе, согласно которому взаимодействие между грануляционным заводом, источниками сырья и потребителями аналогично силе притяжения между телами, согласно второму закону Ньютона. Предполагается, что сила взаимодействия прямо пропорциональна показателям предпочтений (таким как объем и качество сырья, спрос и объем продукции) и обратно пропорциональна квадрату показателей затрат (расстояние от завода до источников сырья и потребителей продукции). Используя эту мо-

дель, можно определить оптимальные координаты размещения установок по производству топливных гранул.

Цель исследования – обоснование применения гравитационной модели и картографического математического моделирования для оптимизации территориального размещения пеллетного производства по критерию максимума предпочтений на транспортировку сырья и готовой продукции пеллетного производства.

Геоинформационные системы (ГИС) и технологии предлагают мощные инструменты для реализации гравитационной модели в географическом контексте. Эти системы интегрируют пространственные данные, такие как географические объекты, сети инфраструктуры и соответствующие параметры, позволяя визуализировать, анализировать и интерпретировать пространственные взаимосвязи. Благодаря картографическому моделированию ГИС позволяет лицам, принимающим решения, оценивать пригодность потенциальных мест для производства топливных гранул на основе близости к источникам сырья и потребителям с учетом различных факторов.

Картографическое моделирование. Картографическое моделирование в рамках геоинформационных систем предполагает создание пространственных представлений и имитационных моделей для решения географических задач. Используя возможности ГИС, лица, принимающие решения, могут разрабатывать картографические модели, учитывающие предпочтения, показатели затрат и гравитационные силы, задействованные при производстве топливных гранул. Эти модели позволяют оценить такие факторы, как расстояния транспортировки, доступность сырья, спрос на продукцию и подключение к инфраструктуре, чтобы определить оптимальные сценарии размещения объектов по производству топливных гранул.

Сохраняющаяся актуальность гравитационной модели обусловлена интеграцией новых источников данных и технологий их получения. Глобальные спутниковые навигационные системы, средства математического и картографического моделирования, современные информационные системы и другие технологии способствуют повышению точности результатов и процессов принятия решений. Эти достижения дают исследователям и проектировщикам более полную информацию для определения оптимальных мест размещения.

Необходимость использования гравитационной модели: Гравитационная модель необходима, поскольку она дает представление о потоках материалов, энергии и ресурсов в рамках региональной инфраструктурной системы. Это помогает понять динамику процессов транспортировки, погрузочно-разгрузочных работ и хранения, связанных с производством топливных гранул. Учитывая действующие гравитационные силы, мы можем оптимизировать проектирование и эксплуатацию инфраструктуры для достижения эффективного и рентабельного производства.

Преимущества: использование гравитационной модели дает ряд преимуществ. Во-первых, это помогает определить оптимальное расположение объектов по производству пеллет с учетом таких факторов, как близость к источникам сырья, транспортная инфраструктура и рыночный спрос. Во-вторых, это помогает определить наиболее эффективные маршруты транспортировки сырья и готовой продукции, минимизируя затраты и воздействие на окружающую среду.

Целостный подход: основа модели на экономических и географических факторах обеспечивает всестороннюю оценку множества переменных, влияющих на оптимальное размещение.

Принятие решений на основе данных: благодаря использованию новых данных и передовых технологий решения относительно размещения объектов могут основываться на более точной и актуальной информации.

Рассмотрение взаимодействий: гравитационная модель учитывает взаимодействие между различными местоположениями, принимая во внимание такие факторы, как расстояние, рыночный потенциал и конкуренция.

Гибкость и адаптивность: гравитационная модель может корректироваться и совершенствоваться с течением времени по мере появления новых факторов или изменения обстоятельств, что делает ее универсальным инструментом для постоянной оптимизации.

При использовании гравитационной модели для оптимизации расположения производства пеллет, следует учитывать следующие факторы:

- Близость к источникам сырья: наличие и близость к древесным ресурсам играют важную роль в определении оптимального расположения производственных мощностей. Доступ к устойчивым и обильным источникам древесного сырья имеет важное значение для обеспечения стабильной цепочки поставок и минимизации транспортных расходов.

- Близость к транспортным сетям: эффективная транспортная инфраструктура, включая автомобильные, железные дороги и водные пути, имеет жизненно важное значение для экономичного перемещения сырья и готовой продукции. Доступ к транспортным сетям позволяет оптимизировать логистику и дистрибуцию, снижая общие производственные затраты.

- Рыночный спрос: близость к рынкам является важным фактором, который следует учитывать при определении местоположения предприятия. Близость к целевым рынкам снижает транспортные расходы и обеспечивает своевременную доставку, повышая конкурентоспособность в удовлетворении потребительского спроса.

- Экологические факторы: устойчивые методы ведения лесного хозяйства и экологические нормативы приобретают все большее значение в топливно-энергетической промышленности, использующей древесину. Выбор мест, которые минимизируют воздействие на окружающую среду, защищают биоразнообразие и соответствуют стандартам устойчивого развития, способствует долгосрочной жизнеспособности и репутации. Все эти факторы, наряду с другими специфическими контекстуальными соображениями, определяют выбор гравитационной модели.

Для размещения нового пеллетного производства методом гравитационной модели необходимо найти опорные оптимальные координаты его местоположения в регионе x^c, y^c по критерию максимума предпочтения по доставки сырья и поставки готовой продукции региональным потребителям. Целевая функция поиска опорных координат размещения пеллетного производства x^c, y^c имеет следующий вид:

$$\sum_{i=1}^{n} Q_i q_i / (k_i((x^c - x_i)^2 + (y^c - y_i)^2) + \sum_{j=1}^{m} P_j p_j / (k_j((x^c - x_j)^2 + (y^c - y_j)^2)) = \max \quad \text{..... (1)}$$

С ограничениями:

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{q_i}{v_i} = M, i = 1,2...n, \quad (2)$$

$$q_i \le Q_i, i = 1,2...n, \quad (3)$$

$$q_i \ge 0, i = 1,2...n, \quad (4)$$

$$p_i \le p_j, j = 1,2...m, \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^{m} p_j \le M, \quad (6)$$

$$p_i \ge 0, j = 1,2...m, \quad (7)$$

где Qi – возможный объем поставки сырья *i*-го источника, $м^3$; q_i – объем поставки сырья из *i*-го источника в пункт размещения предприятия, $м^3$; n – количество сырьевых источников

в регионе; k_i – коэффициент удлинения доставки сырья с *i*-го источника с учетом транспортной инфраструктуры; x^c, y^c – географические опорные координаты пеллетного производств; x_i , y_i – координаты центроида запасов *i*-го источника сырья; P_j – спрос пеллет *j*-го потребителя, тонн; p_j – объем поставляемой продукции *j*-му потребителю, тонн; m – количество потенциальных потребителей пеллет в регионе; k_j – коэффициент удлинения доставки пеллет *j*-му потребителю с учетом транспортной инфраструктуры региона; x_j, y_j – географические координаты размещения *j*-го потребителя пеллет; M – мощность пеллетного производства по выпуску готовой продукции, тонн; v_i – коэффициент выхода готовой продукции по сырью *i*-го источника, м куб/т.

Целевая функция (1) определяет максимизацию критерия предпочтения размещения пеллетного производства на транспортировку сырья на завод и готовой продукции потребителям. Выражения (2) и (3) определяют баланс между требуемым объемом сырья и наличием его запасов в пунктах его хранения. Ограничение (4) отражает условие не отрицательности объемов поставок сырья. Ограничение (5) определяет баланс между массой поставляемых пеллет и требуемым их потреблением. Выражение (6) ограничивает поставки пеллет потребителям мощностью завода. Выражение (7) отражает условие не отрицательности объемов поставок продукции. В результате реализации модели получаем опорные географические координаты размещения пеллетного производства x^c, y^c , источники и объемы поставки сырья на завод q_i и готовой продукции потребителям p_j в регионе.

В заключение отметим, что интеграция гравитационной модели с геоинформационными системами и технологиями позволяет лицам, принимающим решения, оптимизировать производство топливных гранул с учетом предпочтений, показателей затрат и пространственных соотношений. Используя картографическое моделирование, можно оценить пригодность расположения пеллетных заводов на основе близости к источникам сырья и потребителям. В конечном счете такой подход способствует эффективному принятию решений и способствует общему успеху региональной инфраструктуры для производства пеллет.

Литература

1. Шумилов, А. В. Оценивание гравитационных моделей международной торговли: обзор основных подходов / А. В. Шумилов // Экономический журнал ВШЭ. – 2017. – Т. 21, № 2. – С. 224–250.

2. Мотовилов, Г. К. Обоснования региональной инфраструктуры пеллетного производства методом гравитационной модели / Г. К. Мотовилов, Т. С. Антонова, Н. А. Тюрин // Сборник статей по материалам научно-технической конференции института технологических машин и транспорта леса по итогам научно-исследовательских работ 2022 года (Санкт-Петербург, 06–10 февраля 2023 г.). – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, 2023. – С. 12–16. – EDN FBNTKD.

СТРОИТЕЛЬСТВО ЛЕСНЫХ ДОРОГ В УСЛОВИЯХ СЛАБОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ГРУНТОВ

И.В. Никифоров, Р.В. Филиппов, О.В. Зубова
Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова г. Санкт-Петербург

Аннотация. В данной статье поднимается вопрос о снижении несущей способности грунтов в осенне-весенние периоды, существенно влияющем на подбор дорожно-строительной техники. Выполнен анализ критических значений влажности, предложены мероприятия для более раннего начала строительства лесных дорог.
Ключевые слова: влажность грунта, несущая способность грунта, лесные дороги, дорожно-строительная техника.

Annotation. This article raises the question of the decrease in the bearing capacity of soils in the fall and spring periods, which significantly affects the selection of road construction equipment. Critical values of moisture content are analyzed, measures for earlier start of forest road construction are proposed.
Keywords: soil moisture, soil bearing capacity, forest roads, road-building machinery.

Актуальность. Несущая способность грунтов весной, после схождения снежного покрова, является актуальной проблемой в лесном дорожном хозяйстве. Для обеспечения своевременного функционирования лесосек в летний период необходимо как можно раньше приступать к строительству дорог. Однако в лесу снежный покров сходит позже, чем на открытых территориях, просыхание грунта также идет медленнее, что требует от лесозаготовителей нелегкого выбора – переносить начало строительства на май – июнь, когда уже можно было бы начинать вывозку, либо начинать сроить раньше, но при этом возникает сложность работы дорожно-строительной техники в связи с недостаточной несущей способностью переувлажненного грунта. Подобрать технику, которая сможет работать в условиях, когда грунт переувлажнен и имеет низкую несущую способность, достаточно трудно. Из-за этого сроки ремонта и строительства лесных дорог существенно сдвигаются. Одним из путей решения данной проблемы может стать использование малогабаритной техники, которая, благодаря своим размерам и массе, имеет большую проходимость.

Состояние вопроса. На данный момент изученность данного вопроса крайне мала. В настоящее время производителями дорожно-строительной техники представлено множество моделей малогабаритной техники, которые если не полностью, то частично смогут заменить использование привычных дорожно-строительных машин.

Цель эксперимента. Определение влажности грунта, при которой он теряет несущую способность, для того, чтобы в дальнейшем произвести подбор дорожно-строительной техники в условиях, когда грунт имеет слабую несущую способность, с целью начать строительство как можно раньше.

Испытываемый грунт. Супесь.

Таблица 1

Исходные данные

№ образца	Масса сухого грунта, г	W, %	Количество воды, мл
1	200	8	16
2	200	10	20
3	200	15	30
4*	200	20	40

Задачи эксперимента:

1. Определение оптимальной влажности.

2. Определение влажности, при которой грунт теряет свою несущую способность.

Для определения поставленных целей, было сделано 4 образца с разной влажностью. Для этого в соответствии с методикой для определения стандартно плотности грунтов было взято 200 г супеси, смешанных с количеством воды, требуемой для достижения нужной влажности. Далее с помощью прибора для стандартного уплотнения СОЮЗДОРНИИ образцы были уплотнены 30 ударами стандартной трамбовки весом 2,5 кг при высоте падения 0,4 м [1].

В результате были получены уплотненные образцы грунта и сняты с них следующие параметры: вес, высота и диаметр.

Таблица 2

Параметры образцов

№ образца	d, см	h, см	G, г
1	4,65	4,85	211,99
2	4,65	4,60	213,22
3	4,70	4,70	211,82
4*	-	-	-

Снять данные с образца № 4* не получилось возможным из-за того, что в процессе доставания образца из разъемного цилиндра он потерял свои жесткие свойства. На основе этого можно сделать вывод, что супесь теряет свою несущую способность при влажности 20 %.

Из-за того, что разница между образцами 3 и 4* с влажностью 15 % и 20 % слишком большая, было принято решение провести эксперимент в указанном диапазоне с целью уточнения параметра влажности, при которой грунт теряет свою несущую способность.

Таблица 3

Исходные данные для нахождения влажности грунта, при которой он теряет несущую способность

№ образца	Масса сухого грунта, г	W, %	Количество воды, мл
4	200	16	32
5	200	17	34
6*	200	18	36

Проведя опыт аналогично первому, получили следующие параметры образцов.

Таблица 4

Параметры образцов при нахождении влажности грунта, при которой онтеряет несущую способность

№ образца	d, см	h, см	G, г
4	4,70	4,70	207,86
5	4,70	4,70	205,65
6*	-	-	-

Таким образом, видно, что потеря несущей способности грунта происходит при переходе влажности с 17 % на 18 %. Для более точного определения границы потери несущей способности построим график зависимости грунта от влажности.

Для этого воспользуемся следующими формулами:

1. Определение объема цилиндра:

$$V = \frac{\pi * d^2}{4} h,$$

где V – объем цилиндра, см^3;

d – диаметр цилиндра, см;

h – высота цилиндра, см.

2. Определение плотности влажного грунта:

$$\gamma_{об} = \frac{G}{V},$$

где $\gamma_{об}$ – плотность влажного грунта, г/см^3;

G – масса влажного грунта, г.

3. Определение плотности сухого грунта:

$$\delta_{ск} = \frac{\gamma_{об}}{1 + 0{,}01W},$$

где $\delta_{ск}$ – плотность сухого грунта, г/ см^3;

W – влажность грунта.

Таблица 5

Результаты расчетов

№ образца	d, см	h, см	G, г	W, %	V, см^3	$\gamma_{об}$, г/см^3	$\delta_{ск}$, г/см^3
1	4,65	4,85	211,99	8	82,32	2,58	2,38
2	4,65	4,60	213,22	10	78,08	2,73	2,48
3	4,70	4,70	211,82	15	81,50	2,60	2,26
4	4,70	4,70	207,86	16	81,50	2,55	2,20
5	4,70	4,70	205,65	17	81,50	2,52	2,16

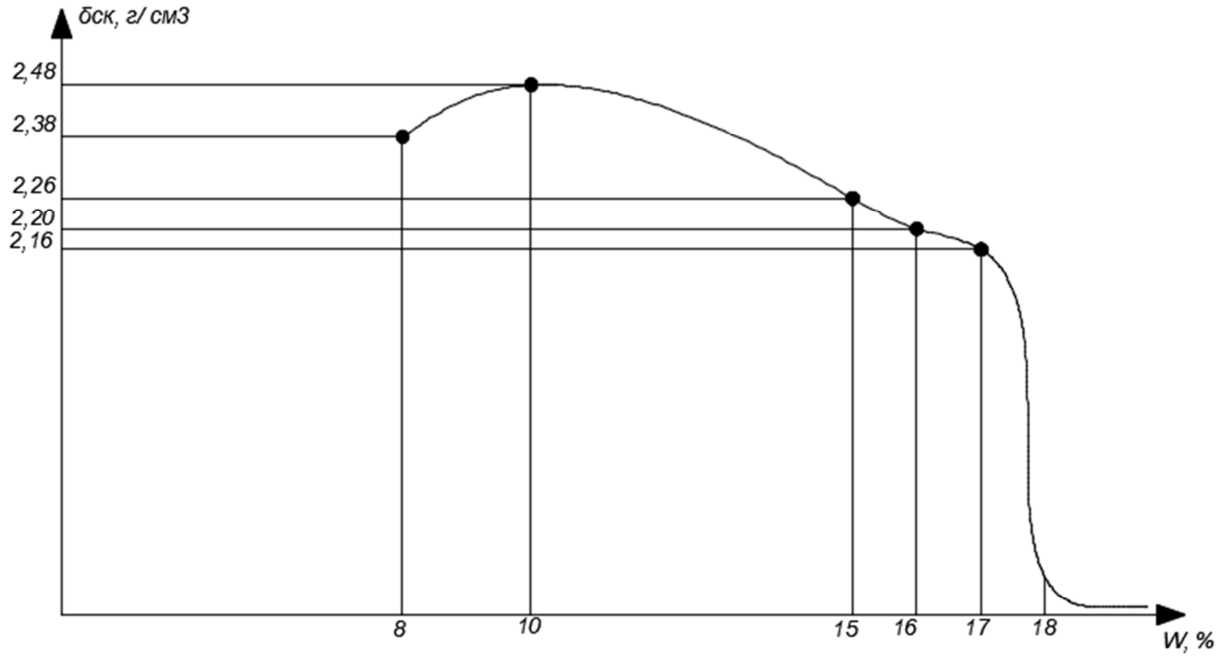


Рис. График зависимости плотности сухого грунта от влажности

Вывод: исходя из проделанной работы, можно сделать вывод, что оптимальная влажность для супеси составляет 10 %. Также на основе опытов и графика можно сделать вывод о том, что после влажности супеси 17 % начинается резкое уменьшение плотности грунта, что

влечет за собой потерю несущей способности. Влажность супеси сразу после схождения снежного покрова, составляет 20–35 %.

Таким образом, опытным путем мы получили влажность, для которой в дальнейшем будет осуществляться подбор дорожно-строительной техники в условиях слабой несущей способности грунта.

Литература

1. Дорожно-строительные машины и материалы. Дорожное грунтоведение и дорожно-строительные материалы : учебное пособие по выполнению лабораторных и расчетных работ для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» (профиль «Лесоинженерное дело»), 08.03.01 «Строительство» (профиль «Деревянное домостроение») / О. В. Зубова, Т. В. Коваленко, В. В. Артемьев, В. В. Силецкий. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2020. – 64 с.

АНАЛИЗ РАБОТЫ ТРАНСПОРТА ДЛЯ ВЫВОЗКИ ДРЕВЕСИНЫ В ОБОСОБЛЕННОМ ПИНЕЖСКОМ ПОДРАЗДЕЛЕНИИ

А.М. Осипова, А.П. Горбатов, А.С. Вашуткин, А.А. Кучина
Россия, Северный Федеральный Арктический университет им. М.В. Ломоносова
г. Архангельск

Аннотация. В основу работы положены данные из ООО ПКП «ТИТАН» на примере обособленного Пинежского подразделения. На предоставленных данных изучили литературу, провели анализ и предложили оптимизацию выпуска автомобилей на линию.
Ключевые слова: лесозаготовка, лесовозный транспорт, объем, выпуск, оптимизация.

Annotation. The work is based on data from LLC PKP «TITAN» on the example of a separate Pinezhsky division. Based on the data provided, we studied the literature, conducted an analysis and proposed optimizing the production of cars on the line.
Keywords: logging, logging transport, volume, output, optimization.

Дерево – это природный материал, обладающий уникальными свойствами, ведь оно не перестает жить даже после того, как было срублено, излучая тепло и особую позитивную энергетику [1]. Жизнь современного человека сопряжена с использованием самых различных предметов, изготовленных из дерева.

Из дерева изготавливают множество предметов из жизни людей, таких как мебель, предметы обихода, посуду, украшения, музыкальные инструменты. На протяжении многих тысячелетий человечество использует древесину как строительный материал. Помимо всех этих обычных продуктов, древесина может быть использована для самых разных инноваций. Она используется для клея, связующих и медицинских веществ в фармацевтической индустрии, загустителя в пищевых продуктах, платформах для клеточных культур, транспортном топливе и текстиле [2]. Несмотря на появление новых, более современных текстур и материалов, популярность древесины в строительстве ничуть не падает. Глядя на это, приходит лишь одна мысль: «Как же важна логистика в сфере перевозки древесины».

В лесных регионах покрытие автомобильных дорог подвержено воздействию автотранспортных средств (далее – АТС) с нагрузками 120–130 кН на одиночную ось. В периоды межсезонья, с характерным для них избыточно увлажненным состоянием дорожных конструкций, в отношении таких АТС вводятся временные ограничения движения, что наносит ощутимый ущерб лесотранспортной логистике, в частности – поставкам сырья на деревоперерабатывающие предприятия.

Необходимо признать, что сезонные весовые ограничения движения автопоездов, перевозящих лесные грузы, свойственны не только российскому лесопромышленному комплексу, они широко практикуются и в развитых зарубежных странах [3]. Ежегодно в регионах России проводится сезонная просушка дорог. На время просушки проезд грузовых автомобилей по трассам ограничивается. Ограничения вводятся как по полной массе транспортных средств, так и по осевым нагрузкам. В Архангельской области просушка дорог проходит приблизительно в период с 10 апреля по 19 мая [4]. Таким образом, можно заметить, что в сезон распутицы объем перевозок значительно падает (рис. 1).

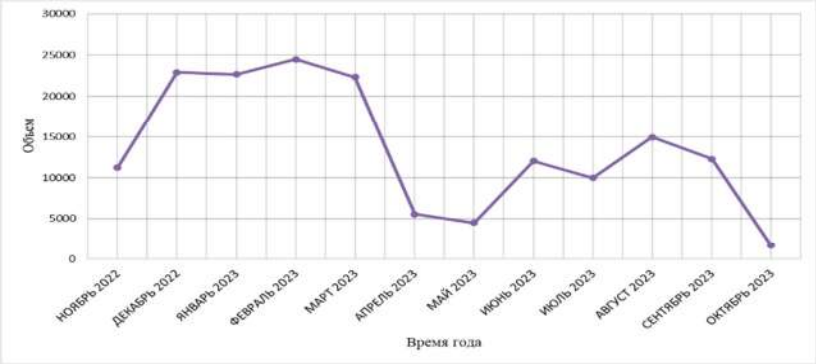


Рис. 1. График зависимости вывозки объема по месяцам

Нормативы нагрузки на оси зависят от нескольких факторов, включая тип автомобиля, число осей и габаритные размеры. Также учитывается характер дорожного покрытия и региональные особенности.

Для грузовых автомобилей с числом осей до 2 и общей максимальной массой до 3,5 тонн, нормативы нагрузки на оси составляют:

1. Ось передняя: до 1,5 тонны.

2. Ось задняя: до 2,5 тонны.

Для грузовых автомобилей с числом осей более 2 или общей максимальной массой более 3,5 тонн, существуют более сложные нормативы, которые зависят от конкретного типа автомобиля и его габаритных размеров. Например, для автомобилей с числом осей от 3 до 5 и общей максимальной массой до 12 тонн, нормативы могут быть следующими:

1. Первая ось: до 4 тонн.

2. Вторая ось: до 8 тонн.

3. Третья ось: до 10 тонн.

4. Четвертая и последующие оси: до 12 тонн.

Ежегодно в регионах России проводится сезонная просушка дорог. На время просушки проезд грузовых автомобилей по трассам ограничивается. Ограничения вводятся как по полной массе транспортных средств, так и по осевым нагрузкам.

Просушка дорог призвана защитить «дорожную одежду» от разрушения в период таяния снега, когда от переувлажнения она становится наиболее хрупкой. В такие моменты проезд грузовика может привести к образованию колеи, а перегруженная фура может и вовсе проломить асфальт.

Есть несколько факторов, влияющих на перевозку сортиментов:

1. Воздействие влаги. Влага является одним из основных врагов лесоматериалов. Влага может привести к деформации, гниению и разрушению древесины, что снижает ее качество и стоимость.

2. Температурные условия. При перевозке в экстремальных температурах, как высоких, так и низких, материалы могут подвергаться деформации, трещинам или даже полному раз-

рушению. Неконтролируемые температурные условия могут быть особенно опасными для материалов, таких как фанера или древесные плиты, которые могут быть чувствительны к изменениям температуры.

Весна, тайга, свежий воздух и никого на 20 км вокруг. Обывателям, возможно, это покажется романтичным. Но только не водителям лесовозов. Застрять в непроходимой чаще нагруженной до отказа машине очень просто. Крупные компании все же строят какую-то инфраструктуру, включая дороги, хотя тоже стараются вывезти весь кругляк еще зимой, пока не настала распутица.

В течение года меняется количество выпуска транспортных средств на линию. И зачастую это связано с сезонными факторами.

Влияние сезонных факторов выражается в следующих параметрах:

1. Скорость доставки. Гололедица, осадки, плохие погодные условия осложняют погрузочно-разгрузочные работы и замедляют движение транспорта.

2. Техническое оснащение грузовика. Каждый сезон требует внесения изменений в комплектацию авто: соответствующий тип резины, тент или навес для защиты груза от осадков, антифриз, дополнительные электронные системы стабилизации.

3. Подготовка водителя. В дороге за сохранность груза несет ответственность водитель, а вождение в сложных условиях требует определенного опыта.

4. Логистика. Маршрут всегда строится с учетом состояния дорог, погоды и общей ситуации по пути. Иногда согласованный вариант приходится перестраивать в процессе движения [5].

При полученных аналитических данных провели анализ и расчет лесовозных транспортов. Выяснилось, что в определенные месяца было выпущено лишнее количество автомобилей, к примеру, в период распутицы все же объем западал, но выпуск был выполнен по максимуму. Получилось оптимизировать график выпуска ТС на линию (рис. 2), что позволит эффективно использовать транспорт, планировать выполнение технического обслуживания автомобилей, повысить экономичность в расходах самого предприятия.

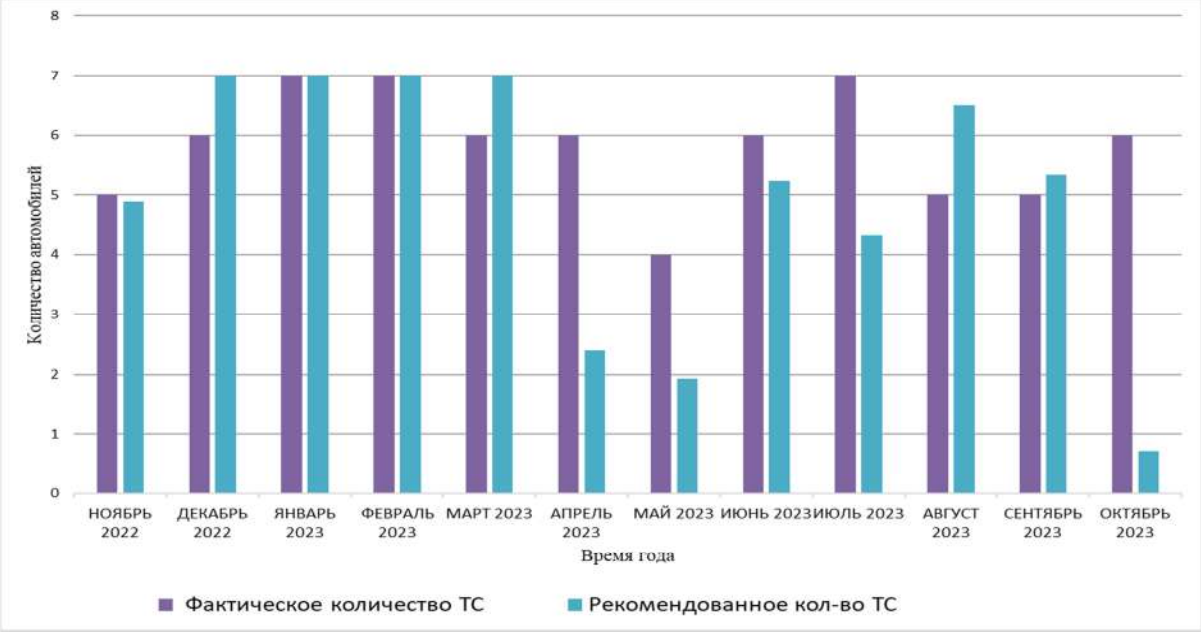


Рис. 2. Оптимизация выпуска ТС на линию

Период распутицы – явление неблагоприятное, особенно для работающих в логистической сфере. Каждый год появляются новые проблемы, но все решаемо, ведь современные технологии не стоят на месте. Новые идеи появляются, логистика расширяется.

Литература

1. Древесина и ее уникальные свойства. – Текст : электронный // Рабиш : сайт. – URL: http://rabish.ru/poleznoe/drevesina-i-ee-unikalnye-svojstva/ (дата обращения: 20.11.2023).

2. Полезные для здоровья свойства древесины. – Текст : электронный // ЛенВуд : сайт. – URL: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiv7Y-FjNWCAxXKGBAIHRqXBM0QFnoECCcQAw&url=https %3A %2F %2Flenwood.ru %2F
articles %2Fpoleznye-svoystva-drevesiny %2F&usg=AOvVaw3uEfaTXIBS3ihD4IXZT_3e&opi=89978449 (дата обращения: 20.11.2023).

3. Меньшиков, А. М. К вопросу о сезонных весовых ограничениях движения лесовозных автопоездов / А. М. Меньшиков, И. Д. Милосердов // БГИТА: Международные научно-технические конференции : сайт. – URL: http://science-bsea.bgita.ru/2019/les_2019/menshikov_vopros.htm (дата обращения: 20.11.2023). – Текст : электронный.

4. Закрытие дорог для грузового автотранспорта 2022. – Текст : электронный // ТрансАвтоЦистерна : сайт. – URL: https://murmansk.трансавтоцистерна.рф/press-centr/news/vesennie-ogranicheniya-dlya-gruzovyh-avtomobiley-v-2022/?ysclid=lp3x275orv46473319 (дата обращения: 20.11.2023).

5. Фактор сезонности в грузоперевозках. – Текст : электронный // ТрансЭкспедиция : сайт. – URL: https://sakh-exp.com/klienty/stati/faktor-sezonnosti-v-gruzoperevozkakh/ (дата обращения: 20.11.2023).

ЗАПАСЫ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

К.О. Платынюк, Т.С. Антонова
Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова г. Санкт-Петербург

Аннотация. В данной статье рассмотрены ряд мероприятий по оптимизации доставки лесопродукции. Целью данного исследования является оптимизация работы цепи поставки путем управления запасами.
Ключевые слова: оптимизация, запасы, материальные потоки, складская логистика, лесопродукция.

Annotation. This article discusses a number of measures to optimize the delivery of forest products. The purpose of this study is to optimize the supply chain by inventory management.
Keywords: optimization, reserves, material flows, warehouse logistics, forest products.

На сегодняшний день оптимизация доставки лесопродукции требует нестандартных решений как на внутреннем рынке страны, так и на внешнем. С каждым днем появляются новые потребители в разных регионах и странах, соответственно, появляются новые транспортные маршруты, которые нуждаются в правильной организации и оптимизации.

Существует много разных способов оптимизации доставки лесопродукции. В данной статье рассмотрена оптимизация доставки лесопродукции путем управления запасами и оптимизацией складской логистики.

Управление запасами по сей день остается актуальной проблемой многих лесозаготовительных и деревоперерабатывающих предприятий. Древесина, как и любое другое сырье, прежде чем попасть к конечному потребителю, проходит различные этапы по обработке, заготовке, складированию и транспортировке. При организации цепи поставок лесопродукции

появляется много пунктов хранения промежуточных материальных запасов (верхний склад, нижний склад, сезонный склад, терминал и т.д.). Древесина, продвигаясь по всей логистической цепи, может задержаться на одном из этапов.

Материальные запасы – это запасы, которые находятся на разных этапах производства и обращения продукции производственно-технического назначения, объекты потребления на внутреннем и внешнем рынке и иная продукция, ожидающая вступления в процессе производства или личного потребления [1].

Создание и хранение запасов – это всегда большие затраты для предприятия, так как в первую очередь запасы – это замороженные финансовые вложения, а также требуются средства на содержание запасов, их складирование, размещение и иные складские операции. А также древесина по своим свойствам при долгом складировании может потерять «товарный вид» и свою ценность. В таких случаях предприятия чаще всего уходят в минус, продавая такую древесину за полцены. Но и отсутствие запасов тоже имеет свои минусы. Их отсутствие приводит к таким потерям, как простои предприятия, потеря не только возможных, но и постоянных потребителей в связи с нарушением сбыта продукции и несоответствием спроса.

Управление запасами лесопромышленного предприятия стоит начать с оптимизации количества и расположения складов, в котором далее будет храниться лесопродукция. Чаще всего на лесных складах происходит многократная перегрузка лесной продукции, которая превышает общий грузооборот почти в 2 раза. В большинстве случаях расстояние транспортировки лесопродукции отнимает много лишнего времени, которое несет в последующем лишние потери. Исходя из этого, оптимизация размещения складов заключается в правильном размещении складов и технологических объектов. Предприятиям нужно установить такие взаимосвязи между ними, так загрузить принятую систему машин, чтобы древесина прошла все необходимые стадии обработки на лесном складе наиболее выгодным маршрутом и не потеряла свои свойства и ценность.

Данная система достигается путем оптимальной работы лесообрабатывающих линий, оптимизации вместимости складов лесной продукции, оптимальной загрузки подъемно-транспортного оборудования, уменьшением работ транспортно-погрузочных операций и рационального размещения складских объектов [2]. Целесообразно разделять места хранения по видам продукции: склады круглых лесоматериалов, пилопродукции, щепы и т.д. От количества мест хранения промежуточных запасов будет зависеть величина затрат на транспортировку продукции.

Следующим мероприятием по оптимизации запасов лесопродукции является управление качеством самой лесопродукции, ведь при несоблюдении технологического процесса обработки древесины и неправильной обработке срок хранения древесины на складе и транспортировки снижается, следовательно, возникают сложности с продажей такой древесины. В данном случае целесообразно найти баланс между временем хранения продукции и качеством продукции.

Управление качеством лесопродукции включает решение следующих задач:

• оптимизация раскроя древесины для получения наиболее ценной продукции;

• выбор технологического процесса, в котором будет использоваться безотходная (малоотходная) технология обработки древесины;

• обеспечение сохранности качества лесной продукции во время ее хранения и транспортировки;

• совершенствование режимов обработки лесопродукции для обеспечения требуемого качества;

• управление и контроль качества лесной продукции.

Качество продукции диктует ограничения к количеству запасов лесопромышленного предприятия. Соответственно возникает два важных вопроса: какое количество запасов необходимо создавать, чтобы обеспечить непрерывность производственного процесса, и сколько времени мы можем хранить древесину без снижения стоимости. Для решения дан-

ной задачи можно использовать логистические модели управления запасами. Несмотря на то что в лесопромышленном производстве имеются свои особенности, данные модели подходят для ответа на поставленные вопросы. Для организации эффективной системы управления запасами необходимо выполнить анализ существующей системы запасов, определить элементы, влияющие на систему, и сформировать правила по принятию решений по формированию запасов.

Заключение. Существует много разных способов оптимизации лесопродукции до конечного потребителя. Организовать всю цепочку поставок, не имея ни единой потери, – невозможно, но можно организовать работу цепи поставок с минимальными потерями, провести мероприятия по оптимизации количества складов и их работы, а также оптимизировать управление материальными запасами лесопромышленного предприятия.

В настоящее время используется много различных платформ, которые позволяют рассчитать необходимое количество требуемой продукции, рассчитать оптимальные сроки хранения и транспортировки, но не все они подходят для решения задач лесопромышленного предприятия. Особенности лесопромышленного комплекса требуют специализированных решений и индивидуального подхода для каждого предприятия.

Литература

1. Ланкина, В. Е. Менеджмент организации / В. Е. Ланкина. – URL: http://www.aup.ru/books/m98/7_10.htm (дата обращения: 07.11.23). – Текст : электронный.

2. Основы Лесопромышленной логистики: учебное пособие по выполнению практических работ для студентов направления подготовки 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» / Т. С. Антонова, Н. А. Тюрин, Л. Я. Громская. – Санкт-Петербург : СПБГЛТУ, 2021. – 92 с.

3. Складская логистика : учебное пособие для студентов бакалавриата направления подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов» / Т. С. Антонова, Э. О. Салминен, Н. А. Тюрин, Л. Я. Громская. – Санкт-Петербург, 2020. – 100 с.

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ И ПОВЕРКА ЛАЗЕРНЫХ ДАЛЬНОМЕРОВ

В.Д. Попов, П.Н. Шушков, А.В. Чураков
Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова
г. Санкт-Петербург

Аннотация. Целью работы является выбор метода работы дальномера, позволяющего заданной точностью определить характеристики древа. Приведенный анализ дает возможность произвести выбор дальномера, наиболее плотно отвечающего требованиям лесозаготовительной промышленности. По результатам анализа рекомендуется для определения характеристик древа использовать дальномер на основе триангуляционного метода.
Ключевые слова: дальномеры, лесозаготовительная промышленность, древостой, метод.

Annotation. The purpose of the work is to choose the method of operation of the rangefinder, allowing to determine the characteristics of the tree with a given accuracy. The analysis makes it possible to select the rangefinder that most closely meets the requirements of the logging industry. Based on the results of the analysis, it is recommended to use a rangefinder based on the triangulation method to determine the characteristics of the tree.
Keywords: rangefinders, logging industry, tree stand, method.

Лазерный дальномер – это устройство, используемое для измерения расстояний с помощью лазерного луча. Он нашел широкое применение в технической геодезии, топографической съемке, военном деле, навигации, астрономических исследованиях, строительстве и транспорте. Одним из применений дальномеров является измерение расстояний и высоты деревьев, а также решение оперативных плотницких задач. Современные лазерные дальномеры в большинстве случаев являются комплектующими и позволяют определять расстояния до интересующих объектов в кратчайшие сроки и с высокой точностью.

Существующие лазерные дальномеры основаны на таких методах измерения, как фазовый метод, импульсный метод и триангуляционный метод.

Фазовый метод измерения расстояния основан на определении разности фаз между отправляемыми и принимаемыми модулированными сигналами.

В этом случае расстояние вычисляется по формуле (1):

$$R = \frac{\varphi 2R * c}{(4\pi * f)}, \quad (1)$$

где φ2R – разность фаз между опорным и рабочим сигналом; f – частота модуляции, с – скорость света .

Работа фазометра зависит от его температуры с небольшим изменением фазы сигнала. Это не позволяет определить точную начальную точку фазы. Для этого измерения фаз повторяются на контрольном отрезке (калибровочной линии) внутри устройства. Основным преимуществом метода фазового измерения является более высокая точность, которая может достигать единиц миллиметров.

Импульсный метод. Метод измерения расстояния по импульсу основан на измерении времени передачи сигнала от приемно-передающего устройства к объекту и наоборот. Зная скорость распространения электромагнитных волн, можно определить расстояние по формуле (2):

$$R = \frac{c*\tau}{2}, \quad (2)$$

где τ – время, измеряемое с момента подачи импульса на лазерный диод до момента приема отраженного сигнала, с – скорость света.

Импульсный метод измерения расстояний уступает по точности фазовому методу. Это связано с тем, что фактическая точность каждого измерения зависит от ряда параметров, каждый из которых может влиять на точность конкретного измерения. Этими параметрами являются:

- продолжительность и форма (особенно наклон передней кромки) зондирующего импульса;
- отражающие свойства объекта;
- оптические свойства атмосферы;
- текстура и ориентация элементарной поверхности объекта, которая приводила к отражению зондирующего луча от линии прямой видимости.

Лазерное сканирование состоит из лазерного дальномера, подходящего для высокочастотной работы, и лазерно-лучевого сканера. Сервопривод и многоугольное или призматическое зеркало действуют как сканеры. Сервопривод отклоняет луч на заданную величину в горизонтальной плоскости, в то время как вся верхняя часть сканера, называемая головкой, вращается. Сканирование в вертикальной плоскости выполняется поворотом или поворотом зеркала (рис. 1).

В отличие от предыдущего, лазер работает непрерывно фазовым методом, но его излучение модулируется по амплитуде сигналом определенной частоты (обычно частотами ниже 500 МГц).

Отраженное от объекта излучение принимается фотоприемником, и его фаза сравнивается с фазой опорного сигнала – от лазера. Наличие задержки при распространении волны создает сдвиг фаз, который и измеряется дальномером. Расстояние определяется по формуле (3) где с – скорость света, f – частота модуляции лазера, 2 – фазовый сдвиг. Эта формула справедлива только в том случае, если расстояние до объекта меньше половины длины волны модулирующего сигнала, которая равна:

$$\frac{c}{2f}. \quad (3)$$

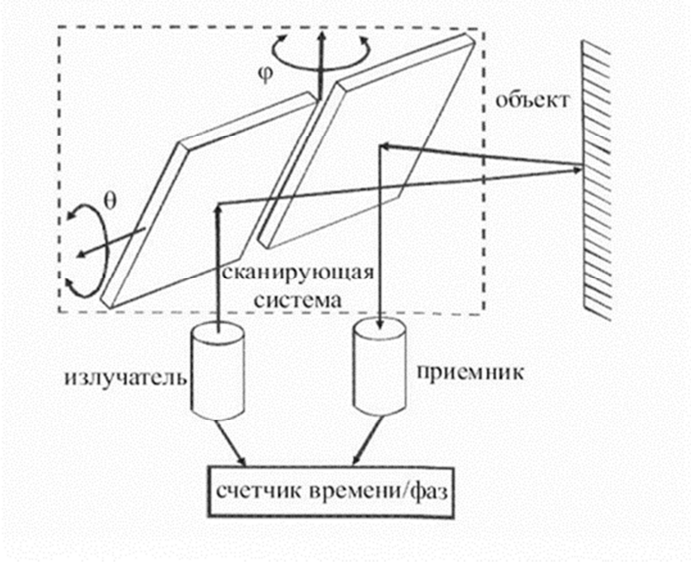


Рис. 1. Лазерное сканирование

Триангуляционный метод. Один из методов измерения расстояния, при котором в качестве измерительного прибора обычно используется лазер. Метод основан на свойстве лазерного луча распространяться на большие расстояния практически без рассеяния. Принцип работы такой измерительной системы заключается в том, что лазер выделяет точку, в которой измеряется расстояние (рис. 2).

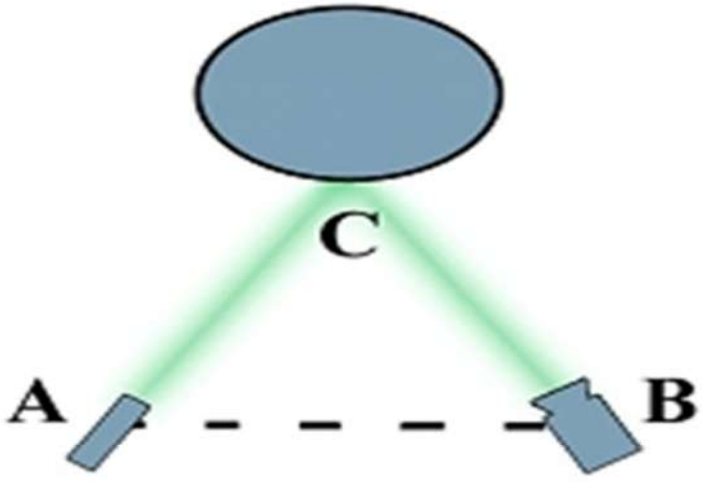


Рис. 2. Триангуляционный метод

Другое чувствительное устройство, расположенное на некотором расстоянии от источника лазерного излучения, регистрирует свет, отраженный от этой точки. Такая конструкция измерительной системы (лазер, интересующая нас точка, детектор) образует треугольник, поэтому метод называется триангуляцией. Детектор обычно представляет собой цифровую видео- или фотокамеру, объектив которой фокусирует падающий отраженный луч на ПЗС-матрице или КМОП-матрице.

Луч, падающий на светочувствительную поверхность датчика, поглощается и образует небольшое пятно света. Положение этой световой точки позволяет измерить угол между отраженным лучом (BC) и лазерной линией датчика (AB). В результате мы знаем три параметра:

• Расстояние от датчика до лазера (AB).

• Угол между лучом и спущенным лазером и лазерной линией датчика (∠CAB).

• Угол между отраженным лучом и лазерной линией датчика (∠CBA).

С помощью этих трех настроек вы можете восстановить все стороны и углы треугольника.

Из-за высокой скорости этот метод часто используется для наблюдения за движущимися или вибрирующими частями механизмов или конструкций. Типичные значения точности для таких измерительных приборов составляют порядка одной десятой процента от измеряемого расстояния. При регистрации отраженного рассеянного излучения метод имеет ограничения на максимально возможное измеренное расстояние, поскольку света, падающего на матрицу, может быть недостаточно для того, чтобы на изображении появилось яркое пятно.

Погрешность измерения дальности можно определить по формуле (4).

$$\delta = \frac{Dmax}{N\text{эл}} = \frac{12\text{м}}{1024} = 0{,}01\text{м}\,, \tag{4}$$

где Dmax – максимально измеряемая дальность, Nэл – количество элементов ЛФП. Так как оптические оси лазерного пучка и дальномера параллельны и смещены друг относительно друга на постоянное расстояние h, то изображение пятна на ЛФП смещено относительно оптической оси объектива, и величина этого смещения зависит от измеряемой дальности до предмета.

Этот метод дает возможность определять высоту дерева даже тогда, когда его верхушка или основание скрыты ветками или кустами, то есть в ситуациях, когда измерение традиционным разностным методом, опирающимся на достижимость нужных точек для луча лазера, невозможно.

В целях обеспечения корректной и обеспечения требуемой точностью необходимо проводить периодическую поверку прибора.

Метрологическая поверка – это процедура, которой должен подвергаться любой измерительный прибор. Она проводится с целью соответствия устройства значениям, регламентированным для аппаратов данного вида. Для этого проводится комплекс мероприятий, выявляющих присущие измерительному средству метрологические характеристики, определяется его соответствие обязательным нормам, условиям, требованиям.

Поверка средств измерения. При проведении поверки должна выполнятся, следующими пунктами:

1. Внешний осмотр средств измерения.

2. Подготовка к поверке и опробование средства измерения.

3. Проверка программного обеспечения.

4. Определение мощности лазерного излучения, диаметра лазерной точки.

5. Определение диапазона измерений расстояний, абсолютной погрешности измерений расстояний, средней квадратной погрешности измерений расстояний.

6. Подтверждение соответствия метрологическим требованиям.

Метрологическая поверка лазерного дальномера включает в себя:

1. Проверка лазерного дальномера на исправность и комплектность.

2. Транспортировка лазерного дальномера в центр сертификации и метрологии.

3. Тестирование лазерного дальномера на стенде в соответствии его описанию типа средств измерений.

3.1. Контроль условий проверки (при подготовке к поверке опробовании средства измерений).

3.2. Определение мощности лазерного излучения, диаметра лазерной точки

3.3. Определение диапазона измерений расстояний, абсолютной погрешности измерений расстояний, средней квадратической погрешности измерений расстояний.

4. Внесение записи в электронный реестр Росстандарта на официальном сайте ФГИС «АРШИН».

5. Выписка свидетельства о поверке прибора при предварительном согласовании с заказчиком.

6. Возврат лазерного дальномера на склад для выдачи заказчику.

Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

Расчет абсолютной погрешности измерений (при доверительной вероятности 0,95) по формуле (5):

$$\Delta S = \pm\left(\left[\frac{\sum_{i=1}^{n} Di}{n} - D_0\right] + 2\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Di-\frac{\sum_{i=1}^{n} Di}{n})^2}{n-1}}\right), \quad (5)$$

где ΔS – абсолютная погрешность измерений расстояния дальномера;

D_0 – эталонное (действительное) значение расстояния;

D_i – значение расстояния, измеренное дальномером, где i=1…n;

n – число измерений расстояния дальномера.

Расчет средней квадратной погрешности измерений расстояний m для каждого эталонного расстояния по формуле:

$$m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(D_0-D_i)^2}{n}}, \quad (6)$$

где m – средняя квадратическая погрешность измерений расстояний дальномера.

Заключение. Приведенный анализ принципа работы дальномеров в условиях лесозаготовок показал, что наиболее целесообразно использовать дальномеры на основе триангуляционного метода, так как они позволяют с достаточной точностью определить характеристики древа.

Литература

1. Государственная система обеспечения единства измерения. Дальномеры лазерные Dimetix метода поверки МП-27/001-2020. – URL: https://www.ktopoverit.ru/prof/metodiki/88761-23.pdf (дата обращения: 13.11.2023). – Текст : электронный.

2. Лучший лазерный дальномер | Выбор | Твой личный рейтинг. – URL: https://fubag.ru/tips/luchshiy-lazernyy-dalnomer-vybor-tvoy-lichnyy-reyting/ (дата обращения: 17.11.2023). – Текст : электронный.

3. Сканирующая измерительная система на основе Триангуляционного лазерного дальномера. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/skaniruyuschaya-izmeritelnaya-sistema-na-osnove-triangulyatsionnogo-lazernogo-dalnomera/viewer (дата обращения: 10.11.2023). – Текст : электронный.

4. Лазерный дальномер, высотомер, угломер Nikon Forestry Pro. – URL: http://www.lessnab.karelia.ru/nikon.htm (дата обращения: 10.11.2023). – Текст : электронный.

5. Лазерный дальномер, высотомер, угломер Laser Geo. – URL: https://lessnabrk.ru/catalog/lesotaks/elpribor/laser-geo/ (дата обращения: 10.11.2023). – Текст : электронный.

6. Импульсный и фазовый дальномеры. – URL: https://studfile.net/preview/2038963/page:4/ (дата обращения: 10.11.2023). – Текст : электронный.

ПОДБОРКА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ БЕСПИЛОТНОЙ РАБОТЫ ХАРВЕСТЕРА

В.Д. Попов, П.Н. Шушков, А.В. Чураков
Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова г. Санкт-Петербург

Аннотация. Целю работы является подборка оборудования, позволяющая организовать беспилотную работу харвестера. Приведенные приборы позволят смоделировать возможную работу беспилотного харвестера в лесозаготовительной промышленности. По результатам подобранное оборудование может быть использовано не только при самостоятельной работе харвестера, а также при сборе массива данных для машины глубокого обучения.
Ключевые слова: харвестер, лесозаготовительная промышленность, машины глубокого обучения, автопилот, датчики.

Annotation. The aim of the work is the selection of equipment that allows organizing unmanned harvester operation. The given equipment will allow modeling the possible operation of unmanned harvester in the logging industry. According to the results, the selected equipment can be used not only in the independent operation of the harvester, but also in the collection of a data set for a deep learning machine.
Keywords: harvester, logging industry, deep learning machines, autopilot, sensors.

Введение. Беспилотная работа харвестера, позволит повысить эффективность вырубки леса под делянку, благодаря возможности безостановочной работы, оставляя только необходимые перерывы в лесозаготовке на дозаправку или техническое обслуживание. Благодаря этому повысится продуктивность рубки из-за отсутствия у машины накапливаемой усталости от продолжительной смены, в отличии от человека.

При выборе схем заготовки древесины нужно рассматривать такие важные данные, как обеспечение безопасных условий труда, возможность создания межоперационных запасов древесины, обеспечение высокопроизводительной работы машин и оборудования. Это позволит уменьшить себестоимость заготовленной древесины в связи с умень-шением затрат на зарплаты операторам харвестеров, что составляет в среднем около 10–20 % от фактических затрат харвестеров на расчетном предприятии в Карелии.

При этом можно будет экономить при производстве харвестером, а именно на кабине оператора, потому что система кондиционирования, остекление ударопрочными материалами, эргономика пультов управления обходится производителю довольно дорого. А при малой степени комфорта кабины харвестера количество операторов, готовых работать на подобном харвестере, кратно сокращается.

Также от квалификации оператора харвестера зависит 50–60 % эффективности рубки леса.

Предлагаемые результаты. Для обеспечения возможности организации беспилотной работы харвестера нужно решить три важные проблемы.

Во-первых, создание 3D-модели леса для лучшей ориентации и продуктивной работы беспилотного харвестера. Во-вторых, разработать модель обучения для машин глубокого обучения. В-третьих, подобрать оборудования для работы беспилотного харвестера.

Перед началом работы нужно разработать технологическую схему заготовки древесины. А для этого предлагаю провести воздушно лазерное сканирование. Оно позволит получить не только карту местности, но также и первичную 3D-модель, с которой будет работать беспилотный харвестер (рис. 1).

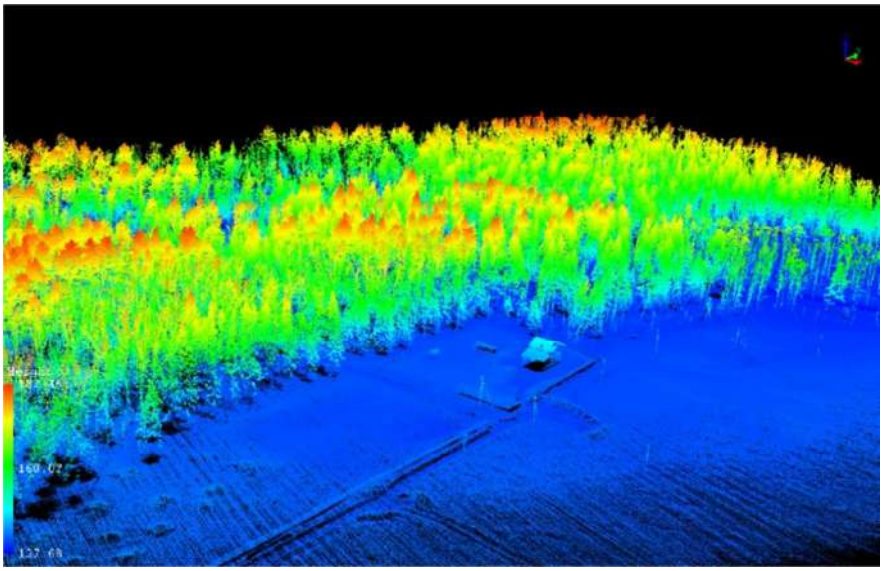


Рис. 1. Пример воздушно лазерного сканирования

Для составления технологической схемы заготовки древесины можно использовать блочно-модульную систему, что позволит максимально эффективно организовать работу беспилотного харвестера. Предлагаю рассмотреть работу беспилотного харвестера при разработке лесосек методом узких пасек (рис. 2).

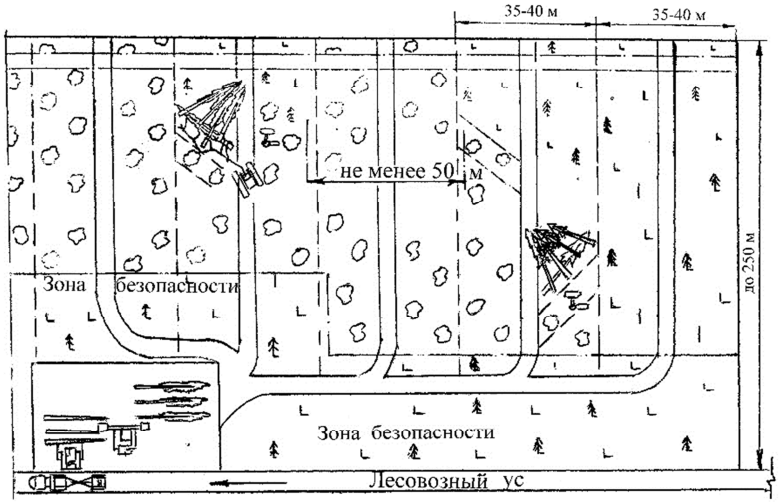


Рис. 2. Схема разработки лесосек с сохранением подроста при валке леса

Как мы можем видеть на рисунке 2, условно говоря, есть две зоны, а именно безопасная зона и зона заготовки древесины. Что позволит беспилотным харвестерам работать без угрозы человеку, потому что они будут производить работу в строго огороженной территории. После разграничения рабочего пространства беспилотного харвестера появляется вопрос об его обучении. Для этого предлагаю использовать технологию глубокого обучения, оно позволит более точно настроить автоматическую работу, благодаря большому массиву необходимых данных для ее обучения.

Также глубокое обучение, в отличие от машинного, позволит не маркировать данные на правильные и неправильные, благодаря чему искусственные нейронные сети могут простроить новый функционал из ограниченных функций.

Для набора большого массива данных предлагаю воспользоваться опытом операторов харвестеров. А именно, организовать работу операторов в харвестере, считывающем и запи-

сывающем данные, на основе которых планируется беспилотная работа харвестера. Чем больше и разнообразнее будут получаемые от оператора данные, тем подготовленнее к разным условиям лесозаготовки будет искусственная нейронная сеть.

Для организации беспилотной работы харвестера нужно подобрать следующее оборудование.

1) Радар. В качестве радара предлагаю использовать купольный радар Lowrance Halo 24. Благодаря встроенной технологии VelocityTrack может обеспечивать мгновенную визуальную связь о том, приближаются к вам цели или нет. Радар Halo 24 автоматически проверяет каждую цель в радиусе действия.

2) Лидар. 3D-лидар Hesai Pandar128 прекрасно подходит для считывания окружающей среды благодаря своим углам обзора, а именно 360° по горизонтали и 40° по вертикали с частотой сканирования 10 Гц. 3D -лидары Hesai максимально полно отвечают поставленным задачам в области получения информации об окружающем мире (лесосеке) путем создания изображения в виде облака точек (рис. 3).

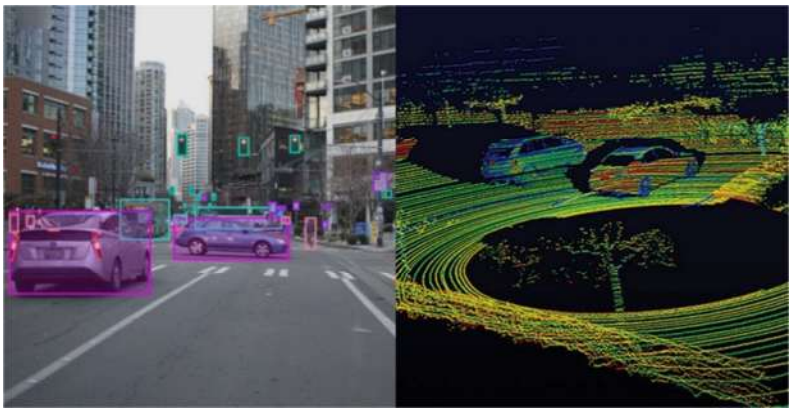


Рис. 3. Вид с камеры(слева) и обработка первичных сигналов Лидара (справа)

Обработка первичных сигналов включает в себя получения сведений о препятствиях, количестве окружающих транспортных средств, пешеходах, а также информацию о дистанции и габаритах окружающей среды.

3) Наружные камеры наблюдения. 3D-камера глубины от Framos D400e разработана специально для производств, использующих передовую технологию стереоизмерения глубины, они обеспечивают исключительную производительность в разнообразных погодных условиях.

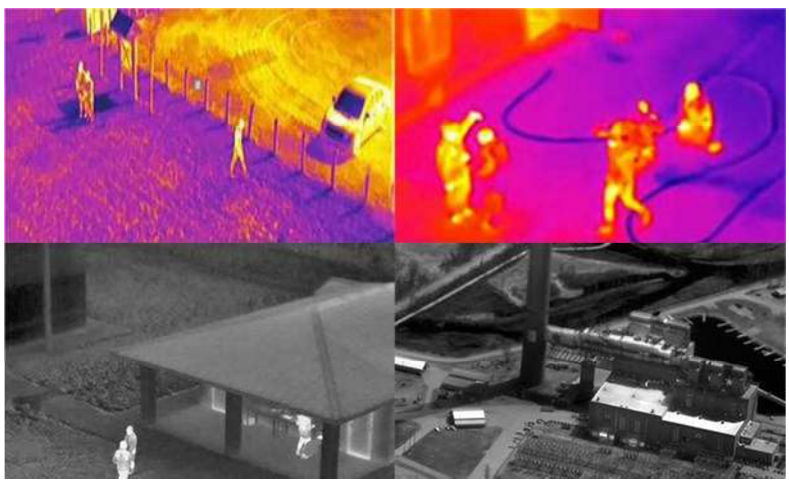


Рис. 4. Кадры со съемок камеры с инфракрасным фильтром

Улучшения качества измерений глубины и производительности, позволяет системе машинного зрения получать более точное представление об окружающей среде и преодолевать такие проблемы, как отражение света, дождь, или работу с поверхностями, лишенными естественной структуры, для более точного перемещения и выполнения задач в лесозаготовке.

4) Датчики GPS. A8 – это профессиональный ГЛОНАСС/GPS терминал для спутникового мониторинга транспорта с впечатляющими возможностями подключения дополнительных датчиков. Опционально к нему можно подключить высокоточные датчики определения уровня топлива, температуры, акустический датчик работы двигателя, блок защиты от неисправности бортовой сети.

5) Датчики работы основных узлов автомобиля. Датчик нагрузки на ось eCargosens Air. На каждую ось устанавливается по одному беспроводному датчику давления. Кабинный блок устанавливается в кабине или, при необходимости, на раме тягача и служит для сбора данных от датчиков давления, их передаче в систему мониторинга через навигационный терминал и в приложение для водителя.

Датчик угла наклона Эскорт ДУ-180, устанавливается на стрелу харвестера и передает информацию на блок мониторинга о своем состоянии только тогда, когда непосредственно происходят манипуляции с харвестерной головкой, определяя общее количество произведенных манипуляций, продолжительность работ, время стоянок, а также сведения о первом и последнем включении.

6) Система компьютерного зрения или распознавание образов. В отличие от Лидар, опирающегося на трехмерную картинку, составленную из «облака точек», CV-система использует двухмерную картинку, которая затем обрабатываются с помощью компьютерного зрения, машинного обучения и искусственного интеллекта, чтобы обнаружить объекты на изображении. Этот процесс разбит на несколько основных шагов, которые описываются формулой:

Классификация объектов + Локация объектов = Обнаружение объектов.

7) Алгоритм принятия решений, штатных и нештатных. Это самый важный компонент в беспилотной машине. От него зависит, что будет делать машина в любой ситуации:

Как объехать препятствие

Что делать если дерево повисло на кроне других деревьев

Что делать если на месте предполагаемого падения появился человек

Для этого используются линейные алгоритмы, нейросети и самообучающиеся алгоритмы – они обрабатывают огромный поток данных со всех радаров, камер и датчиков и принимают решение, что делать дальше. Это позволяет избежать аварии в сложных ситуациях.

Выводы. Приведенное оборудование в организации беспилотной работы харвестера в лесозаготовительных предприятиях наиболее целесообразно как для обычной работы, так и для сбора массива данных для машины глубокого обучения. При использовании беспилотных харвестеров лесозаготовительные компании смогут повысить эффективность лесозаготовки, а также понизить затраты на вырубку лесосек.

Литература

1. Принцип работы харвестера. – Текст : электронный // Спецтехника от А до Я. – URL: tkazimut.com (дата обращения: 20.11.2023).

2. Системы управления харвестерами. – Текст : электронный // Студопедия.Нет. – URL: studopedia.net (дата обращения: 20.11.2023).

3. 3D-лидары для автопилотируемых транспортных средств. – URL: npk-photonica.ru. (дата обращения: 20.11.2023). – Текст : электронный

4. Выполнение подеревной съемки леса площадью более чем 500 га в день. Миф или реальность? – URL: topodrone.ru (дата обращения: 20.11.2023). – Текст : электронный.

5. Разобрали принцип работы автопилотов в современных авто. Насколько это безопасно? – URL: iphones.ru (дата обращения: 20.11.2023). – Текст : электронный

6. Расчет эксплуатационных затрат лесосечных машин / Cost calculation of timber harvest-ing machines. – URL: researchgate.net (дата обращения: 20.11.2023). – Текст : электронный.

7. Как устроены беспилотные автомобили / Журнал «Код» программирование без снобизма. – URL: thecode.media (дата обращения: 20.11.2023). – Текст : электронный.

8. Технология разработки лесосек на рубках леса. – URL: studfile.net (дата обращения: 20.11.2023). – Текст : электронный.

ФИЛЬТР ТРЕХМЕРНЫХ ТОЧЕК, ОСНОВАННЫЙ НА РАССТОЯНИИ ДЛЯ ОБЛАКА ТОЧЕК, ПОЛУЧЕННОГО ПРИ НАЗЕМНОМ СКАНИРОВАНИИ УЧАСТКА ЛЕСА

Д.И. Рогачев
Россия, Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана г. Мытищи

Аннотация. Данная статья представляет собой исследование, посвященное разработке и применению фильтра трехмерных точек, основанного на расстоянии, для обработки облака точек, полученного при наземном сканировании участка леса с использованием технологии LIDAR. В статье рассматривается метод фильтрации, анализируются особенности обработки трехмерных данных и предлагаются рекомендации для улучшения точности и качества облака точек, особенно в контексте лесистых территорий.
Ключевые слова: Lidar, наземное сканирование леса, облако точек.

Annotation. This article is a study devoted to the development and application of a three-dimensional point filter based on distance for processing a point cloud obtained by ground scanning of a forest area using LIDAR technology. The article discusses the filtering method, analyzes the features of processing three-dimensional data and offers recommendations for improving the accuracy and quality of the point cloud, especially in the context of wooded areas.
Keywords: Lidar, ground forest scanning, point cloud.

Современные технологии играют ключевую роль в изменении и улучшении способов работы в лесном хозяйстве, и автоматизация технологических процессов – не исключение [1]. Будущее автоматизации лесозаготовки связано с развитием специализированных робототехнических систем, способных выполнять широкий спектр задач, начиная от вырубки до заготовки и транспортировки древесины. Это потенциально может снизить риски для работников и оптимизировать процессы [2].

Интеграция LIDAR-технологии на лесозаготовительных машинах открывает перед отраслью лесного хозяйства удивительные возможности для повышения производительности и оптимизации процессов [3, 4].

На основе данных, полученных с помощью LIDAR, возможно реализовать системы, которые способны определять наиболее подходящие для валки деревья, основываясь на их диаметре, высоте, форме и других параметрах [5]. Это значительно повышает эффективность валки и уменьшает количество ошибок при выборе деревьев для заготовки.

Работа такой системы подразумевает сегментирование деревьев из цифровой карты местности. На рисунке 1 представлен пример сегментации деревьев из облака точек полученного с помощью LIDAR LIVOX MID-70.

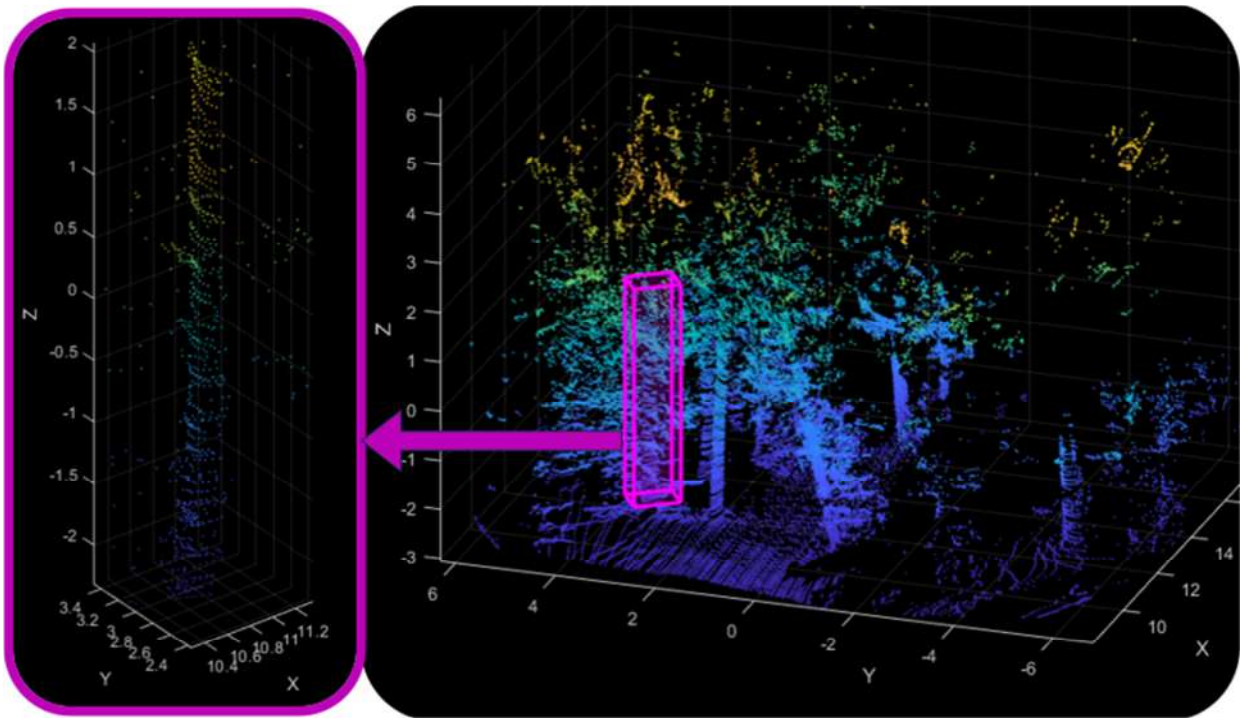


Рис. 1. Пример сегментации

Для реализации фильтра определимся с целевыми точками, от которых хотим избавиться:

1) единичная точка, которая удалена от основного массива точек на значительное расстояние;

2) группа точек – это незначительное количество точек в сравнении с основным массовым. Расстояние между точками, входящими в данную группу, значительно меньше, чем с основным массивом.

Для реализации фильтра представим массив точек в виде матрицы:

$$[X, Y, Z] = \begin{bmatrix} X_{1,1} & Y_{1,2} & Z_{1,3} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ X_{N,1} & Y_{N,2} & Z_{N,3} \end{bmatrix},$$

где $[X, Y, Z]$ – координаты в декартовой системе координат.

Определим расстояние между точками и представим в виде квадратной матрицы NxN:

$$\Delta = \sqrt{(X_N - (X_N)^T)^2 + (Y_N - (Y_N)^T)^2 + (Z_N - (Z_N)^T)^2}.$$

На выходе получим матрицу вида:

$$\Delta = \begin{bmatrix} 0 & \cdots & J_{1,N} \\ \vdots & 0 & \vdots \\ J_{N,1} & J_{N,2} & 0 \end{bmatrix}.$$

Отсортируем матрицу расстояния по левому краю:

$$sRo = \begin{bmatrix} 0 & < & sR_{1,1} & < & R_{1,N} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ 0 & < & sR_{N,1} & < & sR_{N,N} \end{bmatrix}.$$

Исключив первый столбец, получим матрицу sR, размер которой Nx$(N-1)$, в которой записано расстояние от точки до всех соседних, порядковый номер строки соответствует номеру точки в исходном массиве точек.

Определим среднее арифметическое для каждой точки и запишем в матрицу:

$$\bar{J} = \begin{bmatrix} \frac{1}{1}\sum_{i=1}^{1} sR_{N,1} & \cdots & \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} sR_{1,N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} sR_{N,1} & \cdots & \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} sR_{N,N} \end{bmatrix}.$$

Произведем анализ полученной матрицы: определим минимальное и максимальное значение для каждого столбца и определим количество строк, значение которых больше среднего значения столбца. На рисунке 2 представлен результат расчета значений.

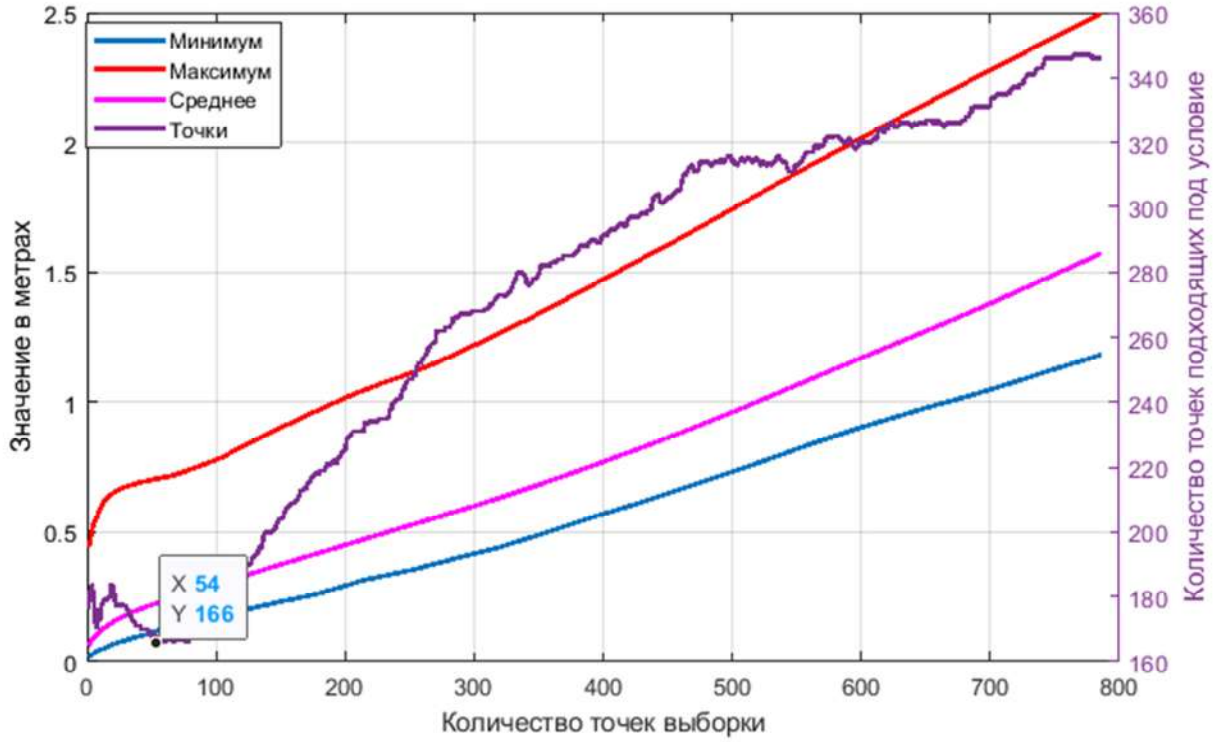


Рис. 2. Результат анализа точек

По результатам расчета произведем три выборки по следующем условиям (рис. 3):

А – точки у которых расстояние до ближайшей точки больше 0,1 мм.

Б – определим значение среднего расстояния для каждой строки по выборки 54 столбца матрицы $\bar{J}$. Получившийся вектор столбец усредним, определив среднее расстояние для всех точек, и выберем точки, у которых собственное среднее больше общего среднего.

В – определим среднее расстояние для каждой точки по выборке из всех точек и определим значение среднего расстояние для всех средних. Взяв получившиеся среднее, определим точки, у которых общее среднее больше чем у других.

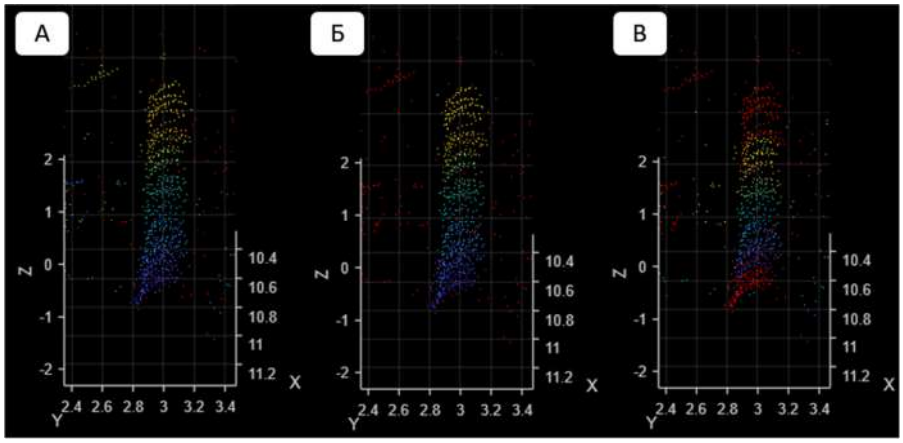


Рис. 3. Результаты выборки

По результатам выборки можно сделать вывод о том что: 1) выборка по расстоянию до одной соседней точки не способна избавиться от группы точек; 2) выборка по среднему значению всех точек не подходит для нашего случая, так как фильтрация точек происходит по дальности удаления точек от центра массива точек; 3) выборка по среднему значению n-го количества точек наиболее подходящая, так как мы избавляемся от единичных точек и от групп точек, удаленных на расстояние от основного массива точек.

Данный метод фильтрации показывает потенциал для применения в областях геоинформационных систем, картографии и лесного хозяйства, где высокая точность трехмерных данных имеет важное значение. Дальнейшие исследования могут быть направлены на расширение области применения данного метода, а также на улучшение его эффективности в различных условиях сканирования и типах лесных покровов.

Литература

1. Клубничкин, В. Е. Автоматизация технологических процессов лесозаготовительной машины / В. Е. Клубничкин, Е. Е. Клубничкин, Д. И. Рогачев // Научно-технический вестник Поволжья. – 2021. – № 12. – С. 114–117. – EDN ETRGAN.

2. Клубничкин, В. Е. Формирование облика гусеничных беспилотных трелевочных машин / В. Е. Клубничкин // Актуальные проблемы развития лесного комплекса : Материалы XX Международной научно-технической конференции (Вологда, 06 декабря 2022 г.) / ответственный редактор Е. А. Иванищева. – Вологда : Вологодский государственный университет, 2022. – С. 287–291. – EDN ERERIT.

3. Рогачев, Д. И. Концепция системы поддержки принятия решений оператора лесозаготовительной машины / Д. И. Рогачев // Современный лесной комплекс страны: актуальные векторы развития : материалы Всероссийской научно-практической конференции (Воронеж, 05 октября 2023 г.) / ответственный редактор А. А. Платонов. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 120–124. – DOI 10.58168/MFCCAVD_120-124. – EDN WFTJTK.

4. Рогачев, Д. И. Цифровой ассистент оператора лесозаготовительной машины / Д. И. Рогачев // Студенческая научная весна : тезисы докладов Всероссийской студенческой конференции, посвященной 175-летию Н. Е. Жуковского (Москва, 01–30 апреля 2022 г.). – Москва : Научная библиотека, 2022. – С. 602–603. – EDN SHDACX.

5. Рогачев, Д. И. Краткий анализ возможного расположения лазерного сканера LIDAR на лесозаготовительной машине / Д. И. Рогачев // Современный лесной комплекс страны: актуальные векторы развития : материалы Всероссийской научно-практической конференции (Воронеж, 05 октября 2023 г.) / ответственный редактор А. А. Платонов. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 60–63. – DOI 10.58168/MFCCAVD_60-63. – EDN KPRNXR.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ТРУДНОДОСТУПНЫХ ЛЕСОСЕК

К.В. Россихин, Ф.В. Свойкин
Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова г. Санкт-Петербург

Аннотация. В статье предложены актуальные промышленные решения для природосберегающего освоения труднодоступных лесосек путем применения снегоболотоходов «Тром» отечественного производства на пневматиках сверхнизкого давления, которые успешно применяются в настоящее время недропользователями РФ.
Ключевые слова: снегоболотоход, пневматики сверхнизкого давления, вездеход, Тром.

Annotation. The article proposes current industrial solutions for the environmentally friendly development of hard-to-reach logging sites through the use of domestically produced Trom snow and swamp-going vehicles on ultra-low pressure pneumatics, which are currently successfully used by subsoil users of the Russian Federation.
Keywords: snow and swamp vehicle, ultra-low pressure pneumatics, all-terrain vehicles, Trom.

В настоящее время тенденция снижения последствий прохода техники по труднодоступным лесосекам особенно актуальна. При проведении логистических работ по вывозке круглого лесоматериала, доставке технологических машин, а также при осуществлении подготовительных, основных и заключительных работ оказывается воздействие на почву, воду, воздух, биоразнообразие и др., которое следует уменьшать исходя из соображений экологии [1]. Воздействие техники на почвы малонарушенных территорий и схожих местностей, особенно в ходе логистических операций по доставке грузов и персонала, представляет особую проблему. Различные факторы, такие как гранулометрический состав почвы, влажность, содержание органических веществ, уклон местности, а также тип, размер и характеристики транспортных средств, давление и форма шин, а также количество проездов, оказывают влияние на масштабы, степень и длительность как прямого, так и косвенного воздействия техники на почвы [2].

Традиционно для освоения территорий применялись классическая гусеничная техника и тяжелый колесный спецтранспорт. Также привлекались традиционные методы, вроде создания зимников. Однако, в свете климатических изменений, эти технологии и средства часто становятся неработоспособными, не соответствуя современным требованиям в развитии науки и техники (рис. 1).

В свою очередь, для перемещения в сложных почвенно-грунтовых (слабонесущие грунты III–IV категорий) и климатических условий, а также для сохранения земляного покрова создана специальная техника на шинах сверхнизкого давления и полой рамой – ТРОМ. Данная техника пользуется спросом на арктическом побережье: полуостров Ямал, Надымский район, Тазовский район, Пуровский район, Таймырский Долгано-Ненецкий автономный округ, привлекались к ликвидации последствий аварии в Норильске, среди стратегических партнеров компании ООО «Геопроектизыскания» полуостров Ямал, район Нового порта, ООО «Навгис» Ванкорское месторождение, Сузунское месторождение, Пякехинское месторождение, ООО «Барс» Ванкорское месторождение, ООО «Сервисная нефтяная компания» и т.д.



а) б)

Рис. 1. Климатические проблемы работы техники:
а – колесный сортиментоподборщик, б – валочно-сучкорезно-раскряжевочная машина

На базе такой технологии существуют следующие машины:
- грузопассажирский вездеход (рис. 2 а);
- вездеход с буровой установкой (рис. 2 б);
- плавающий вездеход с экскаваторной установкой (рис. 2 в);
- плавающий мульчер (рис. 2 г).



Рис. 2. Вариации вездеходов ТРОМ:
а – грузопассажирский вездеход, б – вездеход с буровой установкой,
в – плавающий вездеход с экскаваторной установкой, г – плавающий мульчер

Эксплуатация транспортных средств ТРОМ на протяжении многих лет подтверждает их благоприятное воздействие на ПГУ. Корневая система травяного покрова остается неповрежденной, а стебли поднимаются через два дня после проезда вездехода. Уплотнение почвы под колесами в два раза меньше, чем при движении человека. Удельное давление вездехода ТРОМ с полной загрузкой составляет 0,12 кг/см^2, в то время как человек оказывает давление 0,25–0,3 кг/см^2 на слабом грунте.

Для достижения таких параметров, в проектировании трансмиссии облегченного шасси снегоболотохода ТРОМ используют привода Робсона (роликовый привод), что позволило сделать привод на все 8 колес, имея на борту 1 раздаточную коробку и два моста. Балансирная подвеска позволила данному шасси всегда иметь равномерное сцепление с поверхностью земли всеми восьмью колесами независимо от рельефа местности. Учитывая, что вся техника ТРОМ плавающая, шасси состоит из двух сочлененных герметичных лодок. Двигатель, КПП, раздаточная коробка, два моста и все агрегаты размещены внутри герметичных лодок, что не позволяет проливаться маслам и другим технические жидкостям в почву. Благодаря этому возможно применение машин с минимальным воздействием на экосистему в природных парках, родовых угодьях, заповедника, заказниках, национальных парках, где помимо минимального удельного давления на почву и отсутствию возможных утечек жидкостей учитывается и количество выхлопных газов.

Стоит отметить, в сегодняшней геополитической ситуации важным аспектом становится комплектация техники отечественными узлами и агрегатами, техника ТРОМ на 80 % состоит из отечественных комплектующих, что позволяет снизить затраты на эксплуатацию (расходники) и ремонт подобной техники.

Что касается решений для лесной промышленности, с использованием этой технологии были созданы колесные сортиментоподборщики (далее – КС) разных видов. Например, КС ТРОМ 20 УЭС – 8-колесный форвардер с двумя погрузочными площадками под сортименты длиной от 4 до 6 метров (рис. 3), и КС ТРОМ 20 – 12-колесный форвардер с одной погрузочной площадкой (рис. 4).



Рис. 3. КС Тром 20 УЭС

Грузоподъемность техники составляет 10 тонн. В случае с ТРОМ 20 УЭС, его собственная масса имеет значение в 8 тонн. Такая особенность реализуется благодаря вышеуказанной технологии. Помимо этого, машина способна развивать скорость в сложных ПГУ до 12 км/ч [3].

В последних модификациях форвардера ТРОМ устанавливается улучшенная гидравлика в трехоперационном манипуляторе Армада для подъема большей пачки сортиментов и увеличения скорости работы манипулятора.

Хотелось бы отметить, что производство лесной техники не останавливается на производстве колесных сортиментоподборщиков, на данный момент ведутся работы по разработке валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины на базе той же технологии с собственной харвестерной головкой.



Рис. 4. КС Тром 20

Снегоболотоходы ТРОМ широко востребованы недропользователями. Многолетний опыт эксплуатации более 200 единиц этих транспортных средств подтвердил их выдающиеся характеристики. Пользователи отмечают высокую энергоэффективность, грузоподъемность и способность справляться с трудными природными и климатическими условиями. Особенно ценится способность быстро и эффективно передвигаться по увлажненным, заболоченным почвам с низкой несущей способностью, а также в пересеченной местности и глубоком снежном покрове. Эти качества делают снегоболотоходы ТРОМ наилучшим выбором для заказчиков, ценящих эффективность и надежность в самых трудных условиях.

Что касается экологического фактора, то здесь можно сказать следующее: технически обеспечено отсутствие попадания на почву масел и технических жидкостей за счет конструктивных решений; снижается антропогенная нагрузка при перевозке грузов.

Литература

1. Sustainable Forest Operations (SFO): A new paradigm in a changing world and climate / E. Marchi, W. Chung, R. Visser [et al.] // Science of the Total Environment. – 2018. – Vol. 634. – P. 1385–1397.

2. The impact of heavy traffic on forest soils: A review / M. Cambi, G. Certini, F. Neri, E. Marchi // Forest Ecology and Management. – 2015. – № 338. – P. 124–138.

3. Россихин, К. В. Совершенствование технологического процесса первичной вывозки древесины путем применения отечественных решений на базе снегоболотоходной техники ТРОМ / К. В. Россихин, Ф. В. Свойкин, В. А. Кацадзе // Актуальные проблемы развития лесного комплекса : материалы XX Международной научно-технической конференции. – Вологда : ВоГУ, 2022. – С. 328–332.

ДРЕВЕСНАЯ ЗЕЛЕНЬ – ОТХОД ЛЕСОЗАГОТОВКИ КАК СЫРЬЕ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

В.И. Рощин, Д.С. Миксон
Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова г. Санкт-Петербург

Аннотация. В последние годы разработаны новые технологии по получению кормовых добавок для сельскохозяйственных животных и птицы. Приведены основные результаты исследований по использованию в качестве кормовых добавок препаратов из древесной зелени в животноводстве и птицеводстве. Добавка к основному рациону крупного рогатого скота (КРС) позволяет увеличить удои молока, повысить качество продукции и здоровья животных. Для сельскохозяйственной птицы – увеличить интенсивность яйценоскости, качество яйца и его инкубационных характеристик.
Ключевые слова: древесная зелень, отход лесозаготовки, сосна обыкновенная, ель европейская, кормовая добавка, куры-несушки, коровы.

Annotation. New technologies have been developed to obtain feed additives for domestic animals and domestic birds. The main results of research on the use of preparations from woody greens as feed additives in animal husbandry and poultry farming are presented. The woody green addition to the main diet of cows allows you to increase milk yields, improve the quality of products and animal health. For agricultural poultry – to increase the intensity of egg production, the quality of the egg and its incubation characteristics.
Keywords: woody greens, logging waste, *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, feed additive, chickens, cows.

Жвачные животные и птицы в своем рационе питания и профилактике заболеваний эволюционно зависят от зеленой части растений. За последние десятилетия произошли значительные изменения в развитии интенсивного выращивания мясо-молочной продукции, яйца и мяса птицы, благодаря научной селекции и генетике. Большие изменения произошли в кормопроизводствах, но заменить зеленую живую часть растений в стране умеренного климата, вероятно, невозможно. С середины 60-х годов в Лесотехнической академии были проведены опыты, а затем в более 2000 хозяйствах использовалась хвойная древесная зелень – отход лесозаготовок – в качестве хвойной витаминной муки.

При заготовке хвойной древесины образуются многотоннажные отходы в виде пней, корней, коры и древесной зелени. Древесная зелень (ДЗ) представляет собой охвоенные ветви, в хвое которых происходят процессы фото- и биосинтеза. Именно поэтому в ДЗ содержатся различные классы природных соединений, которые могут быть использованы в медицине и сельском хозяйстве. Кроме этого, при полной переработке всей биомассы дерева решаются и другие задачи – выпуск новых товаров и продуктов для народного потребления и увеличение степени использования биомассы дерева, которые создают пожароопасную ситуацию.

ДЗ сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и ели европейской (*Picea abies*) является наиболее подходящим сырьем для получения кормовых добавок на их основе ввиду распространенности этих хвойных пород на территории Российской Федерации. Исследования по химическому составу (табл. 1), проведенные ранее в Лесотехническом университете в Санкт-Петербурге [1], показали, что ДЗ сосны и ели содержит широкий спектр биологически активных веществ (БАВ), которые необходимы для питания животного организма – мле-

копитающих и птицы, а также для улучшения показателей здоровья животных и птицы, отдельных органов и органелл клеток.

Таблица 1

Состав БАВ ДЗ сосны обыкновенной и ели европейской

Компонент		Содержание, % от сухого сырья	
		Сосна	Ель
1	Лигнин	18-22	20-24
2	Целлюлоза	28-32	23-25
3 3.1	Протеин Свободные аминокислоты	6-16 3-5	6-14 3-4
4	Минеральные вещества	3-6	3-10
5	Растворимые углеводы, из них:	18-24	20-34
	Крахмал	2-10	4-16
	Глюкоза	4-17	6-8
	Фруктоза	20-56	23-25
	Сахароза	18-33	18-22
	Рафиноза	7-15	30-35
6	Пентозаны, % от массы сух. сырья	5-8	6-14
7	Пектиновые вещества	5-6	3-4
8	Высшие жирные кислоты (свободные) «связанные» высшие жирные кислоты	2-3 2-3	1-3 2-5
9	Жиры	1	1
10	Хлорофиллы	1	1-2
11	Каротиноиды	0,5-0,8	0,6-1,0
12	Полипренолы	0,6-0,8	1,0-1,3
13	Витамины: С, Е, К и набор витаминов группы В		

На основе ДЗ сосны обыкновенной была разработана хвойная кормовая добавка [2–4], производство которой находится в Нижнем Новгороде. Проведенные испытания в Аграрном институте (Мордовия) показали (табл. 2), что полученная кормовая добавка в количестве 300 мл к основному рациону увеличивает продуктивность коров на 6–25 % в зависимости от породного состава, условий кормления и содержания.

Таблица 2

Показатели молочной продуктивности коров

Показатель	Группа			
	Контрольная	1-я опытная	2-я опытная	3-я опытная
Удой за 60 дней лактации, кг	1647±21,2	2060±18,5	1993±21,4	1983±20,8
Валовый надой, кг	8235±202	10300±189	9965±208	9915±210
Содержание жира, %	4,05±0,03	4,17±0,02	4,12±0,03	4,10±0,02
Содержание белка, %	3,42±0,01	3,46±0,01	3,45±0,01	3,41±0,01
Количество молочного жира, кг	333,5	429,5	410,5	384,7

В опыте по показателям отела коров-первотелок (табл. 3) показано, что хвойная кормовая добавка улучшает состояние коров в период отела и осеменения (улучшается оплодотворимость), снижается сервисный период.

Фитодобавка «Хвойная» также была разработана на основе ДЗ сосны обыкновенной специально для сельскохозяйственной птицы. Испытания добавки проходили на двух видах птицы – перепелах (в Омском аграрном университете) и на курах-несушках (Всероссийский научно-исследовательский институт птицеводства, г. Сергиев Посад).

Таблица 3

Показатели воспроизводимости коров-первотелок

Показатели	Группа						
	Контрольная	1-я опытная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная	5-я опытная	6-я опытная
Число коров в группе, гол.	10	10	10	10	10	10	10
Задержание последа, %	20	10	10	-	10	10	-
Эндометриты, %	10	10	10	-	-	-	-
Оплодотворяемость от первого осеменения, %	30	50	50	60	60	60	60
Сервис-период, дней	107	95	95	85	85	80	75
Индекс осеменения	2,3	1,6	1,6	1	1,5	1,4	1,4
Масса теленка при рождении, кг	33,5	34,5	34,6	35,2	34,5	35,3	35,5

Фитодобавка в рационе перепелов незначительно увеличила живую массу в возрасте 99 дней по сравнению с контролем, но увеличилась интенсивность яйценоскости на 9 %. Валовое производство яиц увеличилось в 1-й группе (кормовая добавка – 2 % к основному рациону) на 404 шт. и на 363 шт. во 2-й группе (добавка 1,5 % к основному рациону) по сравнению с контролем. Яйцемасса в опытных группах увеличилась на 5 кг с сравнении с контролем. Расчет экономической составляющей фитодобавки в рацион перепелов показал, что затраты на корма при получении 1 кг перепелиной массы в опытных группах на 20 % меньше, чем в контроле. Прибыль от получения инкубационного яйца перепелок составила за период опыта 3659 и 2489 руб. соответственно в 1 и 2 опытных группах, а рентабельность 140,4 и 123,4 по сравнению с контролем.

Опыт на курах-несушках, аналогично перепелам, подтвердил эффективность зоотехнических показателей. К основному рациону 3-х опытных групп добавляли 1, 1,5 и 2 % «Фитодобавки» к основному рациону. За период опыта (30 дней) живая масса кур-несушек незначительно увеличилась по сравнению с контролем. Яйценоскость в опытных группах у кур-несушек увеличилась от 4,7 % (1 группа) до 10,3 % (3 группа), а интенсивность яйценоскости – на 4,2 и 9,1 % соответственно. Результаты полученные при инкубации яйца показали более высокую оплодотворенность яиц, выводимость яиц и вывод цыплят, близкий к 100 %, в контроле около 80 %. Практически отсутствуют заболевания цыплят в опытных группах, по сравнению с контролем.

Хвойная фитодобавка в значительной мере улучшает качество яиц. При небольшом увеличении в яйце содержания протеина и минеральных веществ в значительной степени увеличивает содержание витаминов: содержание каротиноидов и витамина А почти в 2 раза, витамина Е –

в 3 раза, витамина В2 – в третьей опытной группе в 1,5 раза. Увеличивается толщина скорлупы и ее прочность. Все эти показатели повлияли и на инкубационные свойства яиц.

В заключение можно сделать выводы, что данные кормовые добавки на основе природного сырья – древесной зелени (отхода лесозаготовки) – показали свою эффективность и благоприятное воздействие на организмы сельскохозяйственных животных и птицы. Благодаря наличию различных биологически активных веществ в составе древесной зелени снижается необходимость использовать синтетические добавки. Улучшается физиологическое состояние КРС и сельскохозяйственной птицы, качество получаемой продукции и воспроизводимости молодняка.

Литература

1. Рощин, В. И. Состав, строение и биологическая активность терпеноидов из древесной зелени хвойных растений : специальность 05.21.03 : диссертация на соискание ученой степени доктора химических наук / В. И. Рощин. – Санкт-Петербург, 1995. – 406 с.

2. Кормовая добавка для высокопродуктивных коров на основе древесной зелени / В. П. Короткий, В. А. Рыжов, Е. С. Рыжова, В. И. Рощин // Леса России: Политика, промышленность, наука, образование : материалы Третьей Международной научно-технической конференции. – Санкт-Петербург, 2018. – Т. 2. – С. 95–98.

3. Патент RU 2 543 814 C2. Хвойная энергетическая добавка. – Россия, 2015.

4. Биологически активные продукты на основе древесной зелени / Л. В. Лебедева, Д. С. Миксон, А. И. Рабимов [и др.] // Экологобезопасные и ресурсосберегающие технологии и материалы : IV Всероссийкая молодежная конференция. – Улан-Удэ, 2020. – С. 238.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ВНЕДРЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ

И.И. Сененкова, А.В. Теппоев
Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова г. Санкт-Петербург

Аннотация. Новым термином в области моделирования физических систем является концептуальный метод «Цифровой двойник». Двойники используют метод цифрового представления и моделирования, способный расширить и улучшить жизненный цикл сложных объектов, систем и процессов. Цифровой двойник – это виртуальное представление реального объекта, системы или процесса. Это цифровая модель, которая отображает физические и функциональные характеристики объекта в реальном времени. В настоящее время технология «цифрового двойника» стала одним из ключевых направлений исследований во всем мире. В связи с этим она применяется и используется в различных областях.
Ключевые слова: цифровой двойник, моделирование, планирование и управление производством.

Annotation. A new term in the field of modeling physical systems is the conceptual method of Digital Twin. It uses a digital representation and modeling method that can extend and improve the life cycle of complex objects, systems and processes. A digital twin is a virtual representation of a real object, system or process. It is a digital model that displays physical and functional characteristics of an object in real time. Currently, the «digital twin» technology has become one of the key areas of research all over the world. There-fore, it is applied and used in various fields.
Keywords: digital twin, modeling, production planning and control.

Актуальность. В современном мире происходят масштабные процессы изменений функционирования отдельных компаний и целых отраслей экономики, основанные на стремительном развитии целого ряда цифровых технологий. Эти процессы называются цифровой трансформацией, а в число технологий, которые позволяют осуществить цифровую трансформацию, чаще всего включают искусственный интеллект и машинное обучение, интернет вещей и большие данные, технологии распределенного реестр, робототехнику и квантовые технологии, виртуальную и дополненную реальность, предиктивную аналитику, нейротехнологии и фотонику. Особое место в этом ряду принадлежит цифровым двойникам, поскольку они могут выступать не только как отдельная технология, но и как результат применения этой технологии.

Цифровой двойник (Digital Twin) – это виртуальное представление реального объекта, системы или процесса. Это цифровая модель, которая отображает физические и функциональные характеристики объекта в реальном времени. Цифровой двойник может включать в себя данные о состоянии, местоположении, работе и других аспектах объекта.

Основоположник концепции цифровых двойников профессор Майкл Гривс (Michael Grieves) полагает, что прототип технологии цифровых двойников существовал всегда в том смысле, что вместо виртуального пространства люди использовали свое ментальное пространство, а роль современных цифровых двойников играли мысли, идеи о тех или иных объектах.

Профессор Гривс описал возможности и преимущества создания виртуального пространства, дублирующего реальное, при их постоянной взаимосвязи с помощью потоков фактических данных реального пространства и информационных потоков цифрового (виртуального) пространства. Таким образом, любой объект материального мира может быть «отзеркален» в виртуальном мире, так что виртуальная часть отражает физическую, а физическая – виртуальную. При этом виртуальная и физическая части объекта соединены информационной связью [3].



Рис. Концепция соотнесения реального и виртуального пространства в рамках PLM-системы

Учитывая концепцию цифровых двойников, профессионалы компании Seebo, которые разработали платформу промышленного Интернета вещей с тем же названием, выделяют 4 этапа развития этой концепции.

Первый этап предполагает наличие только реального объекта или процесса. На втором этапе происходит создание цифровой версии этого реального объекта или процесса, которая описывает его с определенной степенью точности. Третий этап начинается с установления связи между реальным объектом или процессом и его цифровой версией. К итоговому, четвертому этапу происходит сближение и слияние реального объекта или процесса со своей цифровой версией [2].

Работа цифровых двойников основана на создании виртуального представления реальных объектов, систем или процессов. Создание цифровых двойников разделяется на несколько этапов:

1. Создание цифровой модели. На первом этапе создается виртуальная модель, которая точно отражает физические и функциональные характеристики реального объекта. Это может включать геометрию, параметры работы, состояние, данные с датчиков и другие аспекты.

2. Интеграция данных. Для достижения точного представления реального объекта цифровой двойник интегрирует данные из различных источников, таких как сенсоры, датчики, системы мониторинга и другие.

3. Обновление в реальном времени. Цифровой двойник обновляется в режиме реального времени, отражая изменения в реальном объекте. Это может включать в себя изменения в состоянии, местоположении, параметрах работы и других характеристиках.

4. Взаимодействие с реальным объектом. Цифровой двойник может взаимодействовать с реальным объектом в обе стороны. Данные с сенсоров реального объекта могут обновлять цифровой двойник, и, наоборот, управление цифровым двойником может влиять на параметры реального объекта.

5. Мониторинг и управление. Цифровой двойник позволяет мониторить состояние объекта в реальном времени. Это также предоставляет возможность для управления объектом на основе данных из цифрового представления.

6. Моделирование сценариев. Цифровые двойники часто используются для моделирования различных сценариев и анализа их воздействия. Это может включать в себя предсказание будущих изменений и оптимизацию процессов.

7. Применение в различных отраслях. Цифровые двойники находят применение в различных отраслях, таких как промышленность, здравоохранение, энергетика и другие, для оптимизации процессов и улучшения управления.

Для создания цифровых двойников могут использоваться разные технологии и их сочетания, к примеру промышленный интернет вещей. Концепция Интернета вещей (Internet of Things, IoT) описывает сеть физических объектов, устройств и датчиков, которые подключены к интернету и способны обмениваться данными и взаимодействовать между собой без прямого вмешательства человека. Основная идея IoT заключается в том, что все виды объектов, от бытовых приборов до промышленного оборудования, автомобилей, датчиков и других устройств, могут быть оснащены средствами связи и сенсорами для сбора данных, а также иметь возможность передавать и обрабатывать эти данные через сеть.

Интернет вещей (IoT) и цифровые двойники предоставляют уникальные возможности в различных областях. Взаимодействие этих технологий может привести к более эффективному управлению и оптимизации процессов, а использование цифровых двойников обеспечит более глубокое понимание работы объектов, позволяя быстрее реагировать на изменения и оптимизировать процессы в реальном времени.

Цифровые двойники (digital twins) становятся все более важным элементом в различных отраслях промышленности, включая лесопромышленный сектор. Цифровой двойник представляет собой виртуальное отображение реального объекта, процесса или системы. В лесопромышленности это может включать в себя цифровые модели лесных массивов, лесозаготовительных машин, оборудования и даже процессов обработки древесины.

Преимущества использования цифровых двойников в лесной промышленности:

- Оптимизация лесозаготовительных операций: цифровые двойники позволяют более точно моделировать лесные массивы, что помогает оптимизировать процессы заготовки и управления лесом. Это включает в себя более эффективное распределение ресурсов и планирование работ.

- Предсказание состояния оборудования: цифровые двойники могут использоваться для мониторинга и предсказания состояния лесозаготовительной техники. Это помогает предотвращать отказы оборудования и минимизировать простои.

- Улучшение управления лесными ресурсами: цифровые двойники могут предоставлять информацию о состоянии лесов, что помогает принимать более обоснованные решения по управлению лесными ресурсами, включая планы по лесопользованию и охране природы.

- Снижение рисков: моделирование различных сценариев с использованием цифровых двойников позволяет предвидеть и снижать риски, связанные с изменениями климата, бурной деятельностью на рынке и другими факторами.

Одним из примеров использования цифровых двойников является Segezha Group. На производство была внедрена одна промышленная единица – бумагоделательная машина (БДМ-11). Пилотный проект запустили в этом году на Сегежском ЦБК в Республике Карелия, чтобы оценить возможности применения Digital Twins для предупреждения обрывов полотна на накате.

Математическая модель оборудования на основе анализа данных с 410 датчиков о параметрах работы и ранее произошедших обрывах выявила закономерности и паттерны в работе БДМ в моменты остановок. В ходе апробации она смогла предсказать более 60 % возможных обрывов и научилась предупреждать об этом оператора.

Таким образом, пилотный проект подтвердил, что технология позволяет сокращать время простоев оборудования, а это прямой путь к повышению операционной эффективности БДМ [1].

Литература

1. Цифровые двойники в лесной промышленности. – URL: https://forestcomplex.ru/digital-environment/digital-twins/ (дата обращения: 20.11.2023). – Текст : электронный.

2. Grieves, M. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems (Excerpt) / M. Grieves, J. Vickers // Working Paper. – 2016. – URL: https://www.researchgate.net/publication/307509727_Origins_of_the_Digital_Twin_Concept (дата обращения: 20.11.2023). – Text : Electronic.

3. Grieves, M. Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication: whitepaper / M. Grieves. – URL: https://www.researchgate.net/publication/275211047_Digital_Twin_Manufacturing_Excellence_through_Virtual_Factory_Replication (дата обращения: 20.11.2023). – Text : Electronic.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОТДЕЛКИ ДРЕВЕСИНЫ ЛАКОКРАСОЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ

В.А. Соколова
Россия, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
г. Санкт-Петербург

Аннотация. В работе рассматривается вопрос повышения качества отделки древесины лакокрасочными материалами. Предлагается новое технологическое решение по совершенствованию защитно-декоративной отделки древесины путем предварительной ультразвуковой обработки. Рассматриваемая проблема является актуальной и своевременной, так как предложенные технологические решения позволяют усовершенствовать процесс отделки древесины и повысить конкурентоспособность выпускаемой древесной продукции. Для определения оптимального режима обработки древесины был построен комплекс статистических моделей, определяющих зависимость между показателями покрытий и факторами, такими как степень вязкости, расход лакокрасочного материала, температура сушки, скорость подачи лакокрасочного материала. В работе были использованы регрессионные модели: гребневая регрессия и метод Лассо. В работе были выявлены наиболее значимые факто-

ры, а также не только отдельные характеристики покрытий (адгезия, теплостойкость, водостойкость), но и их совокупность. Разработанная методика позволяет с наименьшими затратами и с использованием автоматизированного расчета менять технологические режимы отделки древесины.
Ключевые слова: оптимизация, формирование покрытий, пленкообразование, параметры, факторы, регрессионные модели.

Annotation. The paper examines the issue of improving the quality of wood finishing with paints and varnishes. A new technological solution is proposed to improve the protective and decorative finishing of wood through preliminary ultrasonic treatment. The problem under consideration is relevant and timely, since the proposed technological solutions make it possible to improve the wood finishing process and increase the competitiveness of manufactured wood products. To determine the optimal wood processing regime, a set of statistical models was built to determine the relationship between coating performance and factors, such as the degree of viscosity, consumption of paint and varnish material, drying temperature, and feed rate of paint and varnish material. Regression models were used in the work: ridge regression and the Lasso method. The work identified the most significant factors, as well as not only individual characteristics of coatings (adhesion, heat resistance, water resistance), but also their combination. The developed methodology makes it possible to change the technological modes of wood finishing at the lowest cost and using automated calculations.
Keywords: optimization, coating formation, film formation, parameters, factors, regression models.

Древесина и древесные материалы имеют природную красоту и уникальные текстурные особенности. Однако без защитно-декоративных покрытий древесина подвержена воздействию влаги, тепла, ультрафиолетовых лучей и механическим повреждениям. Покрытия способны защищать древесину от этих негативных факторов и придавать ей определенный внешний вид. Защитно-декоративные покрытия могут быть различного вида, включая лаки, краски, масла, воски и другие. Они обладают такими свойствами, как стойкость к истиранию, влагостойкость, устойчивость к воздействию ультрафиолетовых лучей и различных химических веществ. Качество покрытий влияет на декоративные свойства изделий, такие как цвет, текстура, глянец, матовость и т.д. Они могут придавать изделиям эстетическое привлекательное внешнее оформление, что особенно важно в мебельной и строительной индустрии.

Актуальными задачами в области формирования покрытий являются: снижение трудоемкости, снижение себестоимости технологических операций, обеспечение экологической безопасности, минимизации эмиссии токсичных веществ, повышение износостойкости и долговечности покрытий.

Совершенствование технологии отделки древесины с целью получения покрытия высокого качества является актуальной задачей. В настоящее время отсутствуют организационные, технические и технологические рекомендации по совершенствованию процесса отделки древесины лакокрасочными материалами путем модификации древесины ультразвуковой обработки. Вопрос оптимизации процесса формирования покрытий является перспективным направлением развития производства и требует его научного обоснования [1].

В последние десятилетия разработаны новые и значительно усовершенствованы известные технологии создания защитно-декоративных покрытий древесных материалов. При этом одним из путей повышения качества лакокрасочных покрытий является использование ультразвуковых технологий. Использование ультразвука для создания более качественных защитно-декоративных покрытий на древесных материалах представляет собой перспективное направление исследований. Ультразвуковая обработка может влиять на физические и химические свойства древесины, а также на поверхность покрытия. Это может приводить к

улучшению адгезии, равномерности и проникающей способности покрытия, а также к снижению вязкости и времени высыхания лакокрасочных материалов. Однако, чтобы оптимизировать процесс обработки ультразвуком, необходимо провести дополнительные исследования в области воздействия ультразвука на структуру и свойства древесины, а также на характеристики лакокрасочных материалов. Это позволит разработать оптимальные параметры ультразвуковой обработки, чтобы достичь максимального эффекта и обеспечить высокое качество покрытий древесных материалов.

Учитывая многолетние исследования в области применения ультразвукового излучения, в научной работе предлагается новое технологическое решение по совершенствованию защитно-декоративной отделки древесины путем предварительной ультразвуковой обработки. Рассматриваемая проблема является актуальной и своевременной, так как предложенные технологические решения позволяют усовершенствовать процесс отделки древесины и повысить конкурентоспособность выпускаемой древесной продукции.

Для определения оптимального режима обработки древесины необходимо построить комплекс статистических моделей, определяющих зависимость между такими важными характеристиками, как адгезия, теплостойкость и водостойкость, от таких факторов, как степень вязкости, расход лакокрасочного материала, температура сушки, скорость подачи лакокрасочного материала. Кроме того, необходимо определить, какие из этих факторов наиболее значимы с точки зрения их влияния на средние значения характеристик.

Оптимизация технологии отделки древесины рассматривается как задача определения оптимальных параметров в рамках статистических процедур. В настоящее время наиболее популярными и эффективными регрессионными моделями являются гребневая регрессия и метод Лассо. Основное преимущество использования Лассо заключается в том, что данный метод осуществляет отбор переменных и построение регрессии одновременно [2, 3].

Применение различных методов статистической обработки экспериментов и рассмотрение не только отдельных показателей, но и их совокупности является хорошей практикой при анализе данных в различных областях исследования. Метод Лассо и метод гребневой регрессии являются методами регуляризации, которые помогают учесть сложность модели. Возможность комбинировать эти два метода позволяет учесть различные аспекты и особенности данных при анализе [4, 5].

Использование линейных моделей для оптимизации и выбора значимых факторов – это распространенная практика в анализе данных и статистической обработке экспериментов. Линейные модели обладают простотой интерпретации и вычислительной эффективностью, и они могут быть особенно полезны, когда исследуемые влияния факторов на показатели покрытий являются линейными или близкими к линейным. Однако стоит отметить, что в случае, когда модель зависимости не является линейной, линейные модели могут не дать полноценного представления о взаимодействии факторов и оптимальном выборе. В таких случаях можно применять более сложные модели, такие как полиномиальные модели или модели машинного обучения, которые могут учитывать нелинейные эффекты и взаимодействия между факторами.

Согласно предложенной методики были построены модели Лассо и гребневой регрессии для образца из древесины осины с водно-дисперсионным лакокрасочным покрытием, обработанного предварительно ультразвуком. Предлагаемая методика оптимизации использует линейные модели зависимости между показателями лакокрасочных покрытий и факторами, которые влияют на эти показатели. Это связано с тем, что основной задачей работы является оптимальный выбор наиболее значимых факторов, а это может быть сделано только с использованием линейных моделей.

В результате использования значения весов, нормированных весов целевых критериев, парных сравнений критериев по методу Саати получены модели зависимости адгезии от факторов (табл. 1).

Таблица 1

Модели зависимости адгезии от факторов по методу Лассо и гребневой регрессии

Показатель – АДГЕЗИЯ	
Метод Лассо	Метод гребневой регрессии
$y_1=0,38\cdot x_1+0\cdot x_2+0\cdot x_3+0\cdot x_4$	$y_1=0,301\cdot x_1+0,214\cdot x_2+0,025\cdot x_3+0,004\cdot x_4$

Из таблицы 1 следует, что два метода Лассо и гребневая регрессия показали, что наиболее значимым фактором является вязкость. Расход лакокрасочного материала также может влиять, но существенно меньше. Модели зависимости адгезии от пар коррелированных факторов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Модели зависимости адгезии от пар коррелированных факторов по методу Лассо и алгоритму Бахадура

Метод Лассо	Алгоритм Бахадура
$\alpha_{13}=0,306$ $\alpha_{12}=0,251$ все остальные $\alpha_{ij}=0$	$\alpha_{13}=0,238$ $\alpha_{12}=0,184$ все остальные $\alpha_{ij}=0$

Из таблицы 2 видно, что предлагаемый метод на основе модификации метода Бахадура показывает для пар факторов аналогичные результаты, как и метод Лассо, но метод Лассо более сильно выделяет пару «вязкость – температура сушки», в то время как метод Бахадура практически уравнивает эту пару с парой «вязкость – расход лакокрасочного материала».

Интересно отметить, что обе модели показали, что пара «вязкость – температура сушки» в комбинации дает наиболее сильный эффект, чем по отдельности вязкость и расход лакокрасочного материала, несмотря на то, что последнее в предположении их зависимости более значимо. Модели зависимости теплостойкости от факторов представлены в таблице 3.

Таблица 3

Модели зависимости теплостойкости от факторов по методу Лассо и гребневой регрессии

Показатель – ТЕПЛОСТОЙКОСТЬ	
Метод Лассо	Метод гребневой регрессии
$y_2=0\cdot x_1+0,387\cdot x_2+0\cdot x_3+0\cdot x_4$	$y_2=0,045\cdot x_1+0,526\cdot x_2+0,264\cdot x_3+0\cdot x_4$

Из таблицы 3 следует, что два метода Лассо и гребневая регрессия показали, что наиболее значимым фактором является расход лакокрасочного материала. Температура сушки также может влиять, но существенно меньше. Модели зависимости теплостойкости от пар коррелированных факторов представлены в таблице 4.

Таблица 4

Модели зависимости теплостойкости от пар коррелированных факторов по методу Лассо и алгоритму Бахадура

Метод Лассо	Алгоритм Бахадура
$\alpha_{23}=0,389$ все остальные $\alpha_{ij}=0$	$\alpha_{23}=0,358$ все остальные $\alpha_{ij}=0$

Из таблицы 4 видно, что для показателя «теплостойкость» результаты анализа пар факторов полностью совпадают с анализом отдельных факторов.

Интересно отметить, что обычная регрессия для такой выборки дает неправильные результаты, показывая, что температура сушки и вязкость влияют больше, чем расход лакокрасочного материала.

Модели зависимости водостойкости от факторов представлены в таблице 5.

Таблица 5

Модели зависимости водостойкости от факторов по методу Лассо и гребневой регрессии

Показатель – ВОДОСТОЙКОСТЬ	
Метод Лассо	Метод гребневой регрессии
$y_3=0\cdot x_1+0{,}398\cdot x_2+0{,}212\cdot x_3+0\cdot x_4$	$y_3=0{,}254\cdot x_1+0{,}586\cdot x_2+0{,}465\cdot x_3+0{,}398\cdot x_4$

Из таблицы 5 следует, что два метода Лассо и гребневая регрессия показали, что наиболее значимым фактором является расход лакокрасочного материала. Температура сушки также может влиять, но существенно меньше. Модели зависимости водостойкости от пар коррелированных факторов представлены в таблице 6.

Таблица 6

Модели зависимости водостойкости от пар коррелированных факторов по методу Лассо и алгоритму Бахадура

Метод Лассо	Алгоритм Бахадура
$\alpha_{23}=0{,}542$ $\alpha_{24}=0{,}201$ все остальные $\alpha_{ij}=0$	$\alpha_{23}=0{,}268$ $\alpha_{24}=0{,}198$ $\alpha_{12}=0{,}085$ все остальные $\alpha_{ij}=0$

Из таблицы 6 видно, что исследование пар факторов показало аналогичные результаты, но модель Бахадура выявила пару «вязкость – расход лакокрасочного материала», также влияющую на водостойкость, но значительно меньше, чем «расход – температура» и «расход – скорость подачи». Также можно отметить влияние пары «расход лакокрасочного материала – скорость подачи».

Интересно отметить, что в отличие от теплостойкости, где расход оказывал более сильное влияние, здесь наблюдается примерно одинаковое влияние. Кроме того, гребневая регрессия показала, что и скорость подачи тоже стала одним из значимых факторов, несмотря на то, что его влияние незначительно меньше, чем влияние факторов «расход лакокрасочного материала» и «температура сушки».

Строим модель обобщенной характеристики свойств лакокрасочных покрытий с учетом предпочтений производственного процесса. Модели зависимости обобщенной характеристики от факторов представлены в таблице 7.

Таблица 7

Модели зависимости обобщенной характеристики от факторов

Метод Лассо	Метод гребневой регрессии
$y=0{,}312\cdot x_1+0{,}201\cdot x_2+0\cdot x_3+0\cdot x_4$	$y=0{,}254\cdot x_1+0{,}231\cdot x_2+0{,}112\cdot x_3+0{,}032\cdot x_4$

Таким образом, два метода Лассо и гребневой регрессии показали, что наиболее значимыми факторами являются вязкость и расход лакокрасочного материала. Комбинированная оценка определяет обобщенный режим технологии отделки древесины с учетом всех целевых показателей. Методы Лассо и гребневой регрессии показали, что наиболее значимыми факторами являются вязкость и расход лакокрасочного материала.

Разработка методики автоматизированного расчета режимов технологии отделки древесины, основанной на предпочтениях и зависимостях от значимости целевых показателей, является важным и полезным инструментом для снижения производственных затрат. Автоматизированный расчет позволяет проводить оптимизацию технологических параметров отделки древесины с учетом установленных ограничений и предпочтений. Методика может использоваться для нахождения оптимальных режимов, которые обеспечат наилучшее сочетание требуемых качественных характеристик покрытий и экономической эффективности. Преимущества автоматизированного расчета заключаются в скорости и точности получения результатов, а также в возможности быстро корректировать технологические режимы в зависимости от изменяющихся условий.

Литература

1. Цой, Ю. И. Совершенствование технологии отделки изделий из древесины на основе водно-дисперсионных лакокрасочных составов : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Ю. И. Цой. – Санкт-Петербург : СПбГЛТ, 2002. – 41 с.

2. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – Москва : Наука, 1976. – 279 с.

3. Уткин, Л. В. Робастная модификация метода Лассо для полно-геномного поиска ассоциаций с учетом целевых значений фенотипа / Л. В. Уткин, Ю. А. Жук, Ф. Коолен // Научно-технический вестник. – 2016. – Т. 16, № 1. – С. 150–160.

4. Уткин, Л. В. Определение значимых ДНК-маркеров на основе модификации метода Лассо для популяций удвоенных гаплоидных линий ячменя / Л. В. Уткин, Ю. А. Жук, С. В. Гуров // Материалы Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям. – 2015. – Т. 2. – С. 13–16.

5. Bahadur, R. R. A representation of the joint distribution of response to n dichotomous items / R. R. Bahadur // Studies in Item Analysis and Prediction. – Stanford University Press, Palo Alto, CA. – 1961. – P. 158–168.

АНАЛИЗ ПРИЧИН БРАКА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ДВЕРНЫХ ПОЛОТЕН

А.Д. Соловьева, В.В. Васильев, А.С. Капшуков
Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова
г. Санкт-Петербург

Аннотация. В работе представлен анализ брака на основе данных, собранных на предприятии отрасли. Проведены замеры влажности, поступающей в цех древесины, оценен процент брака, в том числе после сортировки сырья, построены кривые нормального распределения. Установили, что при введении участка входного контроля древесины по влажности на предприятии количество продукции ненадлежащего качества может снизиться на 3,27 %.
Ключевые слова: входной контроль, кривая нормального распределения, влажность древесины.

Annotation. The paper presents an analysis of defects based on data collected at an industry enterprise. Measurements of the humidity entering the wood shop were carried out, the percentage of defects was assessed, including after sorting of raw materials, and normal distribution curves were constructed. It was found that with the introduction of an incoming wood moisture control section at the enterprise, the quantity of products of inadequate quality may decrease by 3.27 %.
Keywords: input control, normal distribution curve, wood moisture content.

Предприятия, выпускающие дверные полотна, как и другие производства деревообрабатывающей отрасли, в технологическом процессе сталкиваются с различными факторами, которые могут приводить к образованию продукции ненадлежащего качества – браку. Эти факторы могут носить как характер дефектов обработки, пороков древесины, нарушения режимов изготовления продукции и др.

По материалу, из которого изготавливают двери, различают: из массива древесины, комбинированного типа и др. Одним из основных показателей качества деревянных дверей являются правильная конструкция, форма, типоразмеры выпускаемой продукции и др. Двери должны быть изготовлены в соответствии с требованиями ГОСТ 475 «Двери деревянные. Общие технические условия», ГОСТ 6629 «Двери деревянные внутренние для жилых и общественных зданий. Типы и конструкция» и другие, которые предусматривают конкретные типы, конструкцию и размеры продукции по рабочим чертежам, утвержденным в установленном порядке.

В рамках работы был осуществлен опрос среди населения о качестве приобретаемой и используемой ими продукции, а также мониторинг среди фирм, выпускающих дверные полотна. Проведенный анализ позволил выявить наиболее часто встречаемые производственные дефекты.

При изготовлении дверных блоков на предприятии могут быть выявлены следующие дефекты производственного характера: покоробленность полотен, трещины различной длины и конфигурации, непроклеенные участки под облицовкой, несоответствие геометрических размеров и т.д. Одно из направлений совершенствования работы предприятий-изготовителей – выдержка и анализ технологического процесса на каждом этапе изготовления продукции.

При проведении анализа причин брака продукции на предприятии было установлено, что суммарный объем брака изделий может достигать до 23 % и не соответствует требованиям, установленным стандартом. На производстве были выявлены следующие основные виды брака:

1. Несоответствие геометрических размеров – суммарный процент около 8–9 %. Основными причинами такого дефекта является ошибка в создании рабочей конструкторской документации или в составлении управляющей программы для станков с ЧПУ.

2. Трещины – около 1 %. Основная причина появления трещин при производстве дверей является высокая влажность сырья, поступающего на производство.

3. Высокая влажность древесины – около 10–11 %. Причиной этому является повышенная влажность закупаемого сырья. Влажность древесины заделок (пробок, планок), нагелей, шкантов должна быть на 2–3 % меньше влажности древесины деталей. Следствием высокого процента брака на производстве является отсутствие сортировки по влажности поступаемого сырья.

4. Подтеки лакокрасочных материалов – около 0,2÷0,5 %. Он возникает из-за несоблюдения режимов и технологического процесса по покраске изделий.

5. Непроклей – около 0,5÷1 %. Возникает из-за недостаточного количества клея или его неравномерного нанесения, что не обеспечивает достаточную прочность склеивания.

6. Сколы – около 1 %. Появляются в результате использования некачественного инструмента, несвоевременного технического обслуживания используемого оборудования и т.д.

Исходя из анализа, стоит выделить несколько существенных причин возникновения различных видов брака. Одной из них является повышенная влажность сырья, поступаемого на предприятие. В соответствии с установленным стандартом, влажность древесины, используемой для производства элементов деревянных дверей, не должна превышать 6–8 %. Анализ причин возникновения брака на производстве указывает на наличие систематической ошибки, возникающей при разработке изделий. Появление такой ошибки может быть связа-

но с ненадлежащим контролем основных правил технологического процесса. Таким образом, на предприятии имеется весомый вид брака: высокая влажность древесины деталей.

С целью снижения процента брака необходимо: провести замеры влажности поступающей на предприятие древесины, оценить процент брака без сортировки по влажности и процент брака отсортированного сырья, построить кривые нормального распределения, обосновать необходимость введения участка входного контроля древесины по влажности.

Для оценки соответствия нормативным документам готовой продукции необходимо было установить влияние влажности на ее качество. В ходе исследования были установлены постоянные факторы, такие как влажность в помещении, температура в помещении, порода древесины, средняя плотность древесины и толщина дверного полотна. В качестве переменного фактора была принята влажность древесины. Для построения кривой нормального распределения, полученные экспериментальные данные были обработаны по стандартной методике. По имеющимся процентным соотношением брака и рассчитанным параметрам построили теоретическое и практическое распределение брака без сортировки по влажности и с сортировкой на выходе (при учете анализа). Результаты анализа и расчетов представлены на рисунках 1 и 2.

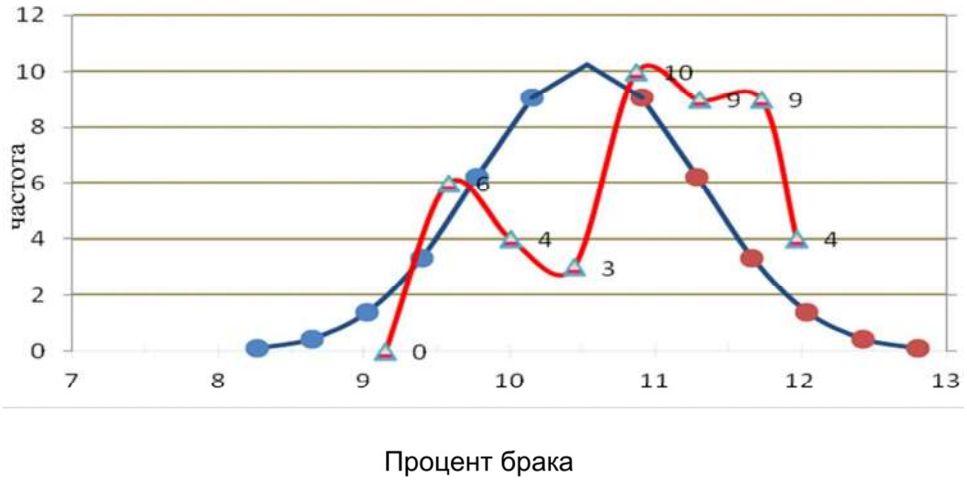


Рис. 1. Теоретическое и практическое распределение брака без контроля древесины по влажности на входе

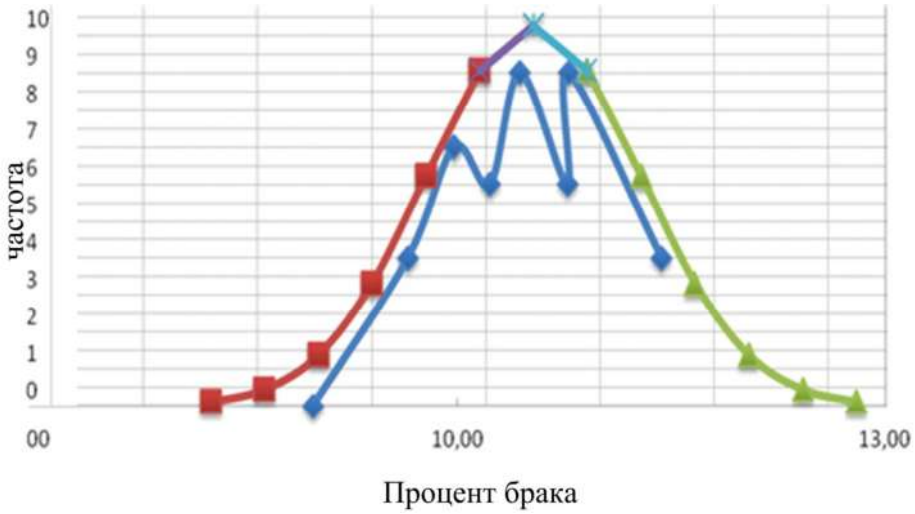


Рис. 2. Теоретическое и практическое распределение брака с применением системы контроля древесины по влажности

Представленные кривые нормального распределения показывают, что в случае с отсутствием участка сортировки сырья по влажности (рис. 1) практическая кривая выходит за рамки нормального распределения. При этом на рисунке 2 видно, что система контроля по влажности благоприятно влияет на качество готовой продукции.

Таким образом, на основе представленных статистических и экспериментальных данных и проведенных расчетов, можно сделать вывод о необходимости введения участка входного контроля древесины по влажности на предприятии. Результаты исследований наглядно указывают на то, что при данном способе решения проблемы количество бракованной продукции снизится на 3,27 %.

Литература

1. Пижурин, А. А. Исследования процессов деревообработки / А. А. Пижурин, М. С. Розеблит. – Москва : Лесная промышленность, 1984. – 232 с.

2. Чубинский, А. Н. Основы проектирования предприятий. Технологическое проектирование деревообрабатывающих производств / А. Н. Чубинский, А. А. Тамби, Т. А. Шагалова. – Санкт-Петербург : СПбГЛТА, 2011. – 168 с.

3. ГОСТ 475-78. Двери деревянные. Общие технические условия. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200001923 (дата обращения: 30.11.2023). – Текст : электронный.

4. ГОСТ 6629-88. Двери деревянные внутренние для жилых и общественных зданий. Типы и конструкция. – URL: https://docs.cntd.ru/document/9055773 (дата обращения: 30.11.2023). – Текст : электронный.

ОЦЕНКА ФАКТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ СТВОРОК ОКОН ИЗ КЛЕЕНОГО БРУСА И ЦЕЛЬНОЙ ДРЕВЕСИНЫ

А.Д. Соловьева, В.В. Васильев, А.С. Капшуков
Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова
г. Санкт-Петербург

Аннотация. В рамках исследований был проведен сравнительный анализ максимально допустимых потерь тепловой энергии через створки оконных блоков различной конструкции. В целях исключения влияния фактора локальных дефектов при монтаже конструкций, расчет проводился без учета потерь теплоты через монтажный слой между ограждающей стеной и оконным блоком. Расчет тепловых потерь выполнен при условии максимально допустимых отклонений температур внутреннего воздуха и элементов ограждающих конструкций (регламентированный соответствующими нормативными документами) и фактическими.
Ключевые слова: тепловая энергия, оконные блоки, фактические потери, тепловизионные свойства.

Annotation. Within the framework of the research, a comparative analysis of maximum permissible heat losses through the sashes of window units of different design was carried out. In order to exclude the influence of the factor of local defects in the installation of structures, the calculation was carried out without taking into account heat losses through the installation layer between the enclosing wall and the window unit. Calculation of heat losses was carried out under the condition of maximum permissible deviations of temperatures of internal air and elements of enclosing structures (regulated by the relevant normative documents) and actual ones.
Keywords: heat energy, window units, actual losses, thermal imaging properties.

Одним из актуальных направлений является энергосбережение. При этом основным источником потерь тепловой энергии являются ограждающие конструкции жилого фонда, на отопление которых расходуется около трети энергии. Одними из распространенных видов таких изделий являются ограждающие деревянные конструкции, такие как оконные и дверные блоки, стеновые панели и т.д. Их изготовление возможно как из цельной, так и клееной древесины. Прочность, жесткость, геометрическая форма изделий и конструкций, а также их эксплуатационные свойства имеют решающее значение в оценке их эффективности.

Основными способами контроля свойств древесины являются как разрушающие, так и неразрушающие методы. Особый интерес представляют неразрушающие методы, которые позволяют оценить плотность, прочность, внутренние дефекты, температуру поверхности, особенности анатомического строения древесины и многое другое в режиме реального времени. Для этого применяются современные методики, такие как рентгенография, томография, ультразвуковое исследование, тепловидение и другие.

В настоящее время производство клееных деревянных конструкций является актуальной и перспективной темой исследования. Это обусловлено возможностью получения материала с гарантированными эксплуатационными свойствами, соответствующими требованиям стандартов, а также высокими прочностными характеристиками, исключая в том числе дефектные места. Для достижения высокой энергоэффективности представляет интерес оценка фактических потерь тепловой энергии оконных блоков при отсутствии дефектных мест и наличии клеевого слоя. Для этого целесообразно использовать тепловизионную диагностику, которая позволяет оценить энергоэффективность таких конструкций.

Оценка тепловой защиты зданий и сооружений является актуальной задачей в современном строительстве. Эффективность защиты от тепловых потерь зданий и сооружений зависит от климатических особенностей региона, эксплуатации и характеристик самих ограждающих конструкций. При оценке также стоит учитывать затраты энергии на обогрев помещений, особенно в случае нецентрализованного отопления.

Анализ предыдущих исследований показал, что толщина стенок оконных блоков оказывает существенное влияние на их энергоэффективность. Однако эти исследования были ограничены конкретными типами оконных блоков из цельной древесины.

На рисунках 1–2 представлены изображения оконных блоков в видимом и инфракрасном спектрах, а также графическое представление изменения температуры по площади выделенной области в начальный период отопления для различных типов конструкций.

На основе закона Ньютона – Рихмана было выполнено определение тепловых потерь створок оконных блоков. Результаты укрупненных расчетов по оценке тепловых потерь через элементы створок различной конструкции на 1 $м^2$ элементов створок представлены на рисунке 3 при температуре наружного воздуха -25 °С.

Анализ полученных термограмм показал, что теплоизоляционные характеристики стен, рам и створок ограждающих конструкций соответствуют требованиям нормативных документов относительно перепада между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции (Δt). Согласно СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», этот перепад Δt не должен превышать 4 °С. Однако при изменении температуры наружного воздуха этот перепад Δt может меняться. В условиях низких температур Δt может значительно увеличиться, что приводит к большим потерям тепловой энергии и, как следствие, увеличению расхода энергоносителей на отопление.

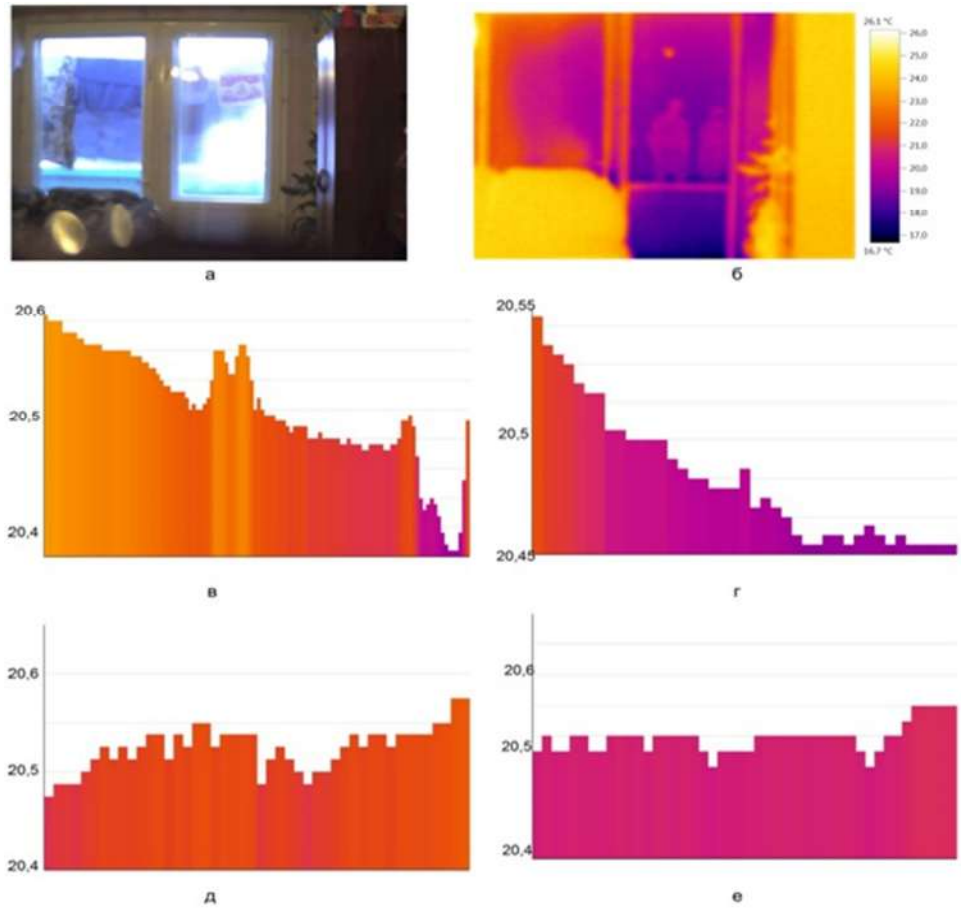


Рис. 1. Изображение деревянного оконного блока с толщиной створки 78 мм из клееного бруска, в натуральном и инфракрасном спектрах, а также изменение температуры по длине сечения: а – фотография объекта; б – термограмма объекта; в–е – изменение температуры в различных местах элементов створок оконных блоков

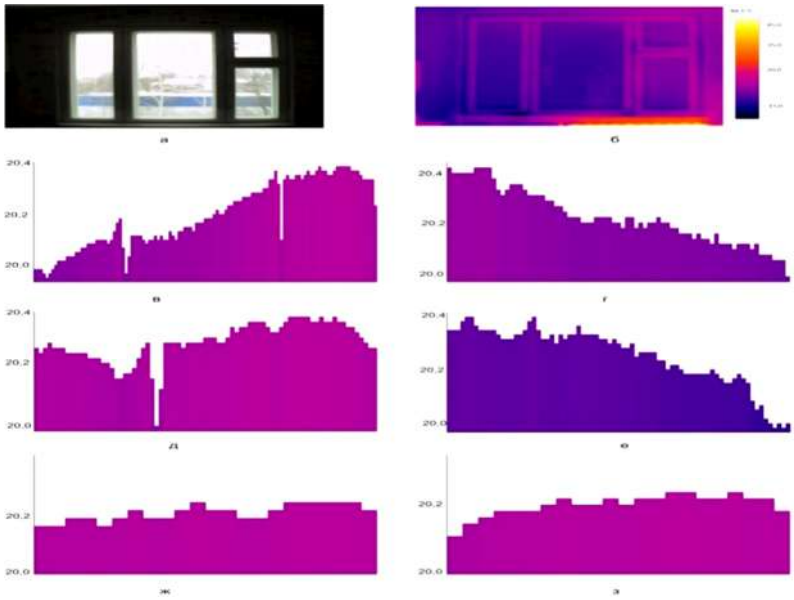


Рис. 2. Изображение деревянного оконного блока с толщиной створки 78 мм из цельной древесины, в натуральном и инфракрасном спектрах, а также изменение температуры по длине сечения: а – фотография объекта; б – термограмма объекта; в–з – изменение температуры в различных местах элементов створок оконных блоков

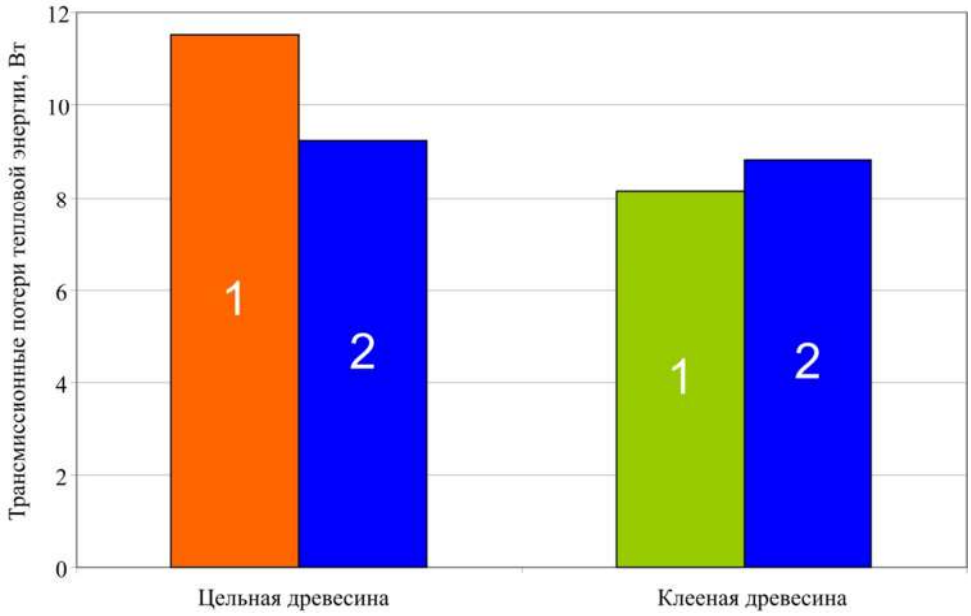


Рис. 3. Результаты расчетов тепловых потерь элементов створок оконных блоков на 1 м^2 при температуре наружного воздуха -25 °С из цельной древесины и из клееных деревянных конструкций: 1 – фактические потери тепловой энергии; 2 – максимально допустимые потери тепловой энергии

Проведя анализ литературных источников и результатов предварительных исследований, можно сделать следующие выводы:

- тепловизионная диагностика представляет собой перспективный метод определения энергоэффективности конструкций с учетом их эксплуатационных характеристик и особенностей технологического процесса производства;
- представляют интерес исследования фактических потерь тепловой энергии створок оконных блоков различных конструкций.

Литература

1. Федяев, А. А. Неразрушающие методы контроля свойств продукции из древесины / А. А. Федяев, А. Н. Чубинский. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2022. – 118 с.

2. Анализ энергоэффективности элементов светопрозрачных ограждающих конструкций / А. А. Федяев, А. Н. Чубинский, А. А. Федяев, Н. Ю. Федяева // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – Санкт-Петербург : СПбГЛТА, 2010 – С. 155–163.

3. Физические методы испытаний древесины / А. Н. Чубинский, А. А. Тамби, Г. С. Варанкина [и др.]. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2015. – 125 с.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИСПАРЕНИЯ ПРИ СУШКЕ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ

[1] Ал.А. Федяев, [2] В.Н. Федяева, [1] В.Н. Кузнецова, [1] Д.Э. Мошников
[1]Россия, Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет им. С.М. Кирова
[2]Россия, Охтинский колледж
г. Санкт-Петербург

Аннотация. Высокие энергозатраты в процессах сушки обусловлены непроизводительными потерями на технологический брак, слабой эффективностью процесса термообработки пористых материалов, существенными затратами на энергоносители. Представлено программное обеспечение для исследования математической модели испарения с пористой поверхности при сушке пористых материалов из древесины, позволяющее для параметров термодинамических систем представлять динамические, а также температурные и другие поля практически любой конфигурации. Эмпирические зависимости представлены в виде кубических полиномов и не только с большой точностью отображают реальный технологический процесс, но и дают возможность его дальнейшей математической обработки. Полученные при моделировании профили полей физических величиин и другие параметры, позволяют в дальнейшем осуществлять более равномерный энергоподвод к материалу, что в конечном итоге приводит к снижению технологического брака (5 % и более) за счет падения степени деформации, коробления и растрескивания древесины в процессе термообработки.
Ключевые слова: математическая модель, нестационарные поля, метод интерполяции, неравномерность, энергозатраты.

Annotation. High energy consumption in drying processes is due to unproductive losses due to technological defects, poor efficiency of the heat treatment process for porous materials, and significant energy costs. Software is presented for studying a mathematical model of evaporation from a porous surface during the drying of porous materials made of wood, which makes it possible to represent dynamic, as well as temperature and other fields of almost any configuration for the parameters of thermodynamic systems. Empirical dependencies are presented in the form of cubic polynomials and not only reflect the actual technological process with great accuracy, but also make it possible for its further mathematical processing. The profiles of fields of physical quantities and other parameters obtained during modeling make it possible in the future to provide a more uniform energy supply to the material, which ultimately leads to a reduction in technological defects (5 % or more) due to a decrease in the degree of deformation, warping and cracking of wood during heat treatment.
Keywords: mathematical model, non-stationary fields, interpolation method, unevenness, energy consumption.

Разработка математических моделей нестационарного тепломассообмена в рабочих камерах высокозатратных сушильных машин (например, в низкотемпературных процессах термообработки пиломатериалов [1]) и другого теплотехнологического оборудования с конвективным массоотводом весьма актуальна для оценки потенциала энерго- и ресурсосбережения и проведения в дальнейшем энергоэффективных мероприятий. Решать нелинейные дифференциальные уравнения переноса и находить нестационарные в пространстве и во времени поля меняющихся физических величин (влагосодержание, скорость, температура и др.) в условиях неопределенности весьма сложно, а нередко и невозможно.

В указанных выше технологических процессах эксплуатационные потери вследствие неравномерного энергоподвода (однозначно определяется конфигурацией полей физических

величин) достигают 5 % и более. Ежегодные потери можно оценить и в натуральных величинах, учитывая крупномасштабное производство только пиломатериалов в 22–26 млн кубических метров.

Весьма существенные энергозатраты (достигают до 65 %) в процессах конвективной сушки обусловлены неуклонно увеличивающейся ценой на энергоресурсы (тепловая и электрическая энергия – это, прежде всего, нагрев и удаление влаги из пористого материала), непроизводительными потерями на технологический брак, слабой эффективностью самого технологического процесса.

Из анализа результатов расчетных и экспериментальных исследований очевидно [2, 3], что указанные выше издержки, как правило, прямо зависят от нерациональной аэродинамической обстановки по всем поперечным сечениям камер сушки, отклонений режимов применения агента сушки от заданных параметров.

Внешние рабочие параметры энергоносителя однозначно влияют на текущее распределение физических полей уже внутри пористого материала, путем распределения соответствующих градиентов. Далее в цепочке событий – несимметричность физических полей, деформация внутренних структур древесины, повреждение структуры (трещинообразование), рост технологического брака продукции и рост энергозатрат при неизбежном увеличении времени сушки пористых структур [4].

Неравномерность, к примеру, профилей скорости и температуры сглаживается рациональной аэродинамической позицией в рабочих зонах по всей длине машины. Однако исправление, к примеру, поля скорости и его представление в функциональной форме, которая отличается сложной геометрией, задача весьма сложная.

Применение стандартных вариантов изменения профилей в этом случае не имеет смысла (они учитывают амплитуды поведения векторов физических величин на крайних участках [5]), а также имеют предпочтение к увеличению амплитуд в межузловых точках.

В работе используется специально разработанная программа для обработки начальных (текущих) профилей, в которой на основе математической модели предложен метод «интерполяции сплайнами». Достоинством такого метода является достаточно точное математическое описание динамических и других полей сложной формы.

Отмеченный метод (так называемый сплайн) может построить систему уравнений с неизвестными коэффициентами интерполяции типа:

$$\begin{cases} \varphi_2(x) = a_2 + b_2 \cdot (x - x_1) + c_2 \cdot (x - x_1)^2 + d_2 \cdot (x - x_1)^3 \\ \varphi_3(x) = a_3 + b_3 \cdot (x - x_2) + c_3 \cdot (x - x_2)^2 + d_3 \cdot (x - x_2)^3 \\ \varphi_4(x) = a_4 + b_4 \cdot (x - x_3) + c_4 \cdot (x - x_3)^2 + d_4 \cdot (x - x_3)^3 \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \varphi_i(x) = a_i + b_i \cdot (x - x_{i-1}) + c_i \cdot (x - x_{i-1})^2 + d_i \cdot (x - x_{i-1})^3 \end{cases},$$

где a_i, b_i, c_i, d_i – коэффициенты сплайн интерполяции определяются при помощи решения системы уравнений, учитывающих поведение соседних сплайнов в концевой точке А для предыдущего сплайна и начальной точке В для последующего сплайна;

x, x_1 – искомое значение и значение в предыдущей узловой точке соответственно.

На рисунке показан индивидуальный отдельный сплайн, который располагается между точками А и С.

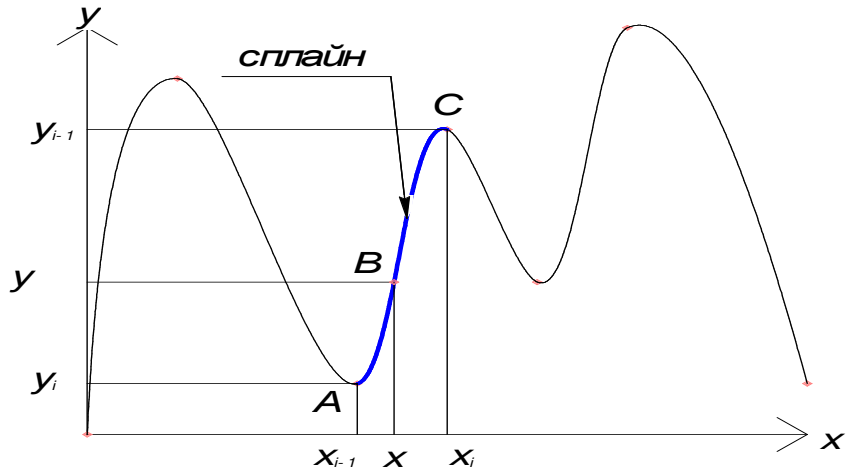


Рис. Индивидуальный отрезок кривой (сплайн), расположен между точками A и C

Координаты точки B рассчитываются с помощью специальной функции.

Изменение предыдущих и последующих сплайнов учитывается в граничных точках в системе уравнений и позволяет добиться плавного перехода от одного сплайна к другому, что позволяет обусловить использование всего трех точек для описания поведения функции в межузловом пространстве.

Программа разработана для исследования полей переменных физических величин (внешнего воздействия), способна представлять эмпирические зависимости в виде кубических полиномов и не только с большой точностью отобразить реальный технологический процесс, например сушки пористой пилопродукции, но и давать возможность его дальнейшей математической обработки.

Полученные при моделировании профили скорости и другие параметры позволяют в дальнейшем способствовать осуществлению более равномерного энергоподвода к поверхности материала, а следовательно, снизить градиент влагосодержания, что в итоге приведет к уменьшению степени деформации древесины в процессе термовлажностной обработки [6]. Последнее также ведет к снижению таких значимых изъянов технологического процесса, как коробление и растрескивание пористых материалов.

Литература

1. Серговский, П. С. Гидротермическая обработка и консервация древесины : учебник для вузов / П. С. Серговский, А. И. Расев. – Москва : Лесная промышленность, 1987. – 360 с.

2. Федяев, А. А. Оптимизация тепловой сушки пиломатериалов в условиях поперечной неравномерности / А. А. Федяев // Современные энергосберегающие тепловые технологии (сушка и термовлажностная обработка материалов : труды 1-й Международной научно-практической конференции. – Москва : МГАУ, 2002. – Т. 2. – С. 168–171.

3. Видин, Ю. В. Аналитический метод расчета нестационарного температурного поля при переменном коэффициенте теплопроводности / Ю. В. Видин, В. С. Злобин, А. А. Федяев // Системы. Методы. Технологии. – БрГУ, 2019. – № 1 (41). – С. 57–60.

4. Федяев, А. А. Совершенствование газораспределительных устройств технологического оборудования / А. А. Федяев // Системы. Методы. Технологии. – Братск : БрГУ, 2009. – № 2. – С. 86–89.

5. Мудров, А. Е. Численные методы для ПЭВМ на языках Бейсик, Фортран и Паскаль / А. Е. Мудров. – Томск : МП «РАСКО», 1991. – 272 с.

6. Федяев, А. А. Энергосбережение при термовлажностной обработке ленточных капиллярно-пористых материалов / А. А. Федяев, В. Н. Федяева // Труды БрГУ. Серия: Естественные и инженерные науки. – 2014. – Т. 1. – С. 36–40.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК СУШИЛЬНОГО АГЕНТА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНДИЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

[1] Ал.А. Федяев, [2] В.Н. Федяева, [1] В.Н. Кузнецова, [1] Д.Э. Мошников
[1]Россия, Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет им. С.М. Кирова
[2]Россия, Охтинский колледж
г. Санкт-Петербург

Аннотация. С помощью созданного программного обеспечения «Profile» можно регистрировать параметры переменного динамического поля (соответственно и температурного) в любом сечении рабочей камеры конвективной сушильной установки, далее полученные профили, как по длине, так и по ширине проточной части, можно применять в качестве исходного продукта для варьирования начальными параметрами в программе с целью получения эффективного конечного продукта. Экспериментальные или расчетные неравномерные динамические профили могут быть аппроксимированы полиномом третьей степени со своими коэффициентами сплайна. При этом выполняется корректировка значения продолжительности сушки штабелей пиломатериалов для оптимизации кондиционных параметров. Выравнивание динамических профилей в проточной части сушильных установок однозначно влияет не только на сокращение времени процесса сушки, но и позволяет контролировать качество обрабатываемого материала, то есть снижать и брак в данном технологическом процессе.
Ключевые слова: камера сушки, программное обеспечение, динамические и температурные профили, исследования, неравномерное поле скорости.

Annotation. Using the created “Profile” software, it is possible to register the parameters of an alternating dynamic field (and, accordingly, temperature) in any section of the working chamber of a convective drying installation; then the resulting profiles, both along the length and width of the flow part, can be used as a suitable product for varying the initial parameters in the program in order to obtain an effective final product. Experimental or calculated non-uniform dynamic profiles can be approximated by a third-degree polynomial with its own spline coefficients. At the same time, an adjustment is made to the duration of drying of piles of lumber to optimize the condition parameters. Alignment of dynamic profiles in the flow part of drying installations clearly affects not only the reduction of drying process time, but also allows you to control the quality of the processed material, that is, reduce rejects in this technological process.
Keywords: drying chamber, software, dynamic and temperature profiles, research, non-uniform velocity field.

В рабочих камерах конвективных сушильных машин аэродинамика характеризуется весьма насыщенным выбором неравномерных и сложных динамических полей (а соответственно и температурных полей) сушильного агента. По данным экспериментальных или расчетных работ, неравномерные профили практически не предсказуемой конфигурации, в том числе и с обратными направлениями векторов скорости, аппроксимируются полиномом третьей степени [1] со своими значениями коэффициентов сплайна.

Полученная в работе программа с рабочим названием «Profile» обеспечивает расчет переменных векторов скорости агента сушки в любом сечении рабочей камеры, как по ее длине, так и по высоте, а также среднеинтегрального значения каждого вектора скорости. Далее полученные расчетные данные применяются как исходные значения для дальнейшего исследования и обработки в другом программном продукте внутреннего тепломассопереноса по сечениям (внутри) уже самого пористого материала [2].

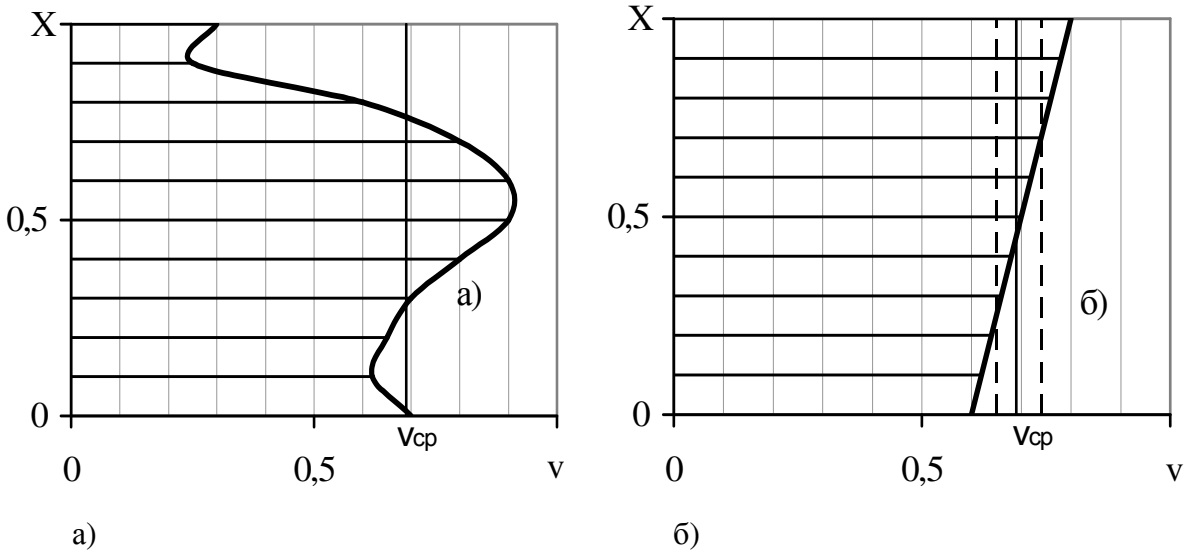
Корректировка (изменение в сторону роста или снижения) осредненного числа вектора скорости безальтернативно ведет к уточнению (изменению) общей массы сушильного агента [3, 4], меняется и количество доставляемой к сушимому материалу теплоты.

Из данных расчетных исследований [5, 6] следует вывод о том, что развивающиеся по длине рабочей камеры несимметричные поля (неравномерные профили плотности потока массы и других физических величин) сушильного агента негативно влияют не только на время термовлажностной обработки пористого материала (однозначно увеличение), но и его качество (внеплановый разбег влагосодержания как по длине доски, так и ее ширине).

Также кроме осредненного значения скорости потока сушильного агента необходимо контролировать и динамику развития векторов скорости по высоте рабочей камеры теплотехнологического оборудования.

Например, при наличии в технологическом процессе по поперечному сечению рабочей зоны нестандартно повышенных векторов (пиков) и пониженных (провалов) векторов скорости (рис.) однозначно в конечном итоге приводит к пониженным значениям заданного влагосодержания (пересушке) или повышенным значениям (недосушке) обрабатываемых материалов в соответствующих областях штабелей. Последнее приводит к технологическому браку готовой продукции за счет растрескивания, коробления или изменения размеров материалов в условиях снижения влагосодержания продукции при эксплуатации в дальнейшем в условиях плановых климатических зон.

Применяя нестандартные теплотехнические решения и конструктивные технические приемы, возможно способствовать сглаживанию исходного поля (профиля) энергоносителя до практически равномерного состояния (рис. *б*). Следует отметить, что «идеально выравненный» профиль начальной скорости потока уже слабо влияет и на время термообработки, и на конечное влагосодержание материала, да и получить его практически невозможно, тем более для высокопроизводительных и крупногабаритных конвективных сушильных камер.



а) б)

Рис. Развитие по поперечному сечению рабочей зоны существенно неравномерного (а) и практически «сглаженного» по высоте (б) динамических полей потока

Если рассматривать пример с допустимым по технологии диапазоном по заданному по технологии конечному влагосодержанию (для приведенного примера конечное влагосодержание $W_к = 10 \pm 2$ %, на рисунке *б* – пунктирная линия), то некондиционные характеристики термообрабатываемого пористого материала незначительны и возможны только в самой верхней и нижней частях штабеля материала, к тому же в конечной зоне по длине рабочей камеры сушилки.

Таким образом, на основании результатов выполненных расчетов [5, 6] можно однозначно сделать заключение об отрицательном воздействии неравномерной подачи динамических полей, а значит, и потоков теплоты энергоносителя на качество кондиционной продукции и снижение технологического брака.

Анализ расчетных и опытных данных показывает, что качество динамических профилей и равномерность подачи теплоты к обрабатываемому пористому материалу оказывают заметное влияние на продолжительность термовлажностной обработки используемых материалов из древесины.

С помощью разработанного программного обеспечения «Profile» можно регистрировать параметры сложного и нередко значительно неравномерного динамического и температурного полей (в ряде случаев разница между положительными и отрицательными векторами скорости достигают 100 % и более) в любом сечении рабочей камеры конвективной сушильной машины. Полученные профили скорости (а значит, и температурные поля), как по длине, так и по ширине проточной части, можно использовать в качестве исходного материала для варьирования и выравнивания полей физических величин в программе с целью получения кондиционной продукции с заданными параметрами. Выравнивание профилей полей физических величин оказывает существенное влияние на качество готовой продукции и позволяет снизить технологический брак готовой продукции до 3 % и более.

Литература

1. Мудров, А. Е. Численные методы для ПЭВМ на языках Бейсик, Фортран и Паскаль / А. Е. Мудров. – Томск : МП «РАСКО», 1991. – 272 с.

2. Федяев, А. А. Расчетные исследования нестационарного внутреннего влаго- и теплопереноса коллоидных тел / А. А. Федяев, В. Н. Федяева, П. А. Федяев // Труды Братского государственного университета: Серия Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири. – Братск : БрГУ, 2006. – Т. 2. – С. 120–125.

3. Смагин, В. В. Использование нестационарного энергоподвода для интенсификации процесса сушки плоских материалов : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / В. В. Смагин. – Москва, 1984. – 20 с.

4. Федяев, А. А. Оценка эффективности использования энергоносителя в технологической системе предприятия / А. А. Федяев, В. Н. Федяева // Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири : материалы XIV (XXXVI) Всероссийской научно-технической конференции. – Братск : Издательство БрГУ, 2015. – С. 1.

5. Федяев, А. А. Математическое моделирование подачи энергоносителя в камерах сушки / А. А. Федяев, В. Н. Федяева // Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири : материалы XV (XXXVII) Всероссийской научно-технической конференции. – Братск : Издательство БрГУ, 2016. – С. 47–48.

6. Федяев, А. А. Программное обеспечение для исследования процессов теплопереноса в зонах термообработки пористых материалов / А. А. Федяев, В. Н. Федяева, П. А. Федяев // Труды Братского государственного университета: Серия Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири. – Братск : БрГУ, 2017. – Т. 1. – С. 63–68.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДРЕВЕСИНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЛИЯЮЩИХ ФАКТОРОВ

Ар.А. Федяев, Н.Ю. Федяева, П.А. Жэрвэ, Н.А. Карасев
Россия, Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет им. С.М. Кирова
г. Санкт-Петербург

Аннотация. В статье показаны основные результаты реализации многофакторного эксперимента по обоснованию условий и режимов склеивания клееных материалов из древесины. Определены основные факторы, которые существенно влияют на прочность клеевого соединения при скалывании вдоль волокон. Установлено влияние плотности древесины, расхода клея и температуры окружающей среды на прочность клеевых соединений древесины, склеенной эмульсионным полимер-изоцианатным (ЭПИ) клеем. С увеличением плотности древесины прочность склеивания возрастает. Установлено, что при закреплении одного из параметров на нижнем уровне при использовании ЭПИ клеев, с увеличением двух других до максимального уровня прочность клеевых соединений древесины возрастает.
Ключевые слова: клееные конструкции из древесины, плотность древесины, расход клея, прочность клеевых соединений древесины, температура окружающей среды.

Annotation. The article shows the main results of the implementation of a multi factorial experiment to substantiate the conditions and modes of gluing glued wood materials. The main factors that significantly affect the strength of the adhesive joint during shearing along the fibers are determined. The influence of wood density, glue consumption and ambient temperature on the strength of adhesive joints of wood glued with emulsion polymer isocyanate (EPI) glue has been established. With an increase in the density of wood, the bonding strength increases. It has been established that when one of the parameters is fixed at the lower level when using EPI adhesives, with an increase in the other two to the maximum level, the strength of wood adhesive joints increases.
Keywords: glulam, wood density, glue consumption, the strength of adhesive joints of wood, the temperature of the environment.

В последние годы более остро и актуально возникают вопросы о совершенствовании производственных процессов, с целью выпуска продуктов высокотехнологичного назначения, а также усовершенствования способов и методов оценки качества продукта. В деревообрабатывающей отрасли можно выделить один из видов такой продукции – это деревянные клееные изделия (конструкции). Деревянные клееные изделия можно подразделить, в зависимости от функционального назначения, на следующие категории:

- несущие конструкции, к ним относят, балки, перекрытия, сооружения для мостов, крыш, арки и прочее;

- ограждающие конструкции – стеновые элементы домов, оконные блоки и прочее.

Клееные изделия для строительных целей необходимо изготавливать определенной длины, с этой целью используют способ сращивания заготовок древесины на зубчатый шип, в результате получают ламели, полуфабрикаты для сращивания по толщине. Если провести сравнение клееных конструкций, например, с бетоном или металлом, то получим ряд преимуществ, которые выгодно конкурируют с другими строительными материалами: например, относительно небольшая масса изделий, поэтому транспортировка таких изделий и монтаж менее трудоемки и энергозатратны. Все выше сказанное показывает необходимость улучшения производственных процессов по выпуску клееных конструкций из древесины с повышенными прочностными характеристиками, а опыт строительства домов из клееных

конструкций на мировом уровне показывает популярностью и перспективность использования клееных материалов из древесины.

Требования, предъявляемые к клеями для древесины, предусматриваются ГОСТами, а свойства клея и условия склеивания полностью регламентируются производителями клеев, в зависимости от их химической природы. Такой показатель древесины, как плотность породы, который существенно влияет как на физико-механические свойства конструкции, так и на прочность клеевых соединений, не регламентируется стандартами или другими нормативными документами. В процесс производства клееных конструкций из древесины возможны изменения показателей температуры воздуха, которые обусловлены особенностями региона производства клееных конструкций. Показатель расхода клея рекомендуется непосредственно производителями клеев в достаточно большом диапазоне, не позволяющем обоснованно выбрать конкретное значение в различных условиях изготовления этих конструкций. В соответствие с этим для проведения полного факторного эксперимента были выбраны следующие влияющие факторы: плотность древесины, которая при эксплуатационной влажности в Северо-Западном регионе РФ варьирует в диапазоне 350 ÷ 650 кг/м^3, однако, проведенные нами ранее исследования показывают, что при использовании древесины плотностью менее 450 кг/м^3 достигаемая прочность клеевых соединений ниже требований ГОСТ; расход клея рекомендуется производителями клеев и для эмульсионного полимер изоцианатного «PREFERE 6151» (ЭПИ) клея находится в диапазоне 200 ÷ 400 г/м^2; температура окружающей среды, которая в различные сезонные периоды может варьироваться в диапазоне 10 ÷ 30 °С. Постоянными при проведении расчетов были факторы: влажность древесины, 10 ± 2 %; шероховатость поверхности, 24 ± 8 мкм; порода древесины – сосна; номинальная толщина ламелей, 26 мм. В соответствии с рекомендациями и методиками ГОСТа 15613.1 «Древесина клееная массивная. Методы определения предела прочности клеевого соединения при скалывании вдоль волокон» определяли прочность клеевых соединений древесины.

В ходе проведения обработки результатов эксперимента получено уравнение регрессии, которое связывает прочность клеевых соединений на ЭПИ клее при скалывании вдоль волокон с влияющими факторами (1):

$$\tau_{ск}^{ЭПИ} = 7{,}7 + 0{,}0083(\rho - 550) + 0{,}02(t - 20) + 0{,}0003(q - 300) -$$
$$- 0{,}00008(\rho - 550)(t - 20) + 0{,}000005(\rho - 550)(q - 300) - 0{,}00007(q - 300)(t - 20), \quad (1)$$

где ρ – плотность древесины, кг/м^3, $450 \le \rho \le 650$; t – температура окружающей среды, °С, $10 \le t \le 30$; q – расход клея, г/м^2, $200 \le q \le 400$.

Проверка полученной модели уравнения регрессии показала, что расчетная модель адекватно описывает процесс. Наиболее значимым фактором при склеивании ЭПИ клеем является плотность древесины. На основе уравнения регрессии построены зависимости исследуемых факторов на прочность клеевых соединений (рис.).

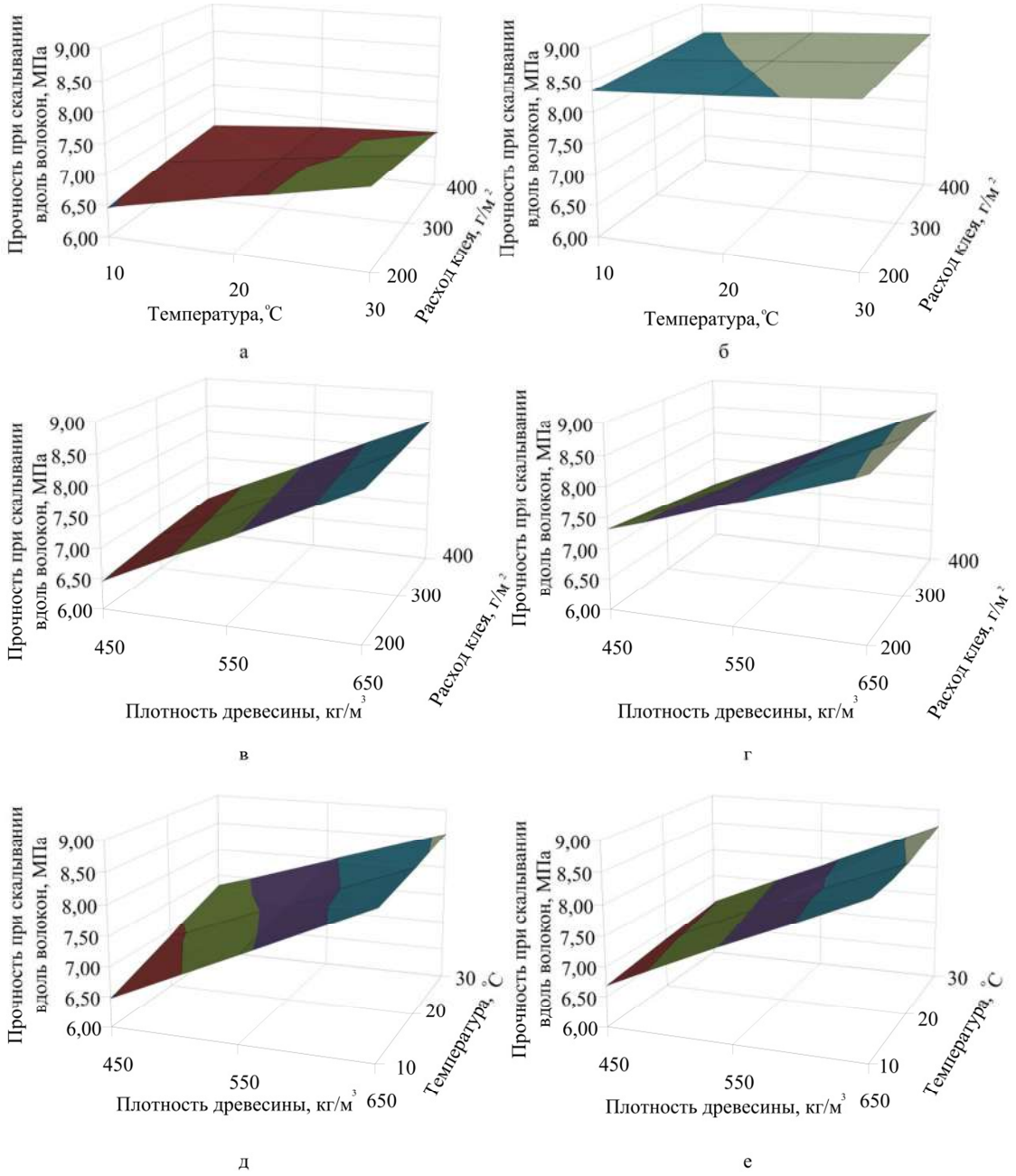


Рис. Влияние различных факторов на прочность клеевых соединений при скалывании вдоль волокон с использованием ЭПИ клея: а – при плотности древесины 450 кг/м^3; б – при плотности древесины 650 кг/м^3; в – при температуре окружающей среды 10 °С; г – при температуре окружающей среды 30 °С; д – при расходе клея 200 г/м^2; е – при расходе клея 400 г/м^2

Проведя анализ рисунка, можно отметить, что характер влияния расхода клея, температуры окружающей среды на прочность клеевого соединения на ЭПИ клее не оказывает существенного влияния, однако показатель плотности древесины оказывает существенное влияние на изменение прочности склеивания. Однако при взаимодействии различных факторов, таких как расхода клея, температура окружающей среды, также возникает способность оказывать существенное влияние и, например, даже при высокой плотности древесины, прочность клеевого соединения может быть ниже требований ГОСТ (рис. б). Следует отметить (рис. а), что при низком значении плотности древесины увеличение температуры и расхода клея благоприятно влияет на прочность клеевого соединения. Стоит отметить и то, что при

повышении температуры клей способен лучше проникать в поры древесины, при этом молекулы клея становятся более активными (рис. д). Увеличение расхода клея при фиксировании исследуемых параметров на нижних уровнях способно обеспечивать прочность клеевого соединения выше минимального значения прочности клеевого соединения (рис. е). При снижении температуры в производственных условиях (рис. в) целесообразно увеличивать расход клея, причем даже при верхнем уровне плотности древесины минимальный расход клея не способен сформировать качественное клеевое соединение, что можно объяснить меньшей активностью молекул клея и его малой способностью проникать в поры древесины. Фиксирование температуры на верхнем уровне (рис. г) позволяет формировать клеевое соединение требуемой прочности, однако при значении плотности древесины близком к нижнему уровню необходимо увеличивать расход клея. При всех уровнях варьирования влияющих факторов прочность клеевых соединений выше минимального значения прочности, которое равно 6 МПа.

В результате выполненных исследований можно сделать следующие основные выводы о работе:

1. Плотность древесины оказывает существенное влияние на прочность клеевых соединений при скалывании вдоль волокон при использовании эмульсионных полимер-изоцианатных клеев.

2. Влияние расхода клея на прочность клеевых соединений у ЭПИ клеев менее существенно, чем плотность древесного материала.

3. ЭПИ клеи более устойчивы к изменению условий склеивания и позволяют формировать клеевые соединения требуемой прочности даже при минимальных значениях исследованных факторов.

Литература

1. Чубинский, А. Н. Влияние строения и свойств древесины на прочность ее склеивания / А. Н. Чубинский, А. А. Тамби, А. А. Федяев // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – Санкт-Петербург : СПбГЛТА, 2010. – Вып. 190. – С. 155–163.

2. Чубинский, А. Н. Влияние плотности древесины на качество формирования клеевых соединений / А. Н. Чубинский, А. А. Федяев, А. А. Тамби // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – Санкт-Петербург : СПбГЛТА, 2011. – Вып. 195. – С. 141–147.

3. Федяев, А. А. Повышение эффективности клееных деревянных конструкций / А. А. Федяев, Н. Ю. Федяева, Н. Шумякова, В. О. Кушнерев // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2016. – Вып. 217. – С. 219–228.

4. Модификация алюмосиликатами феноло-формальдегидных смол для склеивания фанеры / А. М. Иванов, Д. С. Русаков, Г. С. Варанкина, А. Н. Чубинский // Клеи. Герметики. Технологии. – 2017. – № 3. – С. 13–17.

5. Русаков, Д. С. Модификация феноло- и карбамидоформальдегидных смол побочными продуктами производства целлюлозы / Д. С. Русаков, Г. С. Варанкина, А. Н. Чубинский // Клеи. Герметики. Технологии. – 2017. – № 8. – С. 16–21.

6. Федяев, А. А. Неразрушающие методы контроля свойств продукции из древесины / А. А. Федяев, А. Н. Чубинский. – Санкт-Петербург : ГАЛАНИКА, 2022. – 118 с.

ОЦЕНКА ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ В УГЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЯХ СТЕН ДЕРЕВЯННЫХ ДОМОВ

Ар.А. Федяев, Н.Ю. Федяева, П.А. Жэрвэ, Н.А. Карасев
Россия, Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет им. С.М. Кирова
г. Санкт-Петербург

Аннотация. В статье проведена оценка тепловых потерь в угловых соединения деревянных домов. Представлены термоснимки, распределение температурного поля, оценено соответствие требованиям нормативных документаций. Установлена разница между температурой внутреннего воздуха и узловых соединений более чем в 10 °С в начальный отопительный период.
Ключевые слова: энергоэффективность, тепловые потери, угловые соединения, тепловизор.

Annotation. The article assesses heat losses in corner joints of wooden houses. Thermal photographs, distribution of the temperature field are presented, and compliance with the requirements of regulatory documentation is assessed. The difference between the temperature of the internal air and the node connections was found to be more than 10 °C during the initial heating period.
Keywords: energy efficiency, heat losses, corner joints, thermal imager.

Древесина и древесные материалы чаще всего используются для строительства жилых домов, она может быть использована как основной материал, из которого изготавливают стеновые элементы дома, так и для производства элементов, таких как дверные блоки, оконные блоки, полы, отделочные материалы и прочие столярно-строительные элементы. Основными источниками тепловых потерь энергии обычно являются стеновые элементы дома или ограждающие конструкции. Проведенные исследования в работах [1–6] показывают, как влияет вид и толщина ограждающей конструкции (стенового элемента) на потери тепловой энергии. В настоящее время одной из актуальных задач является определение величины тепловых потерь в зависимости от влияния толщины ограждающей конструкции, а также влияние вида и типа соединения стеновых элементов, особенно в местах угловых стыков. Наиболее популярны при изготовлении несущих стен дома следующие виды столярных (плотницких) вязок, к ним можно отнести следующие соединения элементов: с потайным косым шипом («ласточкин хвост»); в лапу; в чашу; соединение крестовидное, с прямой накладкой; с прямой ступенчатой накладкой; соединение крестовидное в одно «гнездо» и т.д. Популярными среди всех соединений являются такие: в лапу, в чашу, «ласточкин хвост». С целью выявления и определения всевозможных потерь тепловой энергии через ограждающие конструкции, в частности через угловые соединения, проведем исследование в жилом доме из профилированного бруса, который располагается в Ленинградской области. При внутренней отделке стен дома использованы декоративные материалы. Соединение «в лапу» использовалось при угловой стыковке элементов стен дома. Проводили термофотографирование внутри жилого дома. Согласно выполненному исследованию по определению и оценке потерь тепловой энергии через угловые стыки жилого дома, получено, что не все стеновые элементы соответствуют стандартным требованиям по тепловой защите зданий.

В качестве исследования для определения температуры на поверхности угловых соединений стен дома внутри помещения выполнялось термофотографирование всех участков стыков ограждающих конструкций. Термофотографирование или тепловизионную съемку следует выполнять последовательно, по намеченным участкам ограждающих конструкций. Запись полученных термограмм сохраняли в памяти тепловизора Testo 875-2i. Для проведения термофотографирования соблюдали следующие условия окружающей среды: темпера-

тура наружного воздуха – 0 ± 0,5 °С, относительная влажность воздуха – 60 ± 5 %, скорость движения воздуха – 1 ± 0,5 м/с; температура внутри помещения – 23 ± 0,5 °С и влажность воздуха внутри помещения – 55 ± 5 %. Для ообработки полученных снимков тепловизора использовали специальную компьютерную программу «Testo». Представленая температурная шкала соответствует цветовой палитре любой отмеченной точки с указанием температур и разрезов по сечениям с полем распределения температур. Для определения и привязки мест, в которых присутствуют тепловые дефекты, для более качественного выполнения анализа, помимо инфракрасной съемки, представлены фотографии самих обследуемых участков. На рисунке 1 представлена инфракрасная съемка углового соединения потолка (место с обнаруженным тепловым дефектом), а также фотография этого участка. На рисунке 2 представлена инфракрасная съемка участка углового соединения пола.

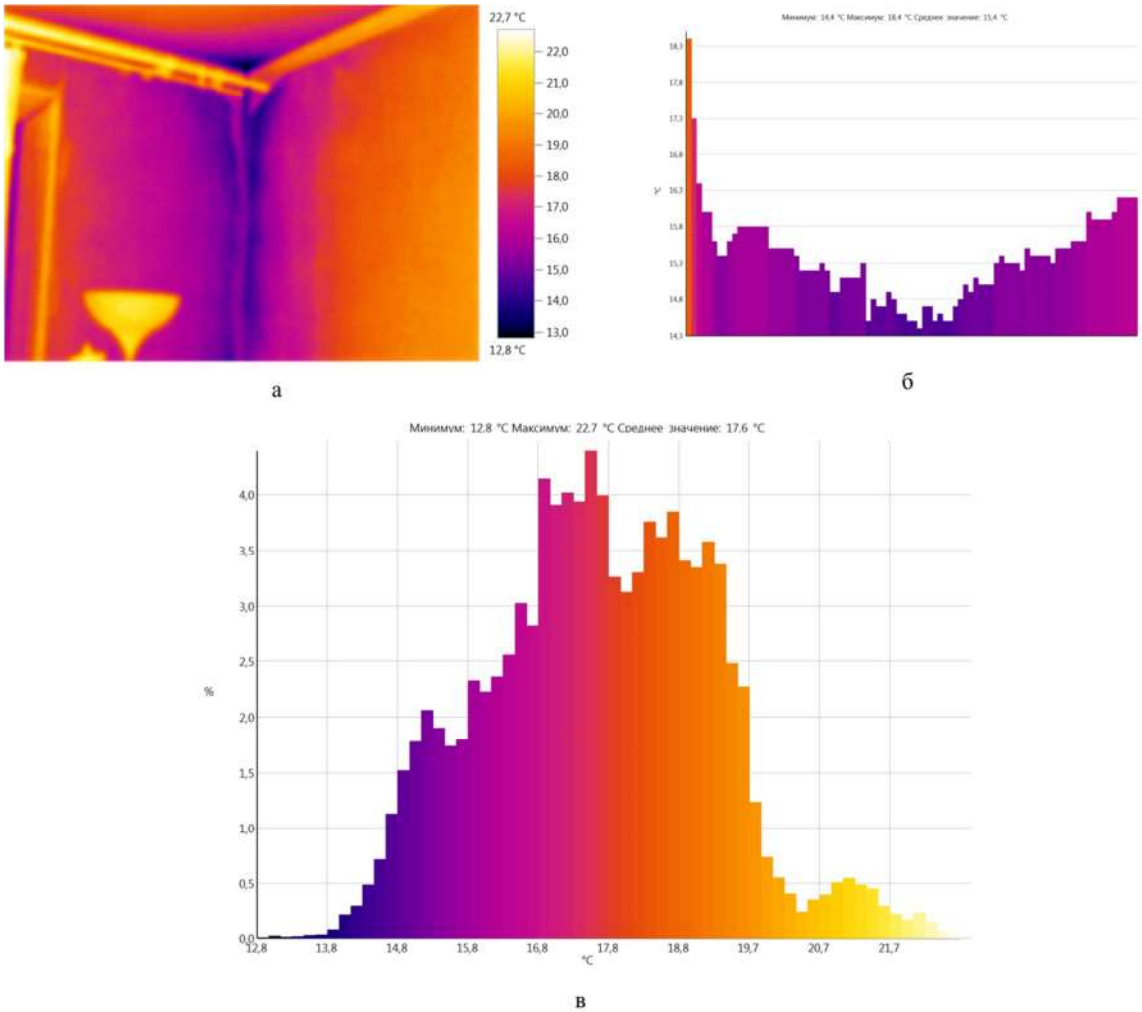


Рис. 1. Результаты проведения термофотографирования углового соединения потолка: а – инфракрасная съемка; б – распределение температурного профиля по длине соединения стены; в – процентное распределение температурного профиля по всему инфракрасному изображению

На основании полученных данных проведенного тепловизионного исследования получено, что теплоизоляционные характеристики стыковых элементов стен жилого дома не соответствуют необходимым требованиям нормативных документов относительно перепада температур внутреннего воздуха и внутренней поверхности ограждающей конструкции (Δt). По требованиям нормативных документов этот перепад должен быть не более 4 °С. Согласно полученным снимкам, температурный перепад в некоторых точках превышает 10 °С.

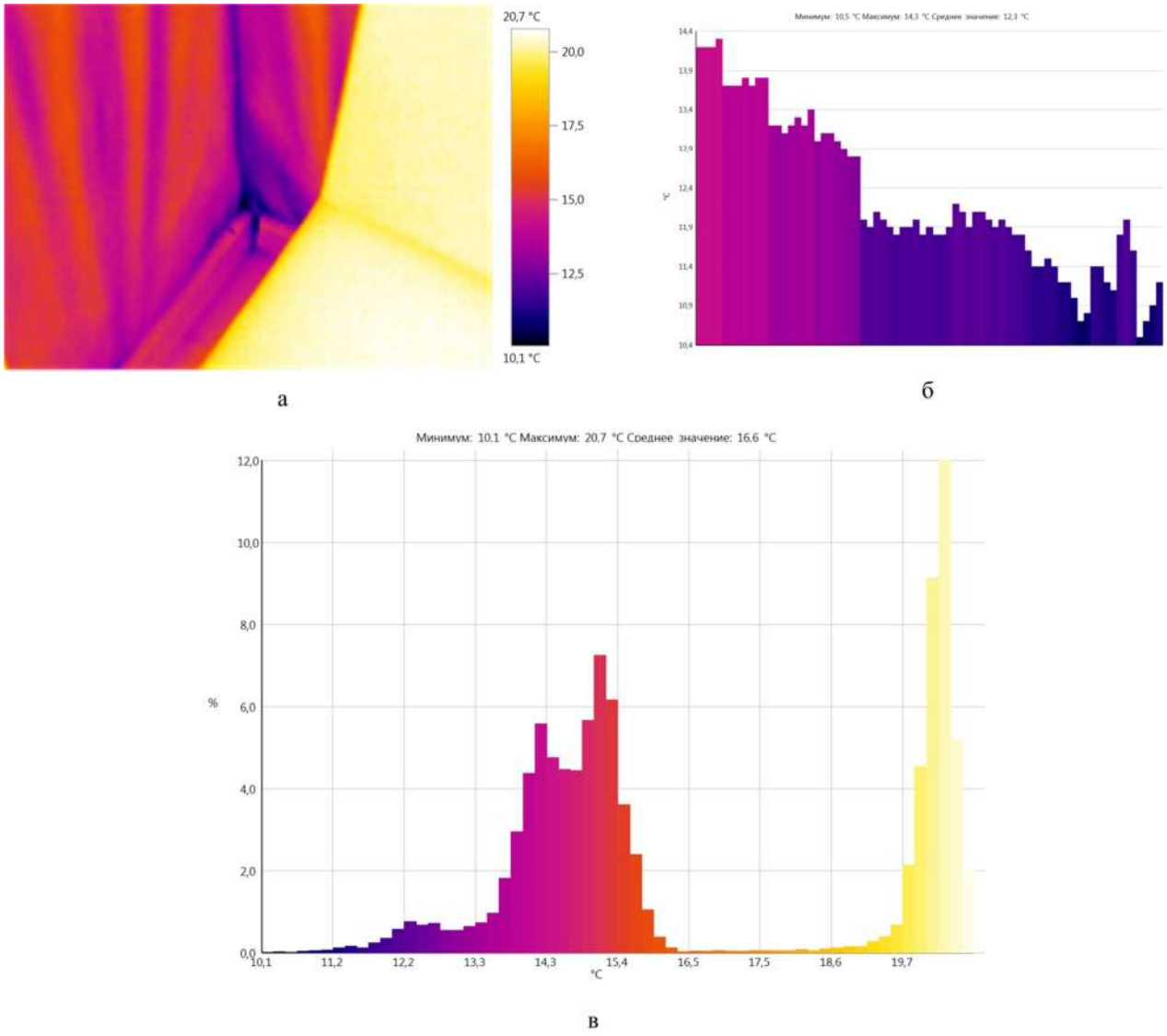


Рис. 2. Результаты проведения термофотографирования углового соединения пола: а – инфракрасная съемка; б – распределение температурного профиля по длине соединения стены; в – процентное распределение температурного профиля по всему инфракрасному изображению

В условиях отрицательных температур, а именно в зимний период времени, когда температура наружного воздуха будет намного ниже 0 °С, температурный перепад (Δt) увеличится намного больше, и, следовательно, значительно понизится температура воздуха внутри дома, и тем самым приведет к промерзанию ограждающей конструкции. Основными причинами, которые приводят к подобному явлению, может быть следующее: отклонения от формы и размеров бруса, нарушения технологии монтажа, коробление соединительных элементов в процессе эксплуатации жилого дома, формирование теплового замка ненадлежащей формы в стыковых элементах. Различных причин подобных нарушений может быть достаточно много, необходимо проведение дополнительных обследований, которые будут направлены на определение вида, формы, размеров и соединения стыковочных элементов, ограждающих конструкций, которые обеспечивают необходимую тепловую защиту всего жилого дома в целом.

Литература

1. Федяев, П. А. Инструментальное определение тепловых потерь теплотехнологическими установками / П. А. Федяев, А. А. Федяев, Е. С. Федяева // Труды Братского государственного университета. Серия : Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири : в 2 томах. – Братск : ГОУ ВПО «БрГУ», 2010. – Т. 2. – С. 53–58.

2. Обоснование необходимости проведения тепловизионного обследования конструкций и сооружений из древесины / А. А. Федяев, А. Н. Чубинский, А. А. Федяев [и др.] // Современные проблемы переработки древесины : материалы Международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2014. – С. 23–26.

3. Анализ энергоэффективности элементов светопрозрачных ограждающих конструкций / А. А. Федяев, А. Н. Чубинский, А. А. Федяев, Н. Ю. Федяева // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2015. – Вып. 212. – С. 198–210.

4. Федяева, Н. Ю. Анализ тепловых потерь ограждающих элементов из древесины / Н. Ю. Федяева, А. А. Федяев, А. Н. Чубинский // Современные проблемы биологического и технического древесиноведения : сборник I Международной научно-практической конференции (Йошкар-Ола, 20–23 сентября 2016 г.). – Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2016. – С. 128–130.

5. Федяев, А. А. Тепловизионное обследование элементов деревянных домов / А. А. Федяев, Н. Ю. Федяева, А. А. Федяев // Труды Братского государственного университета: Серия: Естественные и инженерные науки. – Братск : Издательство БрГУ, 2016. – Т. 1. – С. 51–53.

6. Федяева, Н. Ю. Энергоэффективность светопрозрачных ограждающих конструкций в зависимости от геоклиматический условий региона эксплуатации / Н. Ю. Федяева // Леса России: политика, промышленность, наука, образование : материалы второй международной научно-технической конференции / под редакцией В. М. Гедьо. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2017. – Т. 3. – С. 136–138.

РАЗРАБОТКА ПОКРЫТИЙ ЛЕСНЫХ ДОРОГ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПНД ТРУБ

Г.И. Хохлов, В.В. Силецкий
Россия, Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет им. С.М. Кирова
г. Санкт-Петербург

Аннотация. В статье рассматриваются актуальные задачи арендаторов лесных участков – увеличение освоения эксплуатационных лесов и повышение доступности древесных ресурсов за счет использования пластиковых водопропускных труб в покрытиях лесных дорог. Предложена технология строительства дорог на основе ПНД труб, а также отмечены преимущества данной технологии по сравнению с традиционной. Исследование основывается на полимерных трубах из полиэтилена, обладающих гибкостью и устойчивостью к низким температурам. Предложенная технология включает в себя строительство щитов из полиэтиленовых труб, соединенных тросами, с установкой колейного настила на поверхность щита. В качестве альтернативы предложено использование отработанных шин. Рассматриваются технические аспекты, такие как расчет несущей способности и площади опоры колес сортиментовоза.

Ключевые слова: лесные дороги, ПНД трубы, покрытия лесных дорог, слабонесущие грунты, переносные покрытия.

Annotation. The article discusses the actual tasks of tenants of forest plots – increasing the development of operational forests and increasing the availability of wood resources through the use of plastic culverts in the coatings of forest roads. The technology of road construction based on HDPE pipes is proposed, and the advantages of this technology in comparison with the traditional one are also noted. The study is based on polyethylene polymer pipes that are flexible and resistant to low temperatures. The proposed technology includes the construction of shields made of polyethylene pipes connected by cables, with the installation of a track deck on the surface of the shield. As an alternative, the use of used tires is proposed. Technical aspects are considered, such as the calculation of the bearing capacity and the bearing area of the wheels of the sorting truck.
Keywords: forest roads, HDPE pipes, forest road coverings, low-bearing soils, portable coverings.

Введение. Важной задачей арендаторов лесных участков является более полное освоение эксплуатационных лесов и повышение экономической доступности древесных лесных ресурсов. Самым дешевым вариантом, обеспечивающим безопасное и бесперебойное движение сортиментовозам по временным дорогам (усам) на слабых и переувлажненных грунтах, является лежневая дорога [1–2]. Лежневая дорога представляет собой деревянный настил из поперечно уложенных стволов. Диаметр деревьев – в среднем 8–30 см, длина – 4–10 м. Рекомендован к использованию настил из хвойных деревьев, однако в целях экономии лесозаготовители чаще используют менее плотные и долговечные породы – чаще всего древесину лиственных пород. Вопрос эффективности лежневых дорог поднимается регулярно, т.к. это ресурсозатратное и дорогостоящее строительство.

Гибкое колейное покрытие, уложенное на поперечные трубы ПНД, – это временная технологическая дорога, устраиваемая в сложных грунтово-гидрологических условиях, на заболоченных участках с грунтами низкой несущей способности.

Цель данной работы заключается в предложении альтернативы строительства лежневой дороги, в качестве замены древесным стволам предлагаются пластиковые водопропускные трубы.

Задачами данной работы являются:

1. Оценить возможность использования пластиковых труб для условий строительства дорог на слабых грунтах и болотах.

2. Предложить технологию строительства дороги, в основании которой лежат трубы и отработанные грузовые покрышки с определенным рисунком протектора.

3. Выявить преимущества предлагаемой технологии по сравнению с традиционной.

В рамках исследования рассматривались полимерные трубы из полиэтилена, так как они обладают хорошей гибкостью, более устойчивы к низким температурам и позволяют наращивать площадь опоры. Предлагаемая технология заключается в строительстве щитов из полиэтиленовых труб, соединенных тросами (рис. 1, 2). На поверхности щита будет установлен колейный настил, состоящий из противобуксовочных лент. Альтернативой являются отработавшие шины, разрезанные пополам без боковых колец, уложенные поочередно протектором верх ширина колеи от 0,9–1,3 метра ширина межколейного промежутка 0,7 (длина окружности шины 315 80R22.5).

Щит укладывается на подготовленную дорожную полосу. В рамках подготовки дорожной полосы необходимо выкорчевать пни и валуны, произвести выравнивание поверхности.

Для щитов будет использоваться труба диаметром 200 мм (толщина стенки 21 мм).

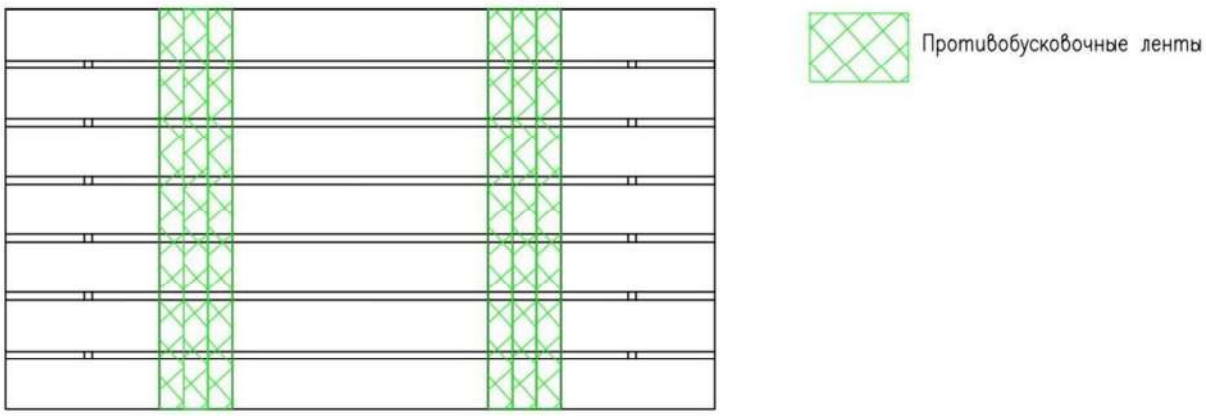


Рис. 1. Схема щита

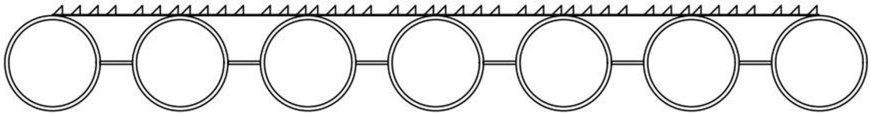


Рис. 2. Схема поперечного разреза щита

Расчет несущей способности:

Расчет будет проводиться по формуле кольцевой жесткости ГОСТ 18599-2001 [3].

$$S = \left(0{,}0186 + 0{,}025 * \frac{Y}{D}\right) * \frac{F}{L*Y},$$

где F – нагрузка, соответствующая 3%-ной деформации испытуемого образца, кН

D – значение внутреннего диаметра, м

L – длина испытумого образца, м

Y – деформация, соответствующая 3%-ной деформации (y/d= 0,03), м

Y = 0,03 * d

S=128

$$128 = \frac{0{,}01935*F}{0{,}01*(0{,}03*0{,}179)}$$

$$F * 0{,}01935 = 128 * 0{,}01 * (0{,}03*0{,}179)$$

$$F = 0{,}007 / 0{,}01935 = 0{,}36 \text{ кН}$$

Расчет площади опоры колеса сортиметовоза:

$$S_{оп} = G_c / p = 19125 / 520000 = 0{,}037 \text{ м}^2 = 370 \text{ см}^2,$$

где G_c = Вес давящий на одно колесон, Н,

p = давление в шинах, Па.

Вес мы определили исходя из расчета, что машина везет 17 кубов древесины, вес одного куба равен 850 кг, 17*850 = 15 300 кг

У сортиментовоза 2 оси, имеющих 2 двухскатных колеса [4].

15300 / 2 = 7650 кг на ось,

7650 / 4 = 1912,5 кг на одно колесо.

Нагрузка на поверхность равна 1912,5 / 370 = 5,16 кг/см^2 = 51,6 Н/см^2.

Главным преимуществами данной конструкции перед настилом из деревьев является мобильность и многоразовость. Данные щиты не позволят воде застаиваться только с одной стороны дороги, что указывает на их хорошие дренирующие свойства. Противобуксовочные ленты или покрышки автомобиля повышают устойчивость к соскальзыванию сортиментово-

за со щита. Также щиты позволят арендатору вывозить сто процентов заготовленной древесины.

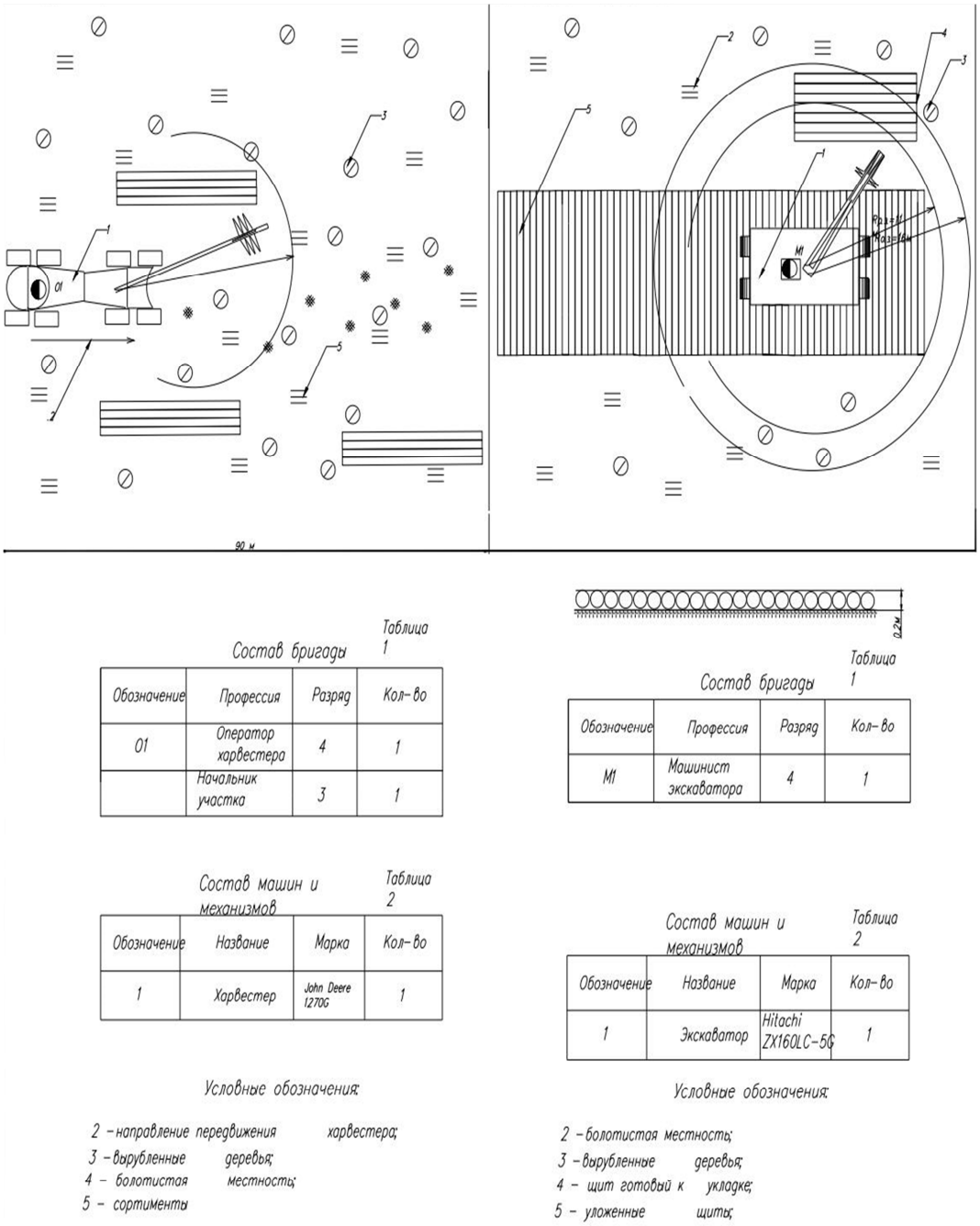


Рис. 3. Технология укладки покрытия

Литература

1. Ишмухаметов, Э. М., Рациональное использование природных ресурсов в процессе возведения лежневой дороги при строительстве трубопровода к кусту скважин / Э. М. Ишмухаметов, Н. Ф. Набиуллин // Обращение с отходами: современное состояние и перспективы. – 2019. – С. 165–169.

2. Шитарев, В. А. Современные технологии при устройстве лежневых дорог для обустройства нефтяных и газовых месторождений / В. А. Шитарев, О. А. Коркишко // Инженерный вестник Дона. – 2016. – Т. 43, № 4 (43). – С. 173.

3. ГОСТ 18599-2001. Трубы напорные из полиэтилена. Технические условия : введен 2003-01-01. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200029492 (дата обращения: 30.11.2023). – Текст : электронный.

4. СП 288.1325800.2016. Дороги лесные. Правила проектирования и строительства : введен 2016-06-17. – URL: https://docs.cntd.ru/document/456069592 (дата обращения: 30.11.2023). – Текст : электронный.

ПРИРОДООХРАННЫЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИЙ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Р.А. Шадрин, И.К. Козлова, Л.А. Николаева
Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова г. Санкт-Петербург

Аннотация. Охрана окружающей среды, адаптация к изменениям климата, сохранение природных ресурсов и рациональное природопользование – национальные интересы России. Развитие лесного комплекса предусматривает перечень мероприятий, к которому относятся сохранение экологического потенциала лесов, технологическое обновление и модернизация материально-технической базы использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов, лесопромышленных производств с использованием наилучших доступных технологий. Цель настоящего исследования – обосновать значимость природоохранных аспектов технологий лесозаготовительного производства. Задачи, решенные для достижения целей настоящего исследования: проанализировать природоохранные аспекты технологий лесозаготовительного производства, содержавшиеся в нормативно-методических документах, принятых в 1993 году, а также в современных нормативно-методических документах, принятых в 2020–2022 годах; выявить значимость природоохранных аспектов технологий лесозаготовительного производства с точки зрения лесной биогеоценологии В. Н. Сукачева; сформулировать предложения по дополнению современных нормативно-методических документов в сфере технологий лесозаготовительного производства специальным разделом – «Природоохранные аспекты технологий лесозаготовительного производства». Основные результаты настоящего исследования: анализ природоохранных аспектов технологий лесозаготовительного производства, содержавшихся в нормативно-методических документах, принятых в 1993 году, а также нашедших отражение в современных нормативно-методических документах, принятых в 2020–2022 годах, показал, что экологические требования к технологиям лесозаготовительного производства приведены в разных разделах этих документов, не все значимые экологические требования из утратившей силу нормативно-методической базы включены в современные нормативно-методические документы, поэтому авторы предлагают дополнить современные нормативно-методические документы в сфере технологий лесозаготовительного производства специальным разделом – «Природоохранные аспекты технологий лесозаготовительного производства» с включением в него значимых экологических требований из утратившей силу нормативно-методической базы, что послужит сохранению экологического потенциала лесов. Природоохранные аспекты технологий лесозаготовительного производства – актуальная, имеющая научную и практическую значимость тема исследования, отраженная в основополагающих документах развития как лесного комплекса, так и Российской Федерации в целом.

Ключевые слова: природоохранные аспекты, экологический потенциал лесов, лесной биогеоценоз, технологии лесозаготовительного производства, рациональное природопользование, лесной комплекс, наилучшие доступные технологии.

Annotation. Environmental protection, adaptation to climate change, conservation of natural resources and ra-tional use of natural resources are the national interests of Russia. The development of the forest complex provides for a list of measures, which include the preservation of the ecological potential of forests, technological renewal and modernization of the material and technical base for the use, protection, protection and reproduction of forests, forest industries using the best available tech-nologies. The purpose of this study is to substantiate the importance of environmental aspects of logging production technologies. Tasks solved to achieve the goals of this study: to analyze the environmental aspects of logging production technologies contained in the regula-tory and methodological documents adopted in 1993, as well as in modern regulatory and meth-odological documents adopted in 2020–2022; to identify the importance of environmental aspects of logging production technologies from the point of view of forest biogeocenology V. N. Sukachev; formulate proposals to supplement modern regulatory and methodological documents in the field of logging production technologies with a special section – "Environmental aspects of logging production technologies". The main results of this study: the analysis of environmental aspects of logging production tech-nologies contained in the normative and methodological documents adopted in 1993, as well as reflected in modern normative and methodological documents adopted in 2020–2022, showed that environmental requirements for logging production technologies are given in different sections of these however, not all significant environmental requirements from the expired normative and methodological base are included in modern normative and methodological documents, therefore, the authors propose to supplement modern regulatory and methodological documents in the field of logging production technologies with a special section – "Environmental aspects of logging production technologies" with the inclusion of significant environmental requirements from the expired regulatory and methodological framework, which will serve to preserve the ecological potential of forests.
Conclusion: "Environmental aspects of logging production technologies" is an actual research topic of scientific and practical significance, reflected in the fundamental documents of the develop-ment of both the forest complex and the Russian Federation as a whole.
Keywords: environmental aspects, ecological potential of forests, forest biogeocenosis, technologies of logging production, rational use of nature, forest complex, the best available technologies.

Охрана окружающей среды, адаптация к изменениям климата, сохранение природных ресурсов и рациональное природопользование – один из национальных интересов Российской Федерации. Национальные интересы Российской Федерации обеспечиваются и защищаются концентрацией усилий и ресурсов органов публичной власти, организаций и институтов гражданского общества на реализации стратегических национальных приоритетов, среди которых экологическая безопасность и рациональное природопользование. Национальная безопасность обеспечивается путем достижения целей и решения задач, предусмотренных в рамках стратегических национальных приоритетов [1].

Территория Российской Федерации, ее ландшафтное и биологическое разнообразие, уникальный эколого-ресурсный потенциал – национальное достояние Российской Федерации. Сохранение и защита этого национального достояния необходимы для жизни будущих поколений россиян, гармоничного развития человека и реализации права граждан Российской Федерации на благоприятную окружающую среду. Атмосферный воздух и вода, отвечающие экологическим стандартам качества, рекультивация нарушенных земель, экологическая реабилитация территорий и водных объектов, увеличение площади лесовосстановления, ликвидация накопленного вреда окружающей среде – обязательные условия улучшения качества жизни граждан Российской Федерации.

Достижение целей обеспечения экологической безопасности и рационального природопользования осуществляется реализацией государственной политики, направленной на решение целого ряда задач, среди которого сохранение биологического разнообразия при-

родных экосистем и развитие системы особо охраняемых природных территорий, охрана и воспроизводство лесов, а также объектов животного мира.

Целевое видение лесного комплекса предусматривает обеспечение внутреннего спроса России на продукцию лесного комплекса, переход от сырьевой направленности лесного комплекса к рациональному управлению лесами, ускорение социально-экономического развития регионов Российской Федерации [2]. Развитие лесного комплекса Российской Федерации предусматривает целый перечень мероприятий, к которому относятся в том числе сохранение экологического потенциала лесов, а также технологическое обновление и модернизация материально-технической базы использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов, лесопромышленных производств с использованием наилучших доступных технологий. Поэтому природоохранные аспекты технологий лесозаготовительного производства – актуальная, имеющая научную и практическую значимость тема исследования, нашедшая свое отражение в основополагающих документах развития как лесного комплекса, так и Российской Федерации в целом.

Напомним, что лес – это элемент географического ландшафта, состоящий из совокупности деревьев, занимающих доминирующее положение, кустарников, напочвенного покрова, животных и микроорганизмов, в своем развитии биологически взаимосвязанных, влияющих друг на друга и на внешнюю среду [3]. Кроме того, специфичность животного мира в зависимости от определенных форм леса и сильная зависимость ряда протекающих в них явлений от животных – один из признаков, характеризующих лес как биогеоценоз [4]. Многочисленные млекопитающие и птицы играют очень важную роль в жизни леса и в силу этого должны приниматься во внимание при планировании и осуществлении различных лесохозяйственных мероприятий [5]. Поэтому, говоря о природоохранных аспектах технологий лесозаготовительного производства, нельзя забывать обо всех компонентах леса, в том числе и об охотничьих животных!

Далее необходимо заострить внимание на нормативно-методической базе лесозаготовительного производства, в том числе на ее изменениях, которые непосредственно затрагивают природоохранные аспекты технологий лесозаготовительного производства. В те далекие времена, когда один из авторов настоящей статьи, Р. А.Шадрин, был еще студентом Лисинского лесхоза-техникума (1995–1998 гг.), в Российской Федерации действовали Правила рубок главного пользования в равнинных лесах европейской части Российской Федерации (утв. Приказом Рослесхоза от 31.08.1993 № 226) и Наставление по рубкам ухода в равнинных лесах европейской части России (утв. Приказом Рослесхоза от 29.12.1993 № 347). Эти документы подробно изучались студентами на занятиях, в том числе по лесоведению и лесоводству, а также технологии и организации лесопользования, поэтому некоторые наиболее ярко запомнившиеся природоохранные аспекты хотелось бы здесь привести.

Одним из таких аспектов было наличие в Наставлении по рубкам ухода в равнинных лесах европейской части России специального пункта – «Время проведения рубок ухода по сезонам года». Время проведения рубок ухода по сезонам года устанавливается с учетом особенностей климатических условий лесохозяйственных округов для видов ухода в зависимости от породного состава и других характеристик насаждений, определенных групп типов леса и в первую очередь почвенно-грунтовых условий [6]. Кроме того, там говорилось о том, что выбор объектов в рубки ухода и выбор времени рубки должны производиться с учетом интересов охотничьего хозяйства и побочных лесных пользований; уход с вырубкой деревьев мягколиственных пород может планироваться с учетом подкормки зверей, а рубки ухода в насаждениях с ягодниками (брусничники, черничники и др.) с целью их сохранения могут планироваться зимой при снежном покрове.

Для сохранения благоприятных условий для размножения полезных птиц в период их гнездования, в первую очередь весной и в первой половине лета, рубки ухода проводить не

рекомендовалось, а на участках вокруг глухариных токов рекомендовалось проводить только осенью и в первой половине зимы.

Не рекомендовалось производить механизированные рубки ухода на базе машин и тракторов в весенний и осенний периоды, иногда и в летний дождливый период, когда почва сильно увлажнена, а на участках со слабодренированными почвами в любой период, при непромерзшем грунте, так как при этом происходит сильное отрицательное воздействие движителя на почву с образованием колеи и повреждение корневых систем оставляемых на выращивание деревьев; весной в период сокодвижения при этом резко увеличивается количество повреждений стволов деревьев, например ели, пихты и т.д.

Помимо этого, на участках леса вокруг глухариных токов, полосах леса по берегам рек и других водоемов, заселенных бобрами, а также на участках леса в местах обитания редких и находящихся под угрозой исчезновения диких животных рекомендовалось вести выборочные санитарные рубки и рубки ухода слабой и очень слабой, реже умеренной интенсивности, которые должны были быть направлены на создание и постоянное сохранение оптимальных условий обитания охраняемых животных, не допуская резких изменений этих условий.

При рубках ухода предполагалось формировать насаждения по породному составу, форме и структуре, в наибольшей мере обеспечивающие оптимизацию этих условий. При отборе деревьев на выращивание и в рубку с учетом биологических особенностей охраняемых животных разрешалось оставлять на выращивание деревья малоценных или нежелательных пород (осина и др.), а также деревья неудовлетворительного санитарного состояния, если это не приведет к распространению болезней и вредителей леса, а при необходимости разрешалось не убирать и отпад. Время проведения рубок ухода и выборочных санитарных рубок в таких местах рекомендовалось выбирать с таким расчетом, чтобы не допускать при рубке отрицательного влияния на жизненно важные процессы охраняемых животных (размножение, питание и др.).

В зависимости от условий местопроизрастания и возможности сбыта порубочных остатков очистку мест рубок разрешалось производить в том числе сбором порубочных остатков в кучи с оставлением их на месте для перегнивания и для подкормки диких животных в зимний период. Правила рубок главного пользования в равнинных лесах европейской части Российской Федерации также разрешали применять такой способ очистки мест рубок – сбор порубочных остатков в кучи и валы с оставлением их на месте для перегнивания и для подкормки диких животных в зимний период. Также одним из требований этих Правил было то, что прокладка волоков по руслам постоянных и временных водотоков не допускается [7].

Также этими Правилами при разработке лесосек в летний период в группах типов леса с влажными и переувлажненными почвами любого механического состава, а также свежими суглинистыми почвами трелевка древесины допускалась только по волокам, укрепленным порубочными остатками. Для предотвращения сильного уплотнения почвы, сохранения ее водно-физических свойств, водоохранных и защитных свойств леса при разработке лесосек в летний период рекомендовалось для трелевки (транспортировки) древесины применять машины, оказывающие минимальное воздействие на почву. При сильном переувлажнении почвы (особенно весной и осенью) вести трелевку древесины не рекомендовалось. Применение машин, оказывающих минимальное воздействие на почву, и на сегодняшний момент, и на ближайшее будущее – одна из ключевых задач при разработке технологий лесозаготовительного производства!

Нашли свое отражение природоохранные аспекты технологий лесозаготовительного производства и в действующей нормативно-методической базе. Например, при заготовке древесины в целях повышения биоразнообразия лесов на лесосеках могут сохраняться отдельные деревья в любом ярусе и их группы (старовозрастные деревья, деревья с дуплами,

гнездами птиц, а также потенциально пригодные для гнездования и мест укрытия мелких животных). Перечни объектов биоразнообразия и размеры буферных зон для конкретного лесничества указываются в лесохозяйственном регламенте лесничества [8].

Также при заготовке древесины, среди прочего, не допускается использование русел рек и ручьев в качестве трасс волоков и лесных дорог, повреждение лесных насаждений, растительного покрова и почв, захламление лесов промышленными и иными отходами за пределами лесосеки на смежных с ними 50-метровых полосах. Кроме того, не допускается повреждение дорог, мостов, просек, осушительной сети, дорожных, гидромелиоративных и других сооружений, русел рек и ручьев. Запрещается оставление завалов (включая срубленные и оставленные на лесосеке деревья) и срубленных зависших деревьев, повреждение или уничтожение подроста, подлежащего сохранению.

Не допускается невыполнение или несвоевременное выполнение работ по очистке лесосеки от порубочных остатков (остатков древесины, образующихся на лесосеке при валке и трелевке (транспортировке) деревьев, а также при очистке стволов от сучьев, включающих вершинные части срубленных деревьев, откомлевки, сучья, хворост), уничтожение верхнего плодородного слоя почвы вне волоков и погрузочных площадок.

Считаем немаловажным, что в действующем нормативно-методическом документе не забыли и о сохранении ягодниковых типов леса, которые служат основными токовыми, гнездовыми, выводковыми и кормовыми стациями тетеревиных птиц – глухаря обыкновенного (*Tetrao urogallus* L.), тетерева (*Lyrurus tetrix* L.) и рябчика (*Tetrastes bonasia* L.): «Рубки, проводимые в целях ухода за лесными насаждениями, в лесных насаждениях ягодниковых типов леса с целью их сохранения осуществляются преимущественно при промерзшей почве и снежном покрове» [9].

Также имеет большое природоохранное значение и то, что в действующем нормативно-методическом документе сохранен способ очистки лесосек, обеспечивающий подкормку важнейших видов охотничьих зверей, например лося (*Alces alces* L.) и зайца-беляка (*Lepus timidus* L.), а именно, лесосеки могут очищаться сбором порубочных остатков в кучи и валы с оставлением их на месте для перегнивания и для подкормки диких животных в зимний период [10].

Таким образом, специалисты лесозаготовительных предприятий при проектировании и проведении лесозаготовок должны четко понимать, что лесные звери и птицы – полноправный и один из важнейших компонентов лесного биогеоценоза, поэтому всегда необходимо помнить о влиянии лесозаготовок на лесных зверей и птиц и делать все возможное, чтобы лесозаготовки наносили как можно меньше ущерба лесному биогеоценозу.

Отрицательное влияние лесозаготовок на лесной биогеоценоз может быть уменьшено посредством разработки и совершенствования технологий лесозаготовительного производства. Да, именно в технологиях лесозаготовительного производства сконцентрированы наиважнейшие условия успеха природоохранных мероприятий, а также сохранения экологического потенциала лесов! И одним из таких условий будет разработка именно отечественной лесозаготовительной техники, которая будет наносить минимальный вред лесному биогеоценозу, что также будет способствовать и адаптации к изменениям климата, поскольку зимы со сколько-нибудь длительными морозными периодами становятся скорее исключением, чем нормой. Это внесет свой вклад в научно-технологическую независимость нашей страны, что чрезвычайно важно в современных условиях.

Таким образом, в результате проведенного исследования авторы настоящей статьи пришли к выводу, что «Природоохранные аспекты технологий лесозаготовительного производства» – актуальная, имеющая научную и практическую значимость тема исследования, отраженная в основополагающих документах развития как лесного комплекса, так и Российской Федерации в целом.

Литература

1. О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации : Указ Президента РФ от 02.07.2021 № 400. – Текст : электронный // КонсультантПлюс : сайт. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271/?ysclid=lphgmpb3dc630133775 (дата обращения: 11.11.2023).

2. Об утверждении Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года : Распоряжение Правительства РФ от 11.02.2021 № 312-р. – Текст : электронный // КонсультантПлюс : сайт. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_377162/?ysclid=lphgoqxa2g170142828 (дата обращения: 11.11.2023).

3. Терминологический словарь по специальности лесоустройство и лесоинвентаризация / Н. Н. Гусев [и др.]. – Москва, 1993. – 80 с.

4. Сукачев, В. Н. Основы лесной биогеоценологии / В. Н. Сукачев. – Москва : Наука, 1964. – 570 с.

5. Биология лесных птиц и зверей / Г. Г. Доппельмаир, А. С. Мальчевский, Г. А. Новиков, Б. Ю. Фалькенштейн. – Москва : Высшая школа, 1975. – 384 с.

6. Наставление по рубкам ухода в равнинных лесах европейской части России (утв. Приказом Рослесхоза от 29.12.1993 № 347). – Текст : электронный // КонсультантПлюс: сайт. – URL: https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=OTN&n=20438&ysclid=lphgs3r231655708557#COEpqwTFrdh7OZq5 (дата обращения: 11.11.2023).

7. Правила рубок главного пользования в равнинных лесах европейской части Российской Федерации (утвержден Приказом Рослесхоза от 31.08.1993 № 226). – Текст : электронный // КонсультантПлюс : сайт. – URL: https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=292787&ysclid=lphgspg7iz798104034#yaLpqwT2bzyoFgib1 (дата обращения: 11.11.2023).

8. Об утверждении Правил заготовки древесины и особенностей заготовки древесины в лесничествах, указанных в статье 23 Лесного кодекса Российской Федерации : Приказ Минприроды России от 01.12.2020 № 993. – Текст : электронный // КонсультантПлюс: сайт. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_371476/?ysclid=lphgue4g8g199984026 (дата обращения: 11.11.2023).

9. Об утверждении Правил ухода за лесами: Приказ Минприроды России от 30.07.2020 № 534. – Текст : электронный // КонсультантПлюс : сайт. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_371361/?ysclid=lphgv50qsp264295447 (дата обращения: 11.11.2023).

10. Об утверждении видов лесосечных работ, порядка и последовательности их выполнения, формы технологической карты лесосечных работ, формы акта заключительного осмотра лесосеки и порядка заключительного осмотра лесосеки : Приказ Минприроды России от 17.01.2022 № 23. – Текст : электронный // Министерство юстиции РФ : сайт. – URL: https://minjust.consultant.ru/documents/30167?ysclid=lphgw8cvk4854740313 (дата обращения: 11.11.2023).

МОДЕЛИРОВАНИЕ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Б.М. Шифрин, В.И.Силина
Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова г. Санкт-Петербург

Аннотация. В статье рекомендуется использование нечеткой логики при управлении сушильной камерой. Это может позволить уменьшить время переходного процесса по сравнению с традиционным ПИД-регулированием. В качестве инструментария предлагается среда MATLAB со встроенными пакетами Fuzzy Logic Designer и Simulink.
Ключевые слова: сушильная камера, нечеткая логика, ПИД-регулятор, переходный процесс, MATLAB.

Annotation. The article recommends of fuzzy logic using when controlling the drying chamber. This allows to reduce transition time compared to traditional PID control. Used by MATLAB contains the Fuzzy Logic Designer and Simulink packages.
Keywords: drying chamber, fuzzy logic, PID controller, transition process, MATLAB.

Целью статьи является модернизация типовой сушильной камеры. Традиционно для реализации заданных показателей качества регулирования в различных отраслях промышленности, в том числе для сушки пиломатериалов, наиболее часто используемыми остаются пропорционально-интегрально-дифференциальные (ПИД) регуляторы, преимущества которых достаточно известны и связаны с их простотой, низкой стоимостью и высокой эффективностью при автоматическом регулировании технологических параметров. Однако при наличии сложных трудноформализуемых объектов с множеством нелинейных связей с изменяемыми в процессе эксплуатации параметрами, традиционный метод ПИД-регулирования не всегда может обеспечить приемлемое качество управления, поэтому актуальность приобретают различные адаптивные методы [1, 2].

В работе предлагается использовать модель системы автоматического регулирования на основе нечеткой логики, которая может быть получена с применением словесных высказываний, получаемых от операторов и экспертов в виде суждений об алгоритме настройки параметров объекта управления и принимаемых в процессе управления решений. Таким образом, реализация алгоритма системы автоматического регулирования осуществляется нечетким регулятором [3–7].

Пример управления сушильной камерой на основе нечеткого регулирования температуры сушки t и скорости воздушного потока v приведен на рисунке 1.

В качестве программного инструментария используем систему Matlab со встроенным пакетом Fuzzy Logic Designer – совокупностью прикладных программ, позволяющих конструировать нечеткие управляющие системы. Созданная с помощью Fuzzy Inference System модель представлена на рисунке 2. Входными параметрами являются: скорость сушильного агента, м/с; температура сушки, °С; время сушки, ч. Выходные параметры: изменение температуры сушки, время сушки и критическая ошибка (при достижении температуры 140 °С).

Основой для проведения операции нечеткого логического вывода в соответствии с алгоритмом Мамдани является база правил, содержащая нечеткие высказывания в форме «Если – То». Фрагмент такой базы, спроектированной на основе Rule Editor, представлен на рисунке 3. В частности, из первого правила видно, что при низкой температуре сушки и малой скорости воздушного потока и высокой влажности следует повышать температуру и время сушки, так как, скорее всего, доски только загрузили в сушильную камеру.

С помощью программы просмотра поверхности системы нечеткого вывода Control Surface построим поверхности «вход – выход», соответствующие синтезируемой нечеткой системе. Одна из них приведена на рисунке 4. В частности, из графика видно, что при высокой температуре следует понижать температуру до нормальной, так как высока вероятность возгорания.

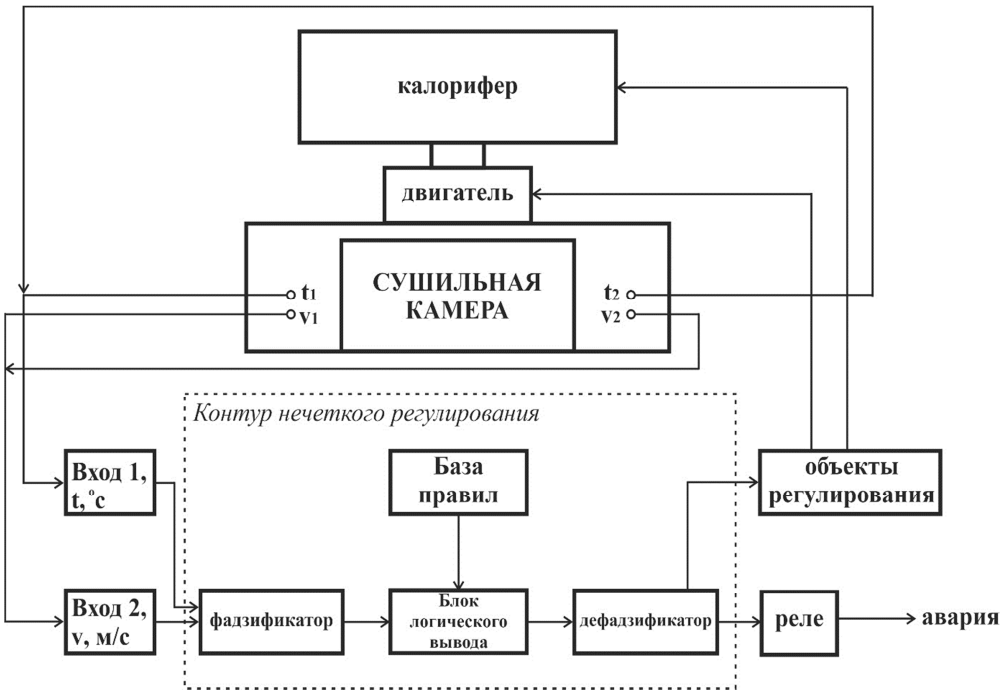


Рис. 1. Принцип работы сушильной камеры, использующей нечеткую логику

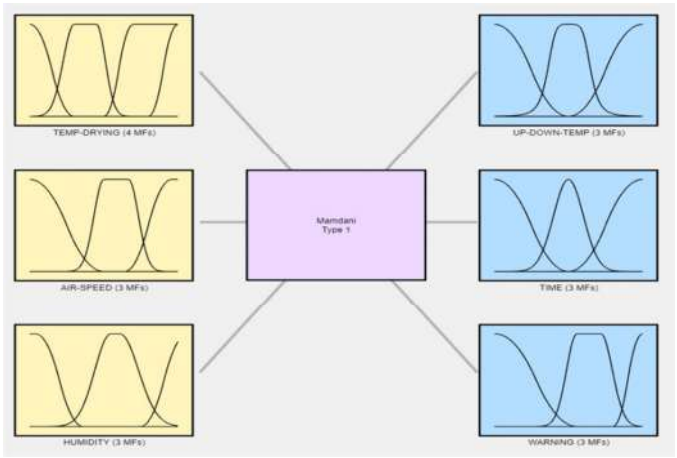


Рис. 2. Модель, созданная с помощью Fuzzy Inference System

	Rule
1	If TEMP-DRYING is LOW and AIR-SPEED is LOW and HUMIDITY is HIGH then UP-DOWN-TEMP is UP, TIME is UP
2	If TEMP-DRYING is LOW and AIR-SPEED is LOW and HUMIDITY is MID then UP-DOWN-TEMP is UP, TIME is UP
3	If TEMP-DRYING is LOW and AIR-SPEED is LOW and HUMIDITY is LOW then UP-DOWN-TEMP is DOWN, TIME is DOWN
4	If TEMP-DRYING is MID and AIR-SPEED is MID and HUMIDITY is HIGH then UP-DOWN-TEMP is NOT-CHANGE, TIME is NOT-CHANGE
5	If TEMP-DRYING is MID and AIR-SPEED is MID and HUMIDITY is MID then UP-DOWN-TEMP is NOT-CHANGE, TIME is NOT-CHANGE
6	If TEMP-DRYING is MID and AIR-SPEED is MID and HUMIDITY is LOW then UP-DOWN-TEMP is DOWN, TIME is DOWN
7	If TEMP-DRYING is HIGH and AIR-SPEED is HIGH and HUMIDITY is HIGH then UP-DOWN-TEMP is DOWN, TIME is NOT-CHANGE

Рис. 3. Фрагмент базы правил

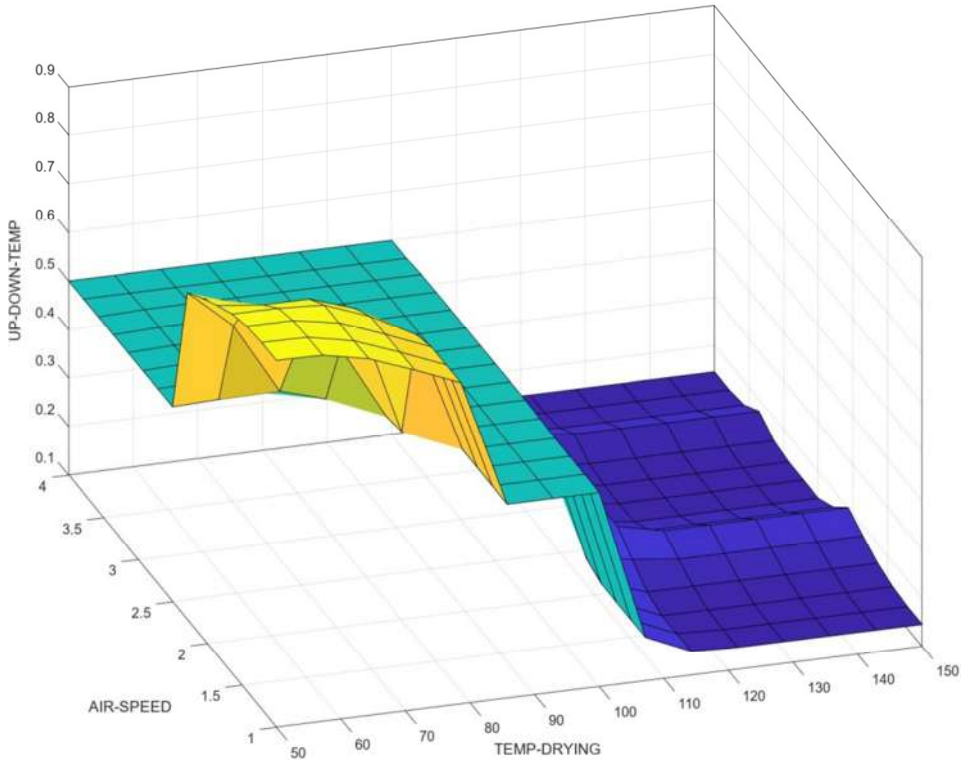


Рис. 4. Зависимость выходной переменной «Изменение температуры» от входных переменных «Температура сушки» и «Скорость воздушного потока»

Кроме того, использование макроса Matlab qfiscgen.m позволяет из созданной в Fuzzy Logic Designer FIS-модели генерировать код на языке программирования C для дальнейшего анализа, тестирования и возможной загрузки в поддерживаемые контроллеры. Фрагмент такого кода показан на рисунке 5.

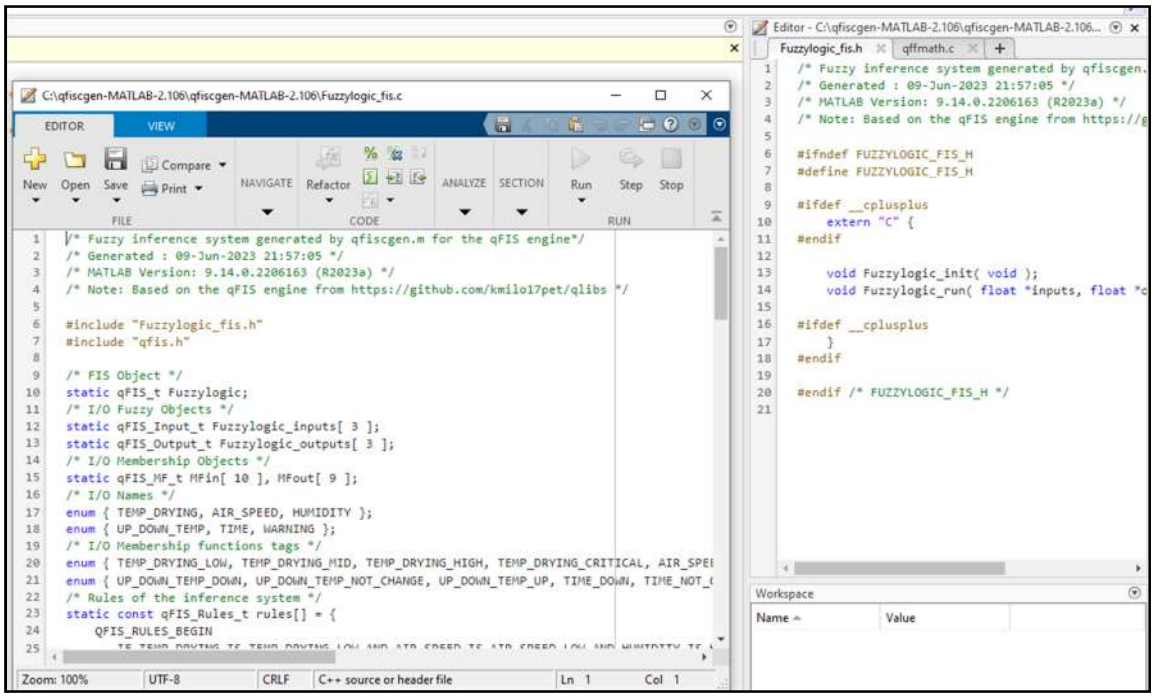


Рис. 5. Фрагмент сгенерированного C-кода

Литература

1. Джамбеков, А. М. Нечеткий регулятор стабилизации катализата / А. М. Джамбеков, И. А. Щербатов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2016. – № 4 (52).

2. Демидова, Г. Л. Особенности применения нечетких регуляторов на примере управления скоростью вращения электродвигателя постоянного тока / Г. Л. Демидова, А. Ю. Кузин, Д. В. Лукичев // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2016. – Т. 16, № 5. – С. 872–878.

3. Турбал, Е. Ю. Разработка модели сушки пиломатериалов на основе нечеткой логики / Е. Ю. Турбал, Б. М. Шифрин // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2023. – № 36. – С. 31–34.

4. Турбал, Е. Ю. Подход к разработке модели сушки пиломатериалов на основе нечеткой логики / Е. Ю. Турбал, Б. М. Шифрин, Д. А. Попова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – № 7–1 (121). – С. 111–114.

5. Разработка модели управления кондиционером на основе нечеткой логики / Б. М. Шифрин, И. В. Елисеев, А. И. Шалабот, Е. С. Пендриков // Сборник статей по материалам научно-технической конференции института технологических машин и транспорта леса по итогам научно-исследовательских работ 2020 : материалы докладов научно-технической конференции (Санкт-Петербург, 10 апреля 2021 г.) / ответственный редактор Е. Г. Хитров. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, 2021. – С. 583–587.

6. Шифрин, Б. М. Использование нечетких регуляторов в мехатронике / Б. М. Шифрин, И. В. Елисеев // Автоматизированное проектирование в машиностроении. – 2021. – № 11. – С. 22–25.

7. Шифрин, Б. М. Разработка модели процесса контроля качества поверхности древесностружечных плит на основе нечеткой логики / Б. М. Шифрин // Автоматизированное проектирование в машиностроении. – 2017. – № 5. – С. 39–43.

ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ОТСЛЕЖИВАНИИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЛЕСНЫХ ГРУЗОВ

В.П. Шумов
Россия, Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана г. Мытищи

Аннотация. В статье рассматривается применение информационных логистических моделей для лесопромышленного комплекса Северо-Западного лесопромышленного комплекса России. Составлены комплексные аналитические модели данного механизма функционирования цепей поставок из региона.
Ключевые слова: лесопромышленный комплекс, логистические процессы, круглые лесоматериалы.

Annotation. The article discusses the use of information logistics models for the timber industry complex of the North-Western timber industry complex of Russia. Comprehensive analytical models of this mechanism for the functioning of supply chains from the region have been compiled.
Keywords: timber industry complex, logistics processes, round timber.

В СЗФО в данный момент функционирует более четырехсот предприятий по заготовке круглого лесоматериала и предприятия по переработке древесины, а также нужно учесть, что

предприятия по своему объему производства соответственно разделяются на крупные и средние [1]. В данном Федеральном округе лесопромышленное производство (лесозаготовка и деревопереработка) является основным видом производства по лесопользованию, и поэтому весомая часть организаций задействованы в данной сфере. В округе задействованы в основном крупные так и некрупные по количеству работников предприятия, где выполняются работы по лесопромышленному производству. За прошлый год заготовлено 62 278,9085 тыс. м^3.

В данном исследовании разработаны три сценария оптимального распределения материальных ресурсов в цепочке поставок на основе таких областей, как Архангельская, Республика Карелия и Новгородская. Все данные по объемам лесозаготовок были взяты из Федеральной службы государственной статистики (ЕМИСС) (табл. 1).

Таблица 1

Объемы заготовленной древесины

№	Регион	Объемы лесозаготовок, тыс. м^3
1	Архангельская область	16 103,723
2	Республика Карелия	8099,3
3	Новгородская область	2890,5

В данных областях были взяты за потребителей крупные деревоперерабатывающие предприятия, которые изготавливают (деревянные изделия, целлюлозо-бумажные материалы и мебель). За поставщиков были взяты лесозаготовительные компании.

Для практического расчета основных параметров цепочки поставок выполнены следующие этапы: 1) оптимальное распределение материальных ресурсов с помощью методов линейного программирования; 2) для каждой группы предприятий в областях строится схема цепочки поставок; 3) для каждого поставщика определяются коэффициенты по вероятности срыва поставок. Ненадежные поставщики (вероятность срыва поставок более 10 %) объединяем по принципу интеграции в цепях поставок.

Для исследования взяты экспериментальные объемы лесозаготовок и определены сценарии: 16 000 тыс. м^3; 8000 тыс. м^3 и 2000 тыс. м^3. По приведенным данным можно сказать, что эти объемы находятся в пределах тех объемов, которые указаны выше.

Таблица 2

Расчет основных параметров цепочки поставок для бизнес-единиц Федерального округа

№ п/п	Бизнес-единица	Поставщики	Объем поставок тыс. м^3	Вероятность срыва поставок	
				Индивидуальная	Общая
Сценарий 1 – 16 000 тыс. м^3					
1	1	1.1	1500	0,033	0,033
	2	2.1	1300	0,048	0,048
	3	3.1	1000	0,051	0,051
	4	4.1	500	0,055	0,055
	5	5.1	300	0,25	0,07
	6	6.1	150	0,28	
		Итого:	4750		0,00000031

Окончание табл. 2

№ п/п	Бизнес-единица	Поставщики	Объем поставок тыс. м^3	Вероятность срыва поставок	
				Индивидуальная	Общая
Сценарий 2 – 8000 тыс. м^3					
2	1	1.1	1200	0,05	0,05
	2	2.1	800	0,055	0,055
	3	3.1	400	0,063	0,063
	4	4.1	200	0,25	0,095
	5	5.1	100	0,38	
		Итого:	2700		0,00001646
Сценарий 3 – 2000 тыс. м^3					
3	1	1.1	500	0,048	0,048
	2	2.1	200	0,053	0,053
	3	3.1	100	0,19	0,067
	4	4.1	50	0,35	
		Итого:	850		0,00017045

По полученным данным объединены ненадежные поставщики.

Схема входящей цепи поставок для сценария – 16 000 тыс. м^3 (рис. 1).

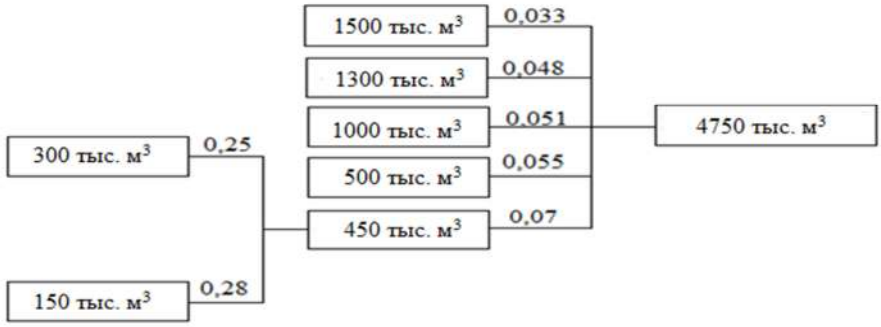


Рис. 1. Схема цепочки поставок для сценария – 16000 тыс. м^3

Схема входящей цепи поставок для сценария – 8000 тыс. м^3 (рис. 2).

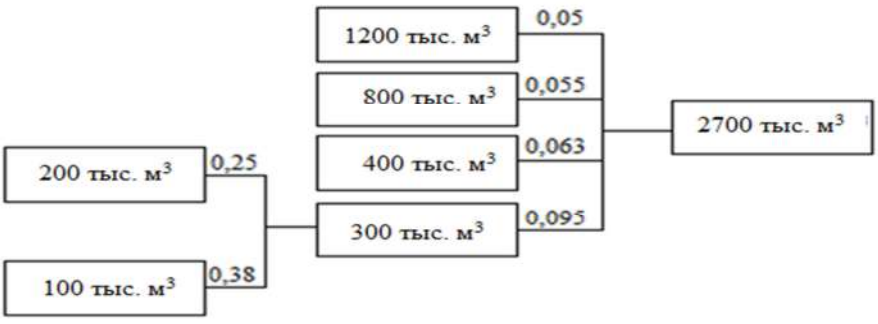


Рис. 2. Схема цепочки поставок для сценария – 8000 тыс. м^3

Схема входящей цепи поставок для сценария – 2000 тыс. м^3 (рис. 3).

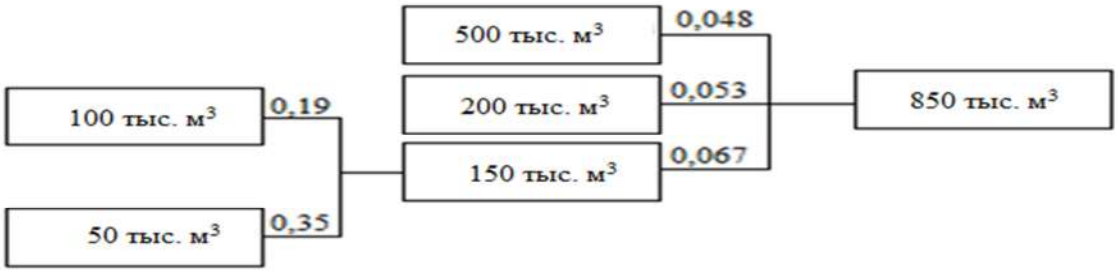


Рис. 3. Схема цепочки поставок для сценария 2000 тыс. м^3

Интеграции срыва поставок помогает оптимизировать региональную цепь поставок.

Управление запасами является еще одним неотъемлемым параметром при оптимизации цепи поставок, он является ключевым элементом для снабжения предприятий и потребителей сырьем и готовой продукцией [6]. Для этого мы их распределим на входящие и исходящие цепи поставок для предложенных сценариев.

Для этого применяется формула Уилсона и при необходимости дополнительными параметрами оптимальное число закупок, оптимальные издержки на хранение запасов и экономия издержек на хранение древесины [9].

Данные по оптимальным размерам партий сырья для входящий цепи поставок (табл. 3) представлены в общем виде.

По приведенным данным оптимальный размера партии сырья для каждого сценария у определенного контрагента. Закупочная стоимость древесины (Р) во всех сценариях принята равной 700 р/м^3, затраты на размещение заказа (С) – равными 1,45 р/м^3. При этом заметим, что величина спроса на древесное сырье снижается при уменьшении объема поставок. При этом показатели закупок сохраняют прежний смысл.

Таблица 3

Оптимальный размер партий сырья для входящей цепочки поставок по предложенным сценариям

Показатели закупок	Потребители				
	1	2	3	4	5
Сценарий 1 – 16 000 тыс. м^3/год					
Z	1 500 000	1 300 000	1 000 000	500 000	450 000
R	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
P	700	700	700	700	700
F	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Q	353	328	288	204	193
Сценарий 2 – 8000 тыс. м^3/год					
Z	1 200 000	800 000	400 000	300 000	-
R	1,45	1,45	1,45	1,45	-
P	700	700	700	700	-
F	0,05	0,05	0,05	0,05	-
Q	315	257	182	158	-
Сценарий 3 – 2000 тыс. м^3/год					
Z	500 000	200 000	150 000	-	-
R	1,45	1,45	1,45	-	-
P	700	700	700	-	-
F	0,05	0,05	0,05	-	-
Q	204	129	111	-	-

Графическая интерпретация (номограмма) оптимального объема партии, которая непосредственно выполняет свои функции по управлению цепями поставок лесного сырья и лесопродукции (рис. 4).

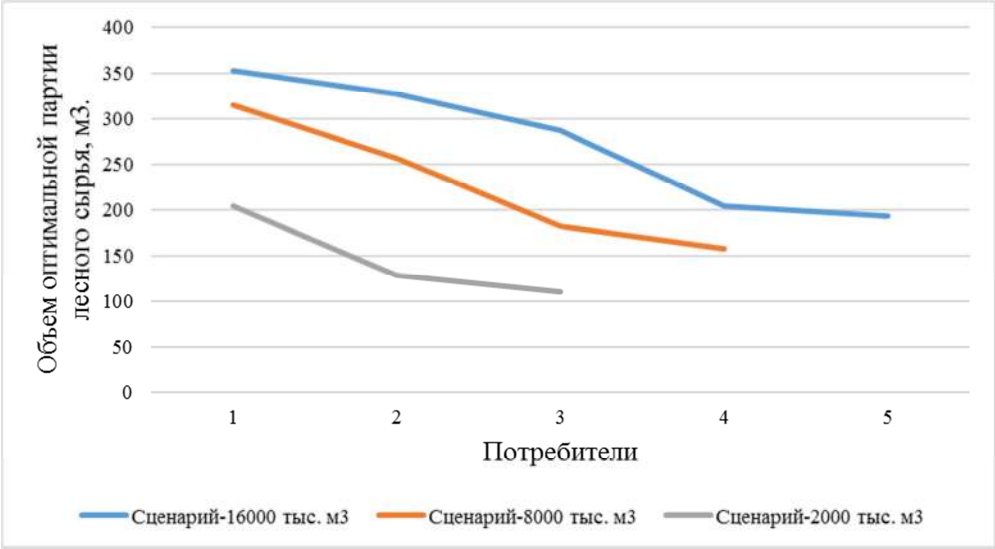


Рис. 4. Номограмма оптимального объема партии лесного сырья

Какой объем партии готовой продукции поставлять – определяет потребитель. Это определяется с помощью таких параметров, как с стоимость размещения заказа, хранения продукции, стоимость доставки, в соответствии со страной заказчика или региона, куда поставляется продукция [7]. Мы приведем исходной размер поставок за определенный период с последующей их оптимизацией в SCOR-модели. В данной модели такие параметры характерны для исходящей цепи поставок (табл. 4).

Таблица 4

Исходящая цепь поставок лесопродукции по трем сценариям

№	Наименование материальной продукции	Потребители	Объем поставок, тыс. м^3 млн тонн и т.д.	Регулярность поставок, дни	Размер партии, м^3 тонн
Сценарий 1 – 16 000 тыс. м^3/год					
1	Пиломатериалы, тыс. м^3	Китай	500	255	1961
		Узбекистан	100	190	526
		Прочие	250	265	943
	Целлюлоза, тыс. тонн	Китай	450	210	2143
		Египет	100	170	588
		Прочие	200	230	870
	Бумага и картон, тыс. тонн	Китай	300	200	1500
		Беларусь	70	160	438
		Прочие	300	235	1277
	Фанера, тыс. м^3	Россия	25	110	227
		Прочие	60	140	429
	Пеллеты, тыс. м^3	Россия	30	130	231
		Южная Корея	15	100	150
		Прочие	250	195	1282

Окончание табл. 4

№	Наименование материальной продукции	Потребители	Объем поставок, тыс. м^3, млн тонн и т.д.	Регулярность поставок, дни	Размер партии, м^3 тонн
Сценарий 2 – 8000 тыс. м^3/год					
2	Пиломатериалы, тыс. м^3	Китай	200	170	1176
		Египет	50	130	385
		Прочие	150	190	789
	Бумага, тыс. тонн	Россия	100	160	625
		Китай	200	150	1333
		Прочие	150	200	750
	Упаковка, тыс. тонн	Россия	150	140	1071
		Турция	30	115	261
		Прочие	200	160	1250
	ОСП и ДСП, тыс. м^3	Россия	80	130	615
		Узбекистан	40	115	348
		Прочие	100	165	606
Сценарий 3 – 2000 тыс. м^3/год					
3	Пиломатериалы, тыс. м^3	Казахстан	40	130	308
		Иран	30	120	250
		Прочие	70	170	412
	Технологическая щепа, тыс. м^3	Россия	30	120	250
		Турция	40	115	348
		Прочие	50	160	313
	ДСП, тыс. м^3	Казахстан	60	130	462
		Узбекистан	40	135	296
		Прочие	90	155	581
	Пеллеты, тыс. м^3	Южная Корея	15	110	136
		Россия	10	100	100
		Прочие	55	130	423

Данные для исследования объемов готовой продукции были взяты у крупных предприятий и в статистических отчетах за текущий год по проектируемых регионам. Потребители определены в настоящих реалиях и по отчетам отправок продукции региона. После рассмотрения SCOR-модели, а также ее бизнес-процессов и метриков, построим упрощенную SCOR-модель для каждой бизнес-единицы для трех сценариев [10]. Структура упрощенной SCOR-модели и операционной стратегии приведены на рисунках (рис. 6 и рис. 7).

В данных бизнес-процессах протекают определенные операции, характерные для лесной отрасли. Поэтому необходимо рассмотреть операционную стратегию для SCOR-модели с ключевыми категориями процессов. Операционная стратегия с категориями процессов представлена на рисунке 7.

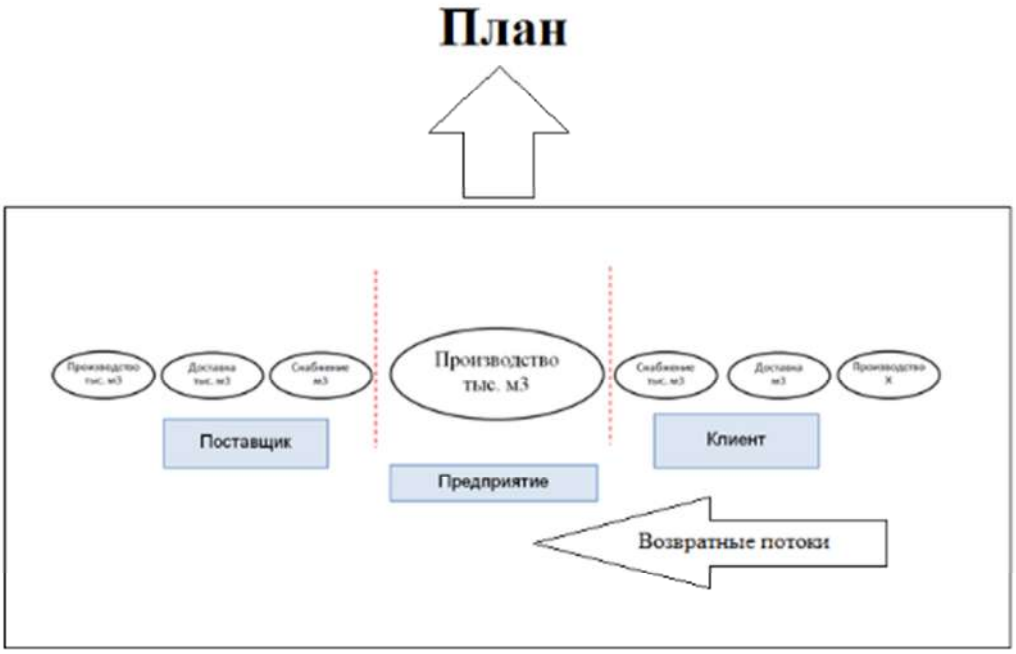


Рис. 6. Структура SCOR-модели

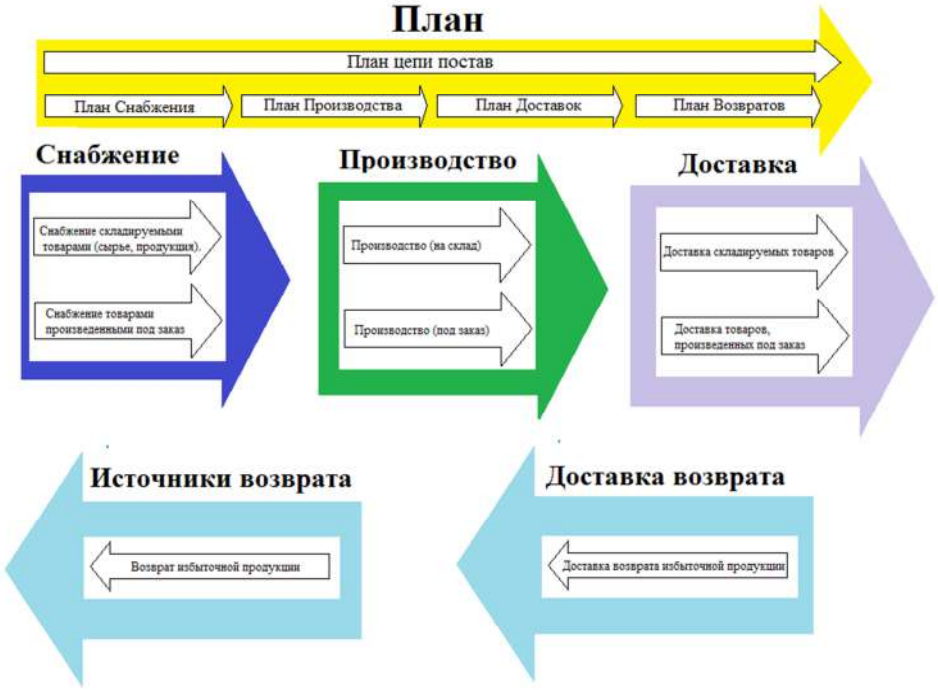


Рис. 7. Операционная стратегия для SCOR-модели

Операционная стратегия отлично вписываются в структуру SCOR-модели для лесопромышленных предприятий, которые рассматриваются в сценариях. В качестве исключения при входящем потоке сырья процессы снабжения, производства, доставки будут выполнять свои операции исключительно на нижний склад, а исходящие потоки сохраняют прежний смысл предложенной стратегии.

Следующий этап показывает детальный разбор элементов процесса в предложенной стратегии. На данном этапе рассматривается детально процессы для каждой конфигурации

предложенной стратегии. Она включает ход процесса, входящие и исходящие потоки, а также их источники и назначения. Данный этап, который является третьим уровенем планирования SCOR-модели, представлен на рисунке 8.

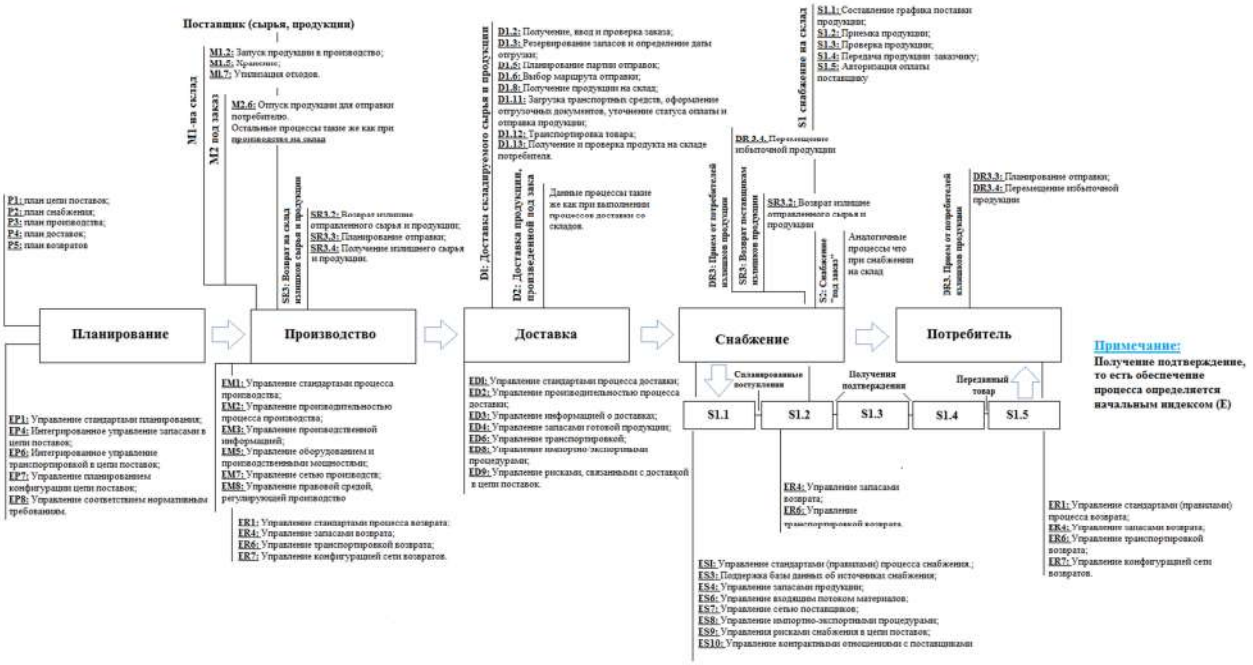


Рис. 8. Третий уровень планирования SCOR-модели

Предложенные процессы для внутренних конфигураций в операционной стратегии более четко определяют связи межу поставщиками, контрагентами и логистическими компаниями, а также позволяют учесть все риски, связанные с транспортной – логистической системой движения сырья и лесопродукции. После того как выполнена настройка выбранной операционной стратегии, основной процесс формирования SCOR-модели завершен, что тем самым дает возможность отслеживания процессов для прохождения материального и информационного потока в цепях поставок [5]. Ниже приведены классические региональные SCOR-модели для трех сценариев.

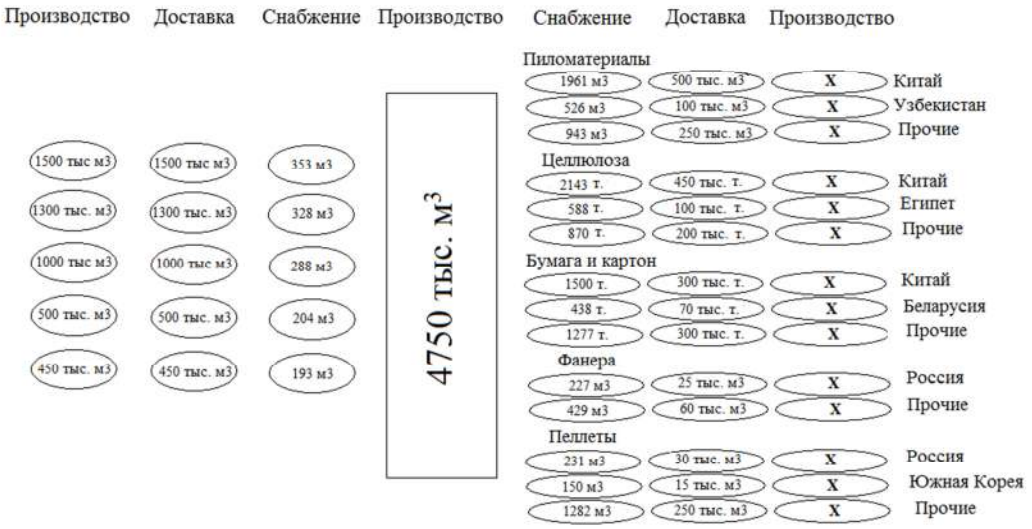


Рис. 9. Упрощенная SCOR-модель для сценария 1 – 16 000 тыс. м^3/год

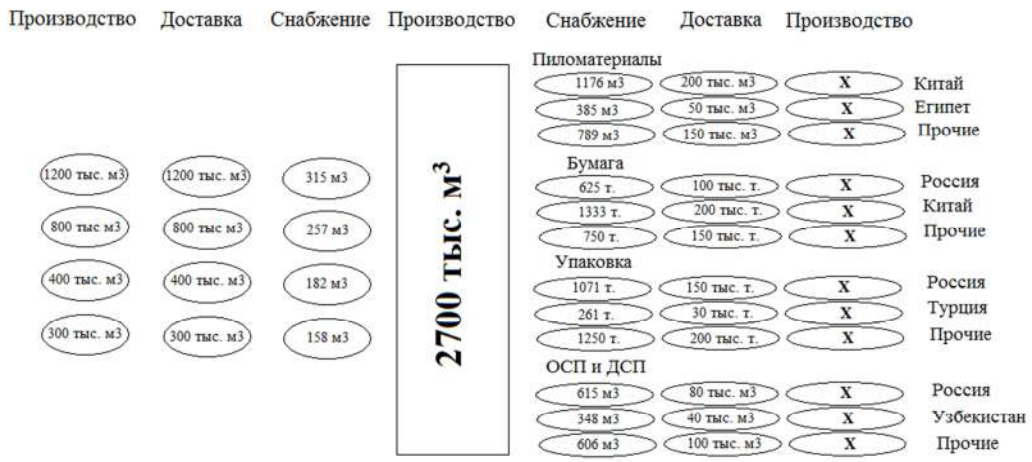


Рис. 10. Упрощенная SCOR-модель для сценария 2 – 8000 тыс. м^3/год

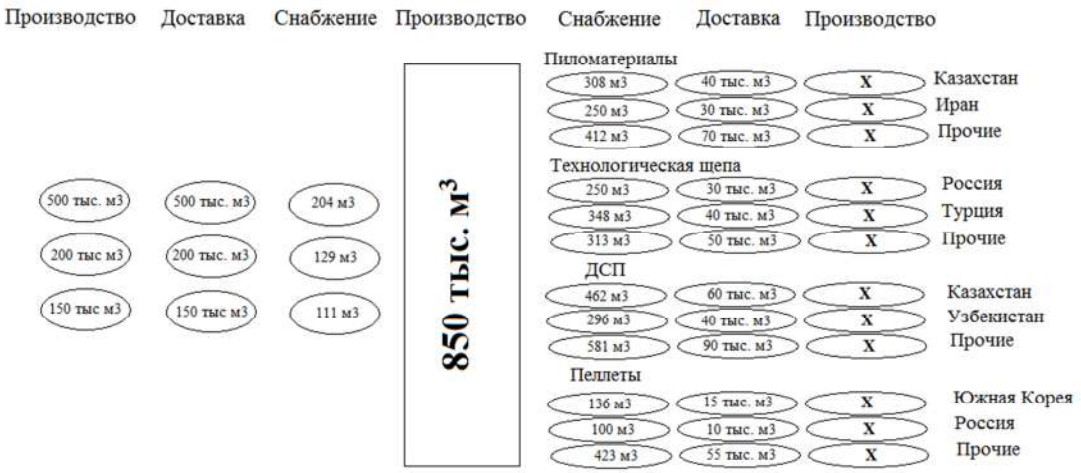


Рис. 11. Упрощенная SCOR-модель для сценария 3 – 2000 тыс. м^3/год

По результатам выполненных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Северо-Западного Федеральный округ является одним из доминирующих округов России по объему заготовки круглого леса в соответствии с лесным законодательством по стране. В целом на 2023 год в СЗФО зафиксирован объем заготовки древесины в 62 278,9 тыс. м^3, и в данном округе ряд регионов устойчиво заготавливают и перерабатывают от 2000 до 16 000 тыс. м^3 древесины ежегодно.

2. Предприятия, которым были переданы участки леса на основании договоров долгосрочной аренды, заинтересованы в эффективной эксплуатации лесов, в том числе и в расширении и развитии транспортной сети лесных дорог. В результате этого в СЗФО в данный момент наблюдается ситуация, где плотность дорожной сети в лесах достигает или превышает ее оптимальный уровень в 234 672 км на 1000 га лесной площади.

3. Вследствие этого у регионов данного округа имеется достаточный парк лесовозных автомобилей для транспортировки как лесного сырья, так и готовой продукции.

4. В итоге можно сделать вывод, что в Северо-Западном Федеральном округе России в данный момент имеются регионы с развитым лесопромышленным комплексом экономики, и это подтверждается по количественным показателям. Но в тот же момент сеть транспортной инфраструктуры у деревоперерабатывающих предприятий в СЗФО по-прежнему отстает в своем развитии. Это заключается в том, что транспортировка грузов выполняется через региональные и районные центры, из-за этого у автопоездов происходит перепробег, что приво-

дит к перегрузке дорожной сети около региональных центров. Также это приводит к тому, что производительность транспортных средств на перевозках лесоматериалов оказывается неравномерной, что приводит к ограниченной перевозки лесоматериалов из-за простоев машин.

5. В регионах СЗФО возникла неотлаженная потребность в создании транспортных систем по управлению цепями поставок для перевозки лесной продукции. Для этого необходимо решить комплекс логистических задач.

6. В комплекс данных задач по улучшению транспортных систем при перевозке лесной продукции в регионах входят:

- объединение ненадежных поставщик по методу интеграции в цепях поставок;
- планирование уровней запасов у потребителей и поставщиков лесной продукции;
- планирование численности лесовозного автопарка;
- задача оптимального распределения лесного сырья между его производителями и потребителями;
- прогнозирование вариации спроса готовой продукции для потребителей готовой продукции;
- построение SCOR-модели, которая описывает процессы, метрики и лучшие практики в управлении цепочками поставок;
- прогнозирование величины экономического эффекта от введения SCOR-модели при поставках лесоматериалов;
- задача планирования уровней закупок древесного сырья потребителями решается методом оптимального размера заказа;
- задача планирования интегрированной система управления запасами древесины. Эта система основывается на точной оценке потребностей производства, управлении запасами на основе спроса и времени поставок, а также на оптимизации лесозаготовительных, деревоперерабатывающих работ и логистических процессов. В рамках этой системы мы воспользуемся такими методами, как определение оптимального уровня запасов (на основе формулы Уилсона), спрогнозируем вариацию спроса готовой продукции и организацию поставок как лесного сырья, так и готовой продукции. Благодаря этому мы снизим затраты на хранение запасов, сократим риски, связанные с потерями и повысим уровень обслуживания;
- задача планирования оптимальной численности автопарка для планирования уровней запасов древесного сырья у компаний-поставщиков необходима для оптимизации цепи поставок, так как он позволяет определить баланс между объем грузоперевозок, частотой поставок и расстоянием между маршрутными точками, а также сократить затраты на логистику и учесть состояние дорожной инфраструктуры;
- задача прогнозирования величины экономического эффекта от введения SCOR-модели при поставках лесоматериалов для этого необходимо привести сравнения базового и оптимального значения транспортных работ по транспортировке лесоматериалов. Разница между ними умножается на среднюю стоимость единицы транспортных работ по региону.

7. На основе решения перечисленных задач построили номограммы по оптимальным объемам оперативных запасов лесного сырья и готовой продукции, определили оптимальную численность лесовозного автопарка, необходимую для перевозки лесоматериалов, а также определили вариацию спроса для потребителей готовой продукции, построили SCOR-модель и определили экономическую эффективность поставок для функционирования данной модели. Расчеты были выполнены для трех регионов (Новгородская область, Республика Карелия и Архангельская область) с объемами заготовки и переработки древесины соответственно 2000, 8000 и 16 000 тыс. $м^3$ в год.

8. По данным расчетам видно, что построение SCOR-модели для проектируемых регионах при транспортировке как лесного сырья, так и готовой продукции является весьма выгодной по экономическим показателям, особенно в регионах с развитой сетью автодорог.

9. Построение SCOR-модели для проектируемых регионов поставок лесной продукции не требует значительных финансовых вложений за исключением случаев, когда требуется увеличение мощности транспортного звена данной системы.

Литература

1. Лесной фонд России : справочник / В. В. Страхов, Ф. А. Дякун, В. В. Сдобнова [и др.]. – Москва : ВНИИЦлесресурс, 1999. – 649 с.

2. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ (редакция от 03.07.2016) (с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 01.03.2017). – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/ (дата обращения: 25.03.2020). – Текст : электронный.

3. Транспорт леса. В 2 томах. Том 1. Сухопутный транспорт леса. Учебник для студентов высших учебных заведений / Э. О. Салминен, Г. Ф. Грехов, Н. А. Тюрин [и др.] ; под редакцией Э. О. Салминена. – Москва : Академия, 2009. – 368 с.

4. Салминен, Э. О. Лесопромышленная логистика: учеб. пособие для студ. лесных вузов / Э. О. Салминен, А. А. Борозна, Н. А. Тюрин. – Санкт-Петербург : ПРОФИ-ИНФОРМ, 2005. – 264 с.

5. Черникова, С. А. Основы логистики : учебное пособие / С. А. Черникова. – Пермь : ИПЦ «Прокростъ», 2018. – 240 с.

6. Александрова, Н. В. Логистика : практикум / Н. В. Александрова. – Тольятти : ТГУ, 2008. – 164 с.

7. Тюхтина, А. А. Модели управления запасами : учебно-методическое пособие / А. А. Тюхтина. – Нижний Новгород : Нижегородский госуниверситет, 2017. – 84 с.

8. Редькин, А. К. Математическое моделирование и оптимизация технологий лесозаготовок : учебник для вузов / А. К. Редькин, С. Б. Якимович. – Москва : ГОУ ВПО МГУЛ, 2005. – 504 с.

9. Семериков, А. В. Решение транспортных задач : учебное пособие / А. В. Семериков. – Ухта : УГТУ, 2013. – 58 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ КОРЫ *LARIX SIBIRICA* КАК ПОБОЧНОГО ПРОДУКТА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ

В.Д. Эскин, А.И. Криворотова, А.Ю. Лопатин, А.Е. Тюменцева
Россия, Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева
г. Красноярск

Аннотация. В работе представлены результаты исследований количественного выхода экстрактивных веществ из коры лиственницы сибирской, используемой в качестве сырья для производства моноструктурных плит без связующих веществ. Многократная обработка предварительно измельченных частиц коры в водной среде в гидродинамическом диспергаторе позволяет получать гомогенную массу, пригодную для изготовления плитных материалов, при этом в качестве побочного продукта обработки образуется водный раствор с высоким процентным содержанием экстрактивных веществ, которые могут быть использованы в различных отраслях промышленности.

Ключевые слова: кора, экстрактивные вещества, переработка, отходы, древесная плита, хвойные породы.

Annotation. The paper presents the results of studies of the quantitative yield of extractive substances from the bark of Siberian larch, used as raw materials for the production of monostructured

plates without binders. Repeated processing of pre-crushed bark particles in an aqueous medium in a hydrodynamic dispersant makes it possible to obtain a homogeneous mass suitable for the manufacture of slab materials, while an aqueous solution with a high percentage of extractive substances is formed as a by-product of processing, which can be used in various industries.
Keywords: bark, extractive substances, processing, waste, wood slab, coniferous species.

Слабым звеном современной отечественной и мировой деревообрабатывающей промышленностей является переработка древесных отходов, объемы которых на 2018 год составляют свыше 110 млн пл. м^3 [1]. Отходы окорки древесного сырья в России по данным различных источников составляют от 30 до 40 млн м^3 в год [2]. Большинство существующих технологий переработки древесной коры характеризуются применением дорогостоящего оборудования, специальных химических компонентов и низким полезным выходом [3]. Основными способами утилизации коры на сегодняшний день является вывоз в отвалы (около 60 % от всего объема отходов окорки) и от 20 до 30 % коры утилизируется сжиганием в котлах для обеспечения работы технологических помещений и цехов [4]. Вариант использования коры в качестве топлива хоть и является распространенным в нашей стране, но имеет ряд недостатков: повышенная зольность, обусловленная высоким содержанием минеральных веществ в коре [5], что приводит к образованию шлаковых отложений и регулярным засорам топливных котлов и печей; плохие качества сыпучести, затрудняющие транспортировку коры и непосредственную подачу в топку котла; необходимость подготовки коры к сжиганию, включающая очистку, измельчение до однородной фракции и сушку до влажности 35–40 %. Стоит отметить, что влажность коры в отвалах может варьироваться от 60 до 80 % [6].

Перспективным направлением полезного применения отходов окорки является их химическая переработка. Наличие у коры определенного ряда свойств не позволяет перерабатывать ее по классическим технологиям, подходящим для древесины. К таким свойствам можно отнести: ярко выраженное различие анатомических и химических свойств лубяной и пробковой части коры, а также высокое содержание экстрактивных веществ по всему объему коры. Однако именно химические составляющие коры делают ее наиболее перспективным сырьем перед всеми другими видами древесных отходов. В своем составе кора хвойных пород содержит такие важные компоненты, как лигнин (15–45 %), целлюлоза (14–17 %), суберин (1–5 %), танины (8–20 %), пентозаны (5–15 %), уроновые кислоты (5–11 %), фенольные соединения (5–17 %) [7]. Химический состав может отличаться в зависимости от породы и части коры (пробка или луб), из которой извлекались компоненты. Все эти вещества являются ценным сырьем для различных отраслей промышленности.

Не менее перспективным направлением переработки коры хвойных пород является получение на ее основе плитных материалов с высокими физико-механическими показателями, которые могут применяться в качестве конструкционного или отделочного материала.

В данной работе рассматривается способ получения моноструктурных плит без связующих веществ, с получением побочных продуктов в виде экстрактов из коры лиственницы сибирской (*Larix Sibirica*). Способ заключается в многократной обработке в водной среде, предварительно измельченной до фракции 5 мм/дно коры лиственницы в гидродинамическом диспергаторе с дальнейшим обезвоживанием и прессованием полученной массы. Благодаря конструктивным особенностям установки и режимам обработки, возможно получение плитных материалов с показателями плотности и прочности, равными 400–1100 кг/м^3 и 6–24 МПа соответственно, без связующих веществ. Влажность коры перед обработкой составляла 20 %. Стоит отметить, что кора не была разделена на пробковую и лубяную части. Ранее нами был подробно описан принцип работы установки в работе [8]. Процесс обезвоживания массы связан с отделением большого количества отработанной воды, в которой содержатся экстрактивные вещества, выделенные из воды в процессе обработки.

На рисунке ниже представлен график изменения процентного содержания экстрактивных веществ коры лиственницы в отработанной воде, в зависимости от продолжительности обработки. Пробы воды отбирались каждые 2 минуты на протяжении 12 минут. Именно такая продолжительность обработки достаточна для получения гомогенной массы с целью изготовления плит на основе коры. Дальнейшее увеличение продолжительности обработки приводит к излишнему диспергированию массы и снижению ее аутогезионных свойств.

Из графика видно, что увеличение содержание экстрактивных веществ в воде напрямую зависит от увеличения продолжительности обработки. Необходимо отметить, что резкое увеличение выхода экстрактивных веществ в водную среду наблюдается при продолжительности обработки от 6-ти до 8-ми минут. Вероятно, это происходит из-за повышения температуры воды в процессе обработки. На данном промежутке времени температура воды составляет 90 °С. Также это может быть связано с частичным разрушением клетки коры и высвобождением из нее большого количества активных компонентов. Максимальный выход экстрактивных веществ в воду составил около 18 % при максимальной продолжительности обработки, равной 12 минутам. Увеличение продолжительности обработки корьевой массы является нерациональным, так как, с одной стороны, приводит к ухудшению свойств плитных материалов на основе диспергированной массы, с другой стороны, количество выделяемых экстрактивных веществ в водную среду резко уменьшается. За последующие 4 мин обработки количество выделяемых экстрактов составило от 0,3 до 0,9 %.

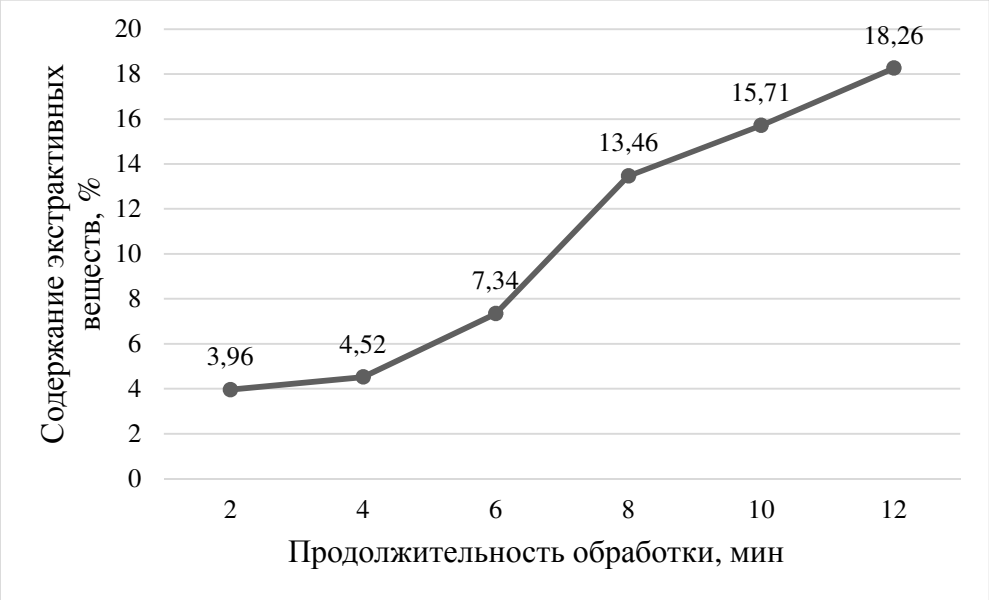


Рис. График изменение процентного содержания экстрактивных веществ в воде от продолжительности обработки коры лиственницы

Таким образом, можно сказать, что древесная кора, прошедшая гидродинамическую обработку, не только является качественным сырьем для изготовления строительных материалов, но и источником экстрактивных веществ, пригодных для использования в химической промышленности, для выделения которых не требуется многочасовой экстракции и дополнительного оборудования, что делает данный способ более экономически выгодным и конкурентоспособным.

Литература

1. Анализ исследований по тематике измельчения древесных отходов / Ю. Н. Власов, И. В. Григорьев, О. А. Куницкая, Е. Г. Хитров // Resources and Technology. – 2020. – № 1. – С. 63–88.

2. Состояние и перспективы использования древесной коры / З. Пастори, Г. А. Горбачева, В. Г. Санаев [и др.] // Лесной вестник. – 2020. – Т. 24, № 5. – С. 74–88.

3. Иогансон, О. В. Разработка эффективных способов получения дубильного экстракта и волокнистого полуфабриката из отходов окорки древесины ели : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / О. В. Иогансон. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2006. – 208 с.

4. Обработка древесной коры безножевым способом / А. Г. Шведов, Ю. Д. Алашкевич, Н. С. Решетова [и др.]. – 2005. – № 1. – С. 75–77.

5. Шушков, Д. А. Исследование золы от сжигания древесной коры / Д. А. Шушков, Л. С. Кочева // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента. – 2015. – С. 192–195.

6. Цывин, М. М. Использование древесной коры / М. М. Цывин. – Москва : Лесная промышленность, 1973. – 96 с.

7. Химия древесины : учебное пособие для студентов специальности 240406 вузов / под редакцией Э. И. Евстигнеева. – Санкт-Петербург : Издательство Политехнического университета, 2007. – 148 с.

8. Исследование процесса переработки древесной коры методом механоактивации / В. Д. Эскин, А. И. Криворотова, А. Ю. Лопатин, А. Е. Тюменцева // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки. – 2023. – С. 415–417.

СЕКЦИЯ 3

Направления: лесное селекционное семеноводство и воспроизводство лесов; многоцелевое использование лесов; охрана и защита лесов; охота и охотничье хозяйство как драйвер развития лесных регионов

ОЦЕНКА ЖИЗНЕННОГО СОСТОЯНИЯ ДЕРЕВЬЕВ В КЛЮЧЕВЫХ БИОТОПАХ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В.В. Аверина
Россия, Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина
г. Вологда, с. Молочное

Аннотация. Сохранение биологического разнообразия – актуальная проблема в современном мире. В работе рассмотрены результаты оценки сохранения биологического разнообразия и выявления устойчивости лесных экосистем после производства сплошных форм рубок с оставлением ключевых биотопов. Исследования выполнены на территории Солигалического района Костромской области. В ходе проведения мониторинговых наблюдений в ключевых биотопах зафиксирована высокая сохранность и устойчивость компонентов лесного насаждения. Результаты лесоводственно-экологической оценки позволили сделать выводы о целесообразности выполнения мер по сохранению биологического разнообразия в процессе хозяйственной деятельности лесозаготовительных предприятий.
Ключевые слова: использование лесов, заготовка древесины, мониторинговые наблюдения, ключевые биотопы, сохранность, устойчивость.

Annotation. Conservation of biological diversity is an urgent problem in the modern world. The paper considers the results of assessing the conservation of biological diversity and identifying the sustainability of forest ecosystems after the production of continuous forms of logging with the abandonment of key biotopes. The research was carried out on the territory of the Soligalichsky district of the Kostroma region. In the course of monitoring observations in key biotopes, high safety and stability of forest plantation components were recorded. The results of the forestry and environmental assessment made it possible to draw conclusions about the expediency of implementing measures to preserve biological diversity in the process of economic activity of logging enterprises.
Keywords: forest use, timber harvesting, monitoring observations, key biotopes, conservation, sustainability.

Необходимость сохранения биоразнообразия, естественных экологических систем, природных ландшафтов и комплексов на национальном уровне отражается в Федеральных законах «Об охране окружающей среды» [1] «О животном мире» [2], Лесном кодексе Российской Федерации [3], других нормативно-правовых актах. Декларируется, что лесоуправление в Российской Федерации направлено на обеспечение рационального и неистощительного использования лесов, их охрану, защиту и воспроизводство, основанное на принципах устойчивого управления и сохранения биоразнообразия лесных экосистем, повышения их

экологического и ресурсного потенциала, удовлетворения потребностей общества в лесных ресурсах на основе научно-обоснованного, многоцелевого лесопользования [4]. Сохранение биологического разнообразия предполагает поддержание исторически сложившихся ландшафтов и экосистем в лесном фонде, являющихся средой обитания различных групп живых организмов [5].

Лесные экосистемы характеризуются одним из наиболее высоких уровней биологического разнообразия. Это связано с большим числом лесообразующих пород и вариантов пространственного и возрастного строения древостоев, а также различиями условий произрастания [6]. Одной из основных форм их сохранения в процессе лесозаготовок является выделение и сохранение ключевых местообитаний ценных или исчезающих биологических видов – биотопов [7].

Воздействие на окружающую среду и биоразнообразие происходит при реализации хозяйственной деятельности, но особенно интенсивно – на растительный и животный мир. Промышленная заготовка древесины при несоблюдении эколого-лесоводственных требований может привести к утрате устойчивости сохраняемых локальных лесных экосистем.

Для лесоводственно-экологической оценки влияния хозяйственной деятельности лесозаготовительных предприятий при сохранении биологического разнообразия и установления эффективности мер при оставлении ключевых биотопов нами проводились мониторинговые наблюдения на 2 стационарных объектах (постоянных пробных площадях), расположенных в Солигалическом районе Костромской области (табл. 1). Технологические процессы разработки лесосек предусматривали сортиментную заготовку древесины с применением лесозаготовительных комплексов – харвестера и форвардера.

Таблица 1

Лесоводственно-таксационная характеристика объектов исследования

№ пр. пл.	Состав	Элемент леса	Средние		Количество, экз./га	Полнота		Запас, $м^3$/га	Бонитет
			Д, см	Н, м		$м^2$/га	отн.		
1	4Б2Ол$_с$1Ос3Е, ед. Ив		24,5	25,8	1291	29,42	0,86	312	Ia
		Б	24,5	25,8	240	11,34	0,34	140	
		Ол$_с$	22,9	20,0	18	4,95	0,14	48	
		Ос	29,3	27,3	33	2,25	0,05	28	
		Е	11,8	18,5	993	10,81	0,33	96	
		Ив	11,9	8,5	7	0,07	-	-	
2	5С5Б+Е, ед. Ос		8,3	8,0	1332	5,68	0,30	27	V
		С	8,3	8,0	569	3,11	0,15	14	
		Б	6,4	10,0	675	2,21	0,12	12	
		Е	7,5	5,0	75	0,34	0,03	1	
		Ос	4,4	6,0	13	0,02	-	-	

Примечание: объект № 1 – старые, крупные деревья; сухостойные деревья, высокие пни; валёж на разной стадии разложения. Захламленность ключевого биотопа низкая, подлесочные породы (жимолость лесная, крушина ломкая, рябина) и подрост ели размещен группами. Сомкнутость древесного полога – 0,8–0,9. По жизненному состоянию древостой в сохраненном ключевом биотопе однороден. В выделенном участке встречаются окна вывала из лиственных пород. Обнаружены следующие ценные виды: лобария легочная, неккера перистая, уснея бородатая;

- объект № 2 – хвойные заболоченные участки леса в понижениях; окраины болот и болота с редким лесом. Захламленность ключевого биотопа низкая, обильно зарастает различными видами ив, зафиксирована высокая повреждаемость сосны и ивы лосем. Сомкнутость древесного полога – ниже 0,3. По жизненному состоянию древостой в сохраненном ключевом биотопе однороден.

Фитосанитарное обследование ключевых биотопов, выделенных и сохраненных в процессе лесосечных работ, проводилось согласно Правилам санитарной безопасности в лесах [8]. В ходе лесоучетных работ установлены категории санитарного состояния деревьев (табл. 2). Визуальная оценка проводилась по следующим диагностическим признакам: густота кроны, наличие на стволе мертвых сучьев, насекомых, степень повреждения хвои, листьев и коры хвойных и лиственных деревьев.

Результаты проведенного нами обследования показали, что совокупность деревьев, составляющих ключевые биотопы, оценивается средними категориями санитарной оценки. По жизненному состоянию большинство древесных пород характеризуются ослабленной и сильно ослабленной категориями. При этом следует отметить, что древостои обладают высокой устойчивостью к воздействию неблагоприятных климатических факторов, т.е. ветровальные и буреломные деревья, по объектам исследования, практически отсутствовали, а их доля не превышала 5 % от запаса.

Доля сохраненных деревьев, характеризующихся I–III категориями санитарной оценки, составляет от 22 % до 94 % (в том числе по ели – от 31 %, по березе – от 67 %, по осине – 63 %). Наиболее ослабленными являются деревья ольхи серой и древовидных ив. Средняя категория по стационарным объектам составила от II,74 до III,33, что характеризует их как сильно ослабленные.

Таблица 2

Оценка состояния насаждений в ключевых биотопах

№ п/п	Состав	Элемент леса	Средние		Распределение деревьев по категориям санитарной оценки, %							Средняя категория
			Д, см	Н, м	I – здоровые	II – ослабленные	III – сильно ослабленные	IV – усыхающие	V – свежий сухостой	VI – старый ветровал	VIa – старый ветровал	
1	4Б2Ол$_с$1Ос3Е ед.Ив	Б	24,5	26,0	13	62	19	5	-	1	-	II,18
		Ол$_с$	23,0	20,0	-	10	12	33	-	45	-	IV,48
		Ос	29,5	27,5	-	-	63	32	5	-	-	III,42
		Е	12,0	18,5	14	35	36	10	3	2	-	II,60
		Ив	12,0	8,5	-	-	-	-	-	100	-	VI,00
			24,5	26,0	11	40	29	12	1	7	-	II,74
2	5С5Б+Е ед.Ос	С	8,5	8,0	27	25	4	5	4	35	-	III,39
		Б	6,5	10,0	8	22	37	20	8	5	-	III,18
		Е	7,5	5,0	-	12	19	46	8	15	-	III,95
		Ос	4,5	6,0	-	100	-	-	-	-	-	II,00
			8,5	8,0	20	25	12	13	5	25	-	III,33

Кроме этого, устанавливались признаки (виды) и причины повреждений. Наиболее часто встречаемым являлось механическое воздействие, вызванное как факторами среды, так и антропогенным воздействием. В общей сложности выявлено 18 видов повреждений (рис.).

Среди обследованных древесных пород по объектам исследования минимальной повреждаемостью характеризуются сосна обыкновенная, береза повислая и ель европейская.

Они занимают господствующий и согосподствующий полог, что повлияло на их сохранность и высокое жизненное состояние.

Из всех древесных пород наиболее подвержены разного рода воздействиям осина, ольха и различные виды ив. В составах древостоя присутствуют экземпляры с однобокой кроной, многовершинные и суховершинные, а также растения с морозобойными трещинами и другие. Доля растений с такими повреждениями достаточно велика (более 5 %). Также на этих лесных участках нами зафиксированы сухостойные деревья и отработанные дятлом остолопы (ольха, ива).

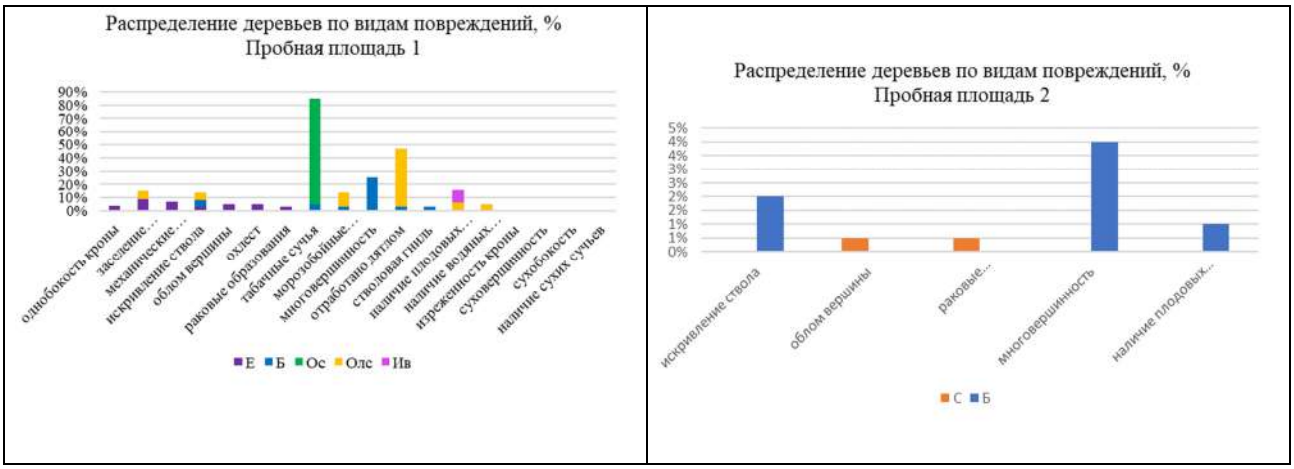


Рис. Доля деревьев с различными видами повреждений, %

Исходя из анализа структуры лесосечного фонда исследуемых объектов, до их хозяйственного освоения и выполненных мониторинговых наблюдений следует, что в доминирующем большинстве в хозяйственное освоение поступают вторичные лиственные и лиственно-хвойные насаждения. Сформировались они после сплошных рубок в предшествующие периоды. В экономическом и экологическом отношении, в сравнении с хвойными и хвойно-лиственными насаждениями, эти леса являются менее ценными, что подтверждается как данными наших исследований, так и многими другими авторами [7, 9]. Сохраняемые в процессе лесосечных работ ключевые биотопы с различным долевым участием лесообразующих пород в их составе обладают достаточно высокой устойчивостью. Массового распада и вывалов в них нами не выявлено. Лесообразовательный процесс на этих лесных участках обусловлен естественными процессами, а антропогенные виды (осина, береза, ива) не имеют интенсивного распределения распространения.

Литература

1. Об охране окружающей среды : Федеральный закон РФ от 10 января 2002 года № 7-ФЗ (с изменениями от 31.12.2017 года № 503-ФЗ). – Текст : электронный // КонсультантПлюс : сайт. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/?ysclid=lphjmmujrl95 9085178 (дата обращения: 10.11.2023).

2. О животном мире : Федеральный закон РФ от 24 апреля 1995 года № 52-ФЗ (с изменениями от 3 июля 2016 года № 227-ФЗ). – Текст : электронный // КонсультантПлюс : сайт. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_6542/?ysclid=lphjn4t0lr224187146 (дата обращения: 10.11.2023).

3. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 04.08.2023) (с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 01.09.2023). – Текст : электронный // КонсультантПлюс : сайт. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/ ?ysclid=lphjnlfd2o129671979 (дата обращения: 10.11.2023).

4. Методические рекомендации по сохранению биологического разнообразия при заготовке древесины в Вологодской области. – Вологда, 2014. – 18 с.

5. Ильина, О. Всемирный фонд дикой природы (WWF). Нормативно-правовая основа сохранения биоразнообразия при заготовках древесины и рекомендации по ее применению / О. Ильина, М. Карпачевский, Т. Яницкая. – Москва : Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2009. – 36 с.

6. Методология исследований лесных экосистем : методическое пособие / составитель Е. Н. Пилипко. – Вологда; Молочное : ИЦ ВГМХА, 2013. – 103 с.

7. Панкратов, В. Сохранение биологического разнообразия в процессе лесозаготовок / В. Панкратов // Устойчивое лесопользование. – 2006. – № 12 (4). – С. 36–37.

8. Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах : Постановление Правительства Российской Федерации от 09.12.2020 № 2047. – Текст : электронный // КонсультантПлюс : сайт. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_370645/?ysclid=lphjo7cigx466342174 (дата обращения: 10.11.2023).

9. Немчинова, А. В. Правовая обеспеченность сохранения биологического разнообразия в эксплуатационных лесах в федеральной и региональной нормативно-правовой базе и гармонизация российского законодательства с требованиями FSC / А. В. Немчинова // Интенсивное устойчивое лесное хозяйство: барьеры и перспективы развития. – Москва : WWF России, 2013. – 149 с.

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ РАНЕВОГО РАКА ЕЛИ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ЗА РУБЕЖОМ

В.В. Антонь, Е.Ю. Варенцова
Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова г. Санкт-Петербург

Аннотация. В данной статье освещается вопрос раневого рака ели. Заболевание мало изучено, так как не представляет опасности для древостоев в виде усыхания деревьев, но приводит к ослаблению деревьев и потере деловой древесины.
Ключевые слова: раневой рак ели, патогенные организмы, потеря деловой древесины, ослабление деревьев.

Annotation. This article highlights the issue of wound cancer of spruce. The disease has been little studied, as it does not pose a danger to stands in the form of shrinking trees, but leads to the loss of business wood.
Keywords: wound cancer of spruce, pathogenic organisms, loss of business wood, weakening of trees.

В настоящее время раневой рак ели является слабо изученным заболеванием, но довольно распространенным. Он не является причиной усыхания деревьев, но стоит отметить, что раневой рак – причина потери деловой древесины, приводит к снижению прироста по диаметру и высоте, образуя ее пороки, например засмолок [1].

Раковые болезни характеризуются возникновением на растениях трудно заживающих или незаживающих ран, чрезмерным неправильным разрастанием отдельных частей или вегетативных органов растений, приводящим к появлению наростов или опухолей. Болезнь ослабляет растение и может привести его к гибели. Раковые болезни вызывают местное отмирание коры, камбия и древесины [7].

Раневой рак ели сосредоточен в средней и нижней частях ствола, иногда у корневой шейки. Возбудитель проникает в ткани дерева через трещины в коре, сухобокости и повреждения насекомыми [4].

Возбудители рака – комплекс патогенных грибов родов Ceratocystis и Nectria. Раковые раны и язвы сопровождаются смолотечением. Развитию данного заболевания способствует переувлажнение почвы, а также высокая полнота насаждения [6].

При проведении лесопатологического обследования в Санкт-Петербурге в Курортном лесопарке был обнаружен раневой рак ели, а именно в Приморском, Молодежном, Комаровском, Кипенском, Песочинском участковых лесничествах. Лесопарк относится к таежной зоне среднетаежного района европейской части Российской Федерации. Одной из основных лесообразующих пород здесь является ель обыкновенная. Заболевание поражает ослабленные насаждения. Ослабление в свою очередь происходит из-за заболачивания территории, а также из-за повышенной загазованности воздуха вдоль прилегающих к насаждениям федеральных автомобильных магистралей. Возбудителями болезни является комплекс несовершенных и сумчатых грибов, доминирует гриб *Biatorella difformis* [4].

В республике Татарстан раневой рак ели весьма распространенное заболевание, главным возбудителем которого является гриб *Stereum sanguinolentum* (Alb. Et. Schw.) Fr. Возбудители раневого рака проникают в стволы в основном через механические повреждения, которые возникают вследствие ведения интенсивного лесного хозяйства [5].

В Смоленске для ельников зеленого пояса города основной проблемой также можно считать раневой рак ели, который поразил 1,29 тыс. $м^2$ насаждений. Здесь доминирует возбудитель *Biatorella difformis* (Fries) Rehm. [2].

На территории Новгородской области специалисты филиала ФБУ «Рослесозащита» – «ЦЗЛ Новгородской области» в рамках государственного лесопатологического мониторинга выделяют насаждения, поврежденные раневым раком ели, площадь которых на сегодняшний день составляет более 200 га.

По данным мониторинга, чаще всего поражается крупный подрост и деревья 2-го яруса. Как правило, раны располагаются в нижней части ствола. Раковые поражения делают древесину более хрупкой, это снижает устойчивость деревьев к действию ветра и в итоге может привести к бурелому. Кроме того, у поврежденных деревьев замедляется рост и развитие, они становятся более уязвимы к действию неблагоприятных факторов, чаще поражаются вредителями, что может привести к их последующей гибели [6].

Если говорить о зарубежных странах, то рак ели в Англии вызывается грибом *Nectria cucurbitula*, а воротами инфекции являются различные поражения, повреждения насекомых, а также повреждения тканей дерева заморозками; в Германии заболевание вызывается также грибом *Nectria cucurbituba*. На некоторых видах ели отмечен как возбудитель рака гриб *Scleroderris lagerberdii*, который обычно вызывает лишь некрозы коры; при снижении общей сопротивляемости ели этот гриб переходит к паразитированию. В Польше рак ели вызывается грибом *Stereum sanguinolentum* (Alb et Schw) Fr., который якобы сначала вызывает центральную гниль, а потом переходит к паразитической деятельности, убивая каллюс, камбий и кору около раны, в результате чего образуется рак.

Характер роста и развития деревьев ели не влияет на их зараженность язвенным раком. Болезнь поражает одинаково развитые деревья верхнего полога и отставшие в приросте. Внешних признаков ослабления пораженных елей также нет; по категории санитарного состояния их можно относить к здоровым. Однако это есть болезнь и, конечно же, она существенно влияет на физиологическое состояние больных деревьев. Кроме того, раковые язвы являются воротами инфекции раневых комлевой и стволовой гнилей, в том числе от корневой губки [3].

Как такового лечения раневого рака ели не существует. В основном считается целесообразным уборка зараженных деревьев в ходе рубок ухода.

Литература

1. ГОСТ 2140-81. Видимые пороки древесины. Классификация, термины и определения, способы измерения. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200004894 (дата обращения: 30.11.2023). – Текст : электронный.

2. Ватлина, Т. В. Перспективы расширения зеленого пояса города Смоленска / Т. В. Ватлина, Н. Н. Войтенкова // Географическая среда и живые системы. – 2022. – № 4. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-rasshireniya-zelyonogo-lesnogo-poyasa-goroda-smolenska (дата обращения: 09.11.2023). – Текст : электронный.

3. Зудилин, В. А. Язвенный рак стволов ели в учебно-опытном лесхозе БГИТА и его вредоносность / В. А. Зудилин // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2008. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/yazvennyy-rak-stvolov-eli-v-uchebno-opytnom-leshoze-bgita-i-ego-vredonosnost (дата обращения: 09.11.2023). – Текст : электронный.

4. Ковязин, В. Ф. Лесопатологическое состояние насаждений Курортного лесопарка Санкт-Петербурга / В. Ф. Ковязин, Ю. В. Захарова // Пермский аграрный вестник. – 2015. – № 3 (11). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/lesopatologicheskoe-sostoyanie-nasazhdeniy-kurortnogo-lesoparka-sankt-peterburga (дата обращения: 09.11.2023). – Текст : электронный.

5. Вредители и болезни основных лесообразующих пород в республике Татарстан / Н. Г. Магдеев, А. В. Селиховкин, Х. Г. Мусин, Н. А. Ахматович // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2013. – № 6 (98). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vrediteli-i-bolezni-osnovnyh-lesoobrazuyuschih-porod-v-respublike-tatarstan (дата обращения: 09.11.2023).

6. Центр защиты леса Новгородской области / Филиал ФБУ «Российский центр защиты леса». – URL: https://лесозащита.рф/blog/material/ranevoj-rak-v-novgorodskix-lesax (дата обращения: 09.11.2023). – Текст : электронный.

7. Чураков, Б. П. Лесная фитопатология: учебник / Б. П. Чураков, Д. Б. Чураков. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – ISBN 978-5-8114-1223-5. – Текст : электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: https://e.lanbook.com/book/210812 (дата обращения: 09.11.2023).

ДИНАМИКА КОЛИЧЕСТВА И СТРУКТУРЫ ПОДРОСТА ПОСЛЕ ВЕТРОВАЛА НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Г.В. Анчугова, С.А. Мочалов, З.Я. Нагимов, И.С. Сальникова
Россия, Уральский государственный лесотехнический университет
г. Екатеринбург

Аннотация. В статье представлены результаты многолетних исследований лесовозобновления на стационарном объекте, заложенном на территории Ново-Лялинского лесхоза Свердловской области после массового ветровала. Основной целью работы явилась оценка динамики количества и структуры подроста в постветровальный период. Установлено, что при вывале и поломке деревьев ветром значительная часть подроста предварительной генерации, особенно хвойных пород, погибает. В первые годы после ветрового явления увеличение количество подроста в основном происходит за счет растений светолюбивых, быстрорастущих лиственных пород – березы и осины. Доминирование в естественном лесовозобновлении указанных пород связано также с их высокой семенной продуктивностью и способностью размножаться вегетативным путем. В абсолютном выражении количество подроста хвойных пород по мере увеличения продолжительности постветрового периода возрастает более низкими темпами, чем лиственных пород. Так, через 18 лет после ветровала количество подроста хвойных пород возросло в 2,4 раза, а лиственных в 4,5 раза. Хвойный под-

рост в первый год после ветровала в основном представлен сохранившимися после разрушения насаждения растениями более теневыносливых пород (ели, пихты и кедра) предварительной генерации. Причем доминирует подрост ели, а в его составе растения высотой от 0,6 до 1,5 м. В последующем, несмотря на сохраняющееся превосходство темнохвойных пород, их относительная доля в составе хвойного подроста заметно уменьшается. В целом создающиеся на ветровальной площади экологические условия после разрушения ураганом сложного по составу хвойно-лиственного насаждения в зеленомошно-ягодниковом типе леса способствуют формированию смешанного древостоя с преобладанием лиственных пород – березы и осины. Данное обстоятельство, а также полученные материалы о постветровальной динамике лесовозобновления будут полезны при обосновании мер хозяйственного освоения ветровальной площади.
Ключевые слова: стационар «Шайтанка», ветровал, ветровальная площадь, лесовозобновление, подрост.

Annotation. The article presents the results of long-term studies of forest regeneration after a mass windfall on a stationary site, established on the territory of Novo-Lyalinsk forestry of the Sverdlovsk region. The main purpose of the work was to assess the dynamics of the number and structure of undergrowth in the post-windfall period. It has been established that when trees are felled and broken by the wind, a significant part of the pre-generation undergrowth, especially of coniferous species, perishes. In the first years after the windthrow event, the number of undergrowth increases mainly due to plants of light-loving, fast-growing deciduous species – birch and aspen. The dominance of these species in natural reforestation is also due to their high seed productivity and ability to reproduce vegetatively. In absolute terms, the number of coniferous undergrowth increases at a lower rate than that of deciduous species as the duration of the post-windfall period increases. Thus, 18 years after windthrow the number of coniferous undergrowth increased by 2.4 times, and that of deciduous species by 4.5 times. Coniferous undergrowth in the first year after windthrow is mainly represented by plants of more shade-tolerant species (spruce, fir and cedar) of the preliminary generation that survived after the destruction of the plantation. Spruce under-growth dominates, and its composition includes plants with heights from 0.6 to 1.5 metres. Subse-quently, despite the continued predominance of dark coniferous species, their relative share in the coniferous undergrowth significantly decreases. In general, the ecological conditions created in the windthrow area after the hurricane destruction of a complex coniferous-deciduous plantation in the green-moss-berry forest type favours the formation of a mixed stand with a predominance of deciduous species – birch and aspen. This fact, as well as the obtained materials on post-wind regeneration dynamics will be useful in justifying the measures of economic development of the windthrow area.
Keywords: shaitanka permanent plot, windfall, windfall area, reforestation, undergrowth.

Актуальность. На современном этапе в связи с изменением климата заметно увеличились частота и интенсивность катастрофических явлений, в частности, вызванных ураганами и бурями [1]. Так, в таежных лесах Среднего Урала чаще стали наблюдаться массовые ветровалы. При этом разрушения лесных насаждений иногда носят катастрофический характер [2]. Массовые ветровалы приводят к нарушению всей лесной экосистемы: древостоя, нижних ярусов растительности, фауны, почвенного покрова и т.д. На площадях, пройденных ветровалом, создаются специфические экологические условия для возобновления и роста подроста древесных пород, которые определяют дальнейшие процессы развития постветровальных лесных сообществ [3]. Поэтому оценка особенностей лесовосстановительного процесса на ветровальных площадях является весьма актуальной задачей. Она наиболее эффективно может быть решена на основе длительных мониторинговых исследований на стационарных объектах.

Объект и методика исследований. Настоящая работа основана на данных, полученных на стационарном объекте общей ветровальной площадью 17,7 га. Он был заложен в 1994 году в сплошном ветровальнике на территории Шайтанского лесничества Ново-Лялинского лесхоза Свердловской области в рамках российско-швейцарского научного проекта. До ветровала на исследуемой площади произрастало приспевающее смешанное (3С2Лц4Б1Ос, ед. Е, П) насаждение. Тип леса – сосняк зеленомошно-ягодниковый. В соответствии с программой научного проекта на данном объекте ветровальная площадь была разделена на три части, каждая из которых являлась отдельным вариантом опыта:

вариант 1 – без очистки ветровала;

вариант 2 – с очисткой ветровала;

вариант 3 – с очисткой ветровала и посадкой лесных культур.

Кроме того, лесовозобновление изучалось под пологом примыкающего к ветровальной площади насаждения (вариант 4).

В соответствии с методикой указанного научного проекта [4] оценка естественного возобновления древесных пород проводилась на круговых учетных площадках с радиусом 4 м, заложенных на трансектах на одинаковом расстоянии друг от друга. На данных площадках для каждого древесного растения определялись следующие показатели: азимут и расстояние от центра учетной площадки до растения, высота, диаметр на высоте груди, происхождение (естественное семенное, естественное вегетативное, искусственное) и состояние (здоровое, сомнительное, погибшее). Полевые исследования проводились с 1994 по 1998 ежегодно, а в последующем через год – в 2000, 2002, 2004 и 2006 годах. Последние обмеры осуществлены при нашем участии в 2011 году. Возраст подроста последующей генерации определялся в камеральных условиях по исходным данным с учетом года появления растения на учетной площадке.

Экспериментальным материалом для настоящих исследований послужили данные, полученные на ветровальной площади первого варианта опыта. На этой площади была заложена 51 круговая учетная площадка. Оценка особенностей лесовосстановления выполнялась на основе вычисления средних показателей количества подроста предварительной и последующей генераций всех древесных и кустарниковых пород по годам учета.

Результаты. На основе анализа полученных экспериментальных данных установлено, что на неочищенной части ветровальной площади лесовозобновление представлено 5 хвойными породами (елью сибирской, сосной сибирской, сосной обыкновенной, лиственницей сибирской и пихтой сибирской) и 6 лиственными (березой повислой, осиной обыкновенной (тополем дрожащим), липой мелколистной, рябиной обыкновенной, черемухой обыкновенной и ивой козьей). В этой связи представляет интерес оценка динамики количества подроста после ветровального явления с дифференциацией его на хвойный и лиственный. Для краткости изложения результаты данных исследований приведены только для трех поствет-ровальных периодов (табл. 1).

Таблица 1

Количество подроста хвойных и лиственных пород в разные годы поствет-ровального периода, шт/га

Породы	Продолжительность поствет-ровального периода, годы		
	1-й год	5-й год	18-й год
Хвойные	420 ± 58	585 ± 64	988 ± 178
Лиственные	1357 ± 241	3632 ± 419	6105 ±687
Всего	1777 ± 258	4217 ± 431	7093 ±687

Приступая к анализу приведенных в таблице 1 данных, необходимо отметить, что средние значения количества подроста и хвойных и лиственных пород по каждому году уче-

та достоверны на 5-ном уровне (tфакт. > t0,05). В таблице 1 обращает на себя внимание малое количество подроста в первый год после ветровала. Данное обстоятельство объясняется гибелью значительного количества растений возобновления, особенно хвойных пород, при вывале ветром деревьев с корнями. В нашей предыдущей работе было показано, что через год после ветровала общее количество подроста хвойных и лиственных пород под пологом примыкающего насаждения было в 2 раза, а отдельно подроста хвойных в более чем 5 раз больше, чем на ветровальной площади [5]. Необходимо отметить, что большая часть учтенного в первый год постветровального периода подроста, произрастала на исследуемой площади до ветровального явления, то есть являлась подростом предварительной генерации.

В последующие годы количество подроста на исследуемой части ветровальной площади неуклонно увеличивалось. Так, относительно первого года после ветровала на 5-й год пространственного периода оно возросло в 2,4 раза, а на 18-й – в 4 раза. Можно констатировать, что кардинальное изменение экологических (прежде всего световых) условий на ветровальной площади оказывается наиболее благоприятным для подроста лиственных пород. Увеличение количества подроста в основном происходило за счет растений светолюбивых, быстрорастущих лиственных пород – березы и осины. Доминирование в естественном лесовозобновлении лиственных пород связано также с их высокой семенной продуктивностью и способностью размножаться вегетативным путем. Соответствующие условия для вегетативного размножения создаются при вывале и поломке деревьев.

Общее количество подроста хвойных пород по мере увеличения продолжительности постветровального периода, так же как и лиственных, возрастает, но более низкими темпами. Так, на 18-й год после ветровала по сравнению с 1-м годом этот показатель вырос только в 2,4 раза. Количество подроста лиственных пород за этот период увеличилось в 4,5 раза. Следует заметить, что лиственного подроста значительно больше, чем хвойного уже на следующий год после ветровального явления. Доля подроста хвойных пород в общем количестве растений лесовозобновления в этот год составляет 23,6 %. На 5-й год после ветровала этот показатель уменьшается до 13,9 % и в последующие годы остается примерно на этом же уровне. На наш взгляд, такое положение связано большой численностью, быстротой роста и конкурентными преимуществами (за свет и минеральное питание) лиственных пород над хвойными в постветровальный период.

В русле изучаемого вопроса значительный интерес представляют более развернутые данные по подросту хозяйственно ценных хвойных пород. В таблице 2 представлены материалы распределения хвойного подроста по породам и категориям крупности (высоты), полученные по результатам первого и последнего учетов естественного возобновления на исследуемой площади.

Таблица 2

Распределение хвойного подроста по породам и категориям высоты в 1-й и 18-й годы постветровального периода

Порода	Количество подроста шт/га				
	мелкого	среднего	крупного	всего	в пересчете на крупный
1-й год					
Ель	14	121	71	206	175
Кедр	36	57	-	93	64
Лиственница	-	-	28	28	28
Пихта	36	57	-	93	64
Сосна	-	-	-	-	-
Итого	86	235	99	420	331

Окончание табл. 2

Порода	Количество подроста шт/га				
	мелкого	среднего	крупного	всего	в пересчете на крупный
18-й год					
Ель	14	14	249	277	267
Кедр	-	14	135	149	146
Лиственница	-	-	114	114	114
Пихта	7	28	185	220	211
Сосна	57	78	93	228	184
Итого	78	134	776	988	922

Анализ данных таблицы 2 позволяет отметить следующее. В 1-й год после ветровала хвойного подроста на исследуемой площади крайне мало (всего 420 шт/га). Он в основном представлен сохранившимися после разрушения насаждения растениями более теневыносливых пород (ели, пихты и кедра) предварительной генерации. Доминирует подрост ели, а в его составе растения высотой от 0,6 до 1,5 м. Обращает на себя внимание наличие подроста кедра, который независимо от количества и характера его территориального размещения подлежит оценке и сохранению при всех способах рубок [6] Светлохвойный подрост представлен незначительным количеством (28 шт/га) растений лиственницы высотой более 1,5 м. Сосна в составе естественного возобновления отсутствует. Доминирование растений темнохвойных пород в 1-й год после ветровала вполне объяснимо, изучаемый подрост формировался и рос под пологом разрушенного ветровалом насаждения. Условия под пологом сомкнутых древостоев более благоприятны для растений темнохвойных пород.

Через 18 лет после ветровала породная структура хвойного подроста совершенно иная. Она характеризуется существенным увеличением удельного веса светлохвойных пород – с 6,6 до 34,6 %. Причем по всем породам преобладает крупный подрост высотой более 1,5 м. Обращает на себя внимание значительная доля сосны в составе хвойного подроста. В 1-й год после ветровала сосновый подрост на исследуемой площади отсутствовал. В целом, несмотря на сохраняющееся превосходство темнохвойных пород, их относительная доля в составе хвойного подроста уменьшается. Видимо, это связано с изменением освещенности после ветровального явления и преобладанием сосны и лиственницы в составе сохранившегося материнского древостоя в виде примыкающей к ветровальной площади стены леса.

Выводы. На основании результатов 18-летних исследований лесовозобновления на неочищенной ветровальной площади можно сделать следующие выводы. При ветровале значительная часть подроста предварительной генерации, особенно хвойных пород, погибает. В первые годы после ветровального явления увеличение количество подроста в основном происходит за счет растений светолюбивых, быстрорастущих лиственных пород – березы и осины, которые ко всему прочему отличаются высокой семенной продуктивностью и способностью размножаться вегетативным путем. Общее количество подроста хвойных пород в абсолютном выражении по мере увеличения продолжительности постветровального периода возрастает более низкими темпами, чем лиственных пород.

Хвойный подрост в первый год после ветровала в основном представлен сохранившимися после разрушения насаждения растениями более теневыносливых пород (ели, пихты и кедра) предварительной генерации. В последующем, несмотря на сохраняющееся превосходство темнохвойных пород, их относительная доля в составе хвойного подроста заметно уменьшается. Это связано с изменением освещенности после ветровального явления и преобладанием сосны и лиственницы в составе сохранившегося материнского древостоя в виде примыкающей к ветровальной площади стены леса.

В целом создающиеся на ветровальной площади экологические условия после разрушения ураганом сложного по составу хвойно-лиственного насаждения в зеленомошно-

ягодниковом типе леса способствуют формированию смешанного древостоя с преобладанием лиственных пород – березы и осины. Данное обстоятельство, а также полученные материалы о постветровальной динамике лесовозобновления будут полезны при обосновании мер хозяйственного освоения ветровальной площади.

Литература

1. Мочалов, С. А. Особенности лесовозобновления после ветровала на Среднем Урале / С. А. Мочалов, Р. Лессиг, К. Хоффман // УГЛТУ; WSL. – Томск, 2005. – С. 184–186.

2. Алесенков, Ю. М. Ветровалы, их эколого-лесоводственное значение и задачи исследований / Ю. М. Алесенков // Последствия катастрофического ветровала для лесных экосистем. – Екатеринбург, 2000. – С. 7–12.

3. Скворцова, Е. Б. Экологическая роль ветровалов / Е. Б. Скворцова, Н. Г. Уланова, В. Ф. Басевич. – Москва : Лесная промышленность, 1983. – 192 с.

4. Močalov, S. A. Development of two boreal forests after large-scale windthrow in the Central Urals / S. A. Močalov, R. Lässig // For. Snow Landsc. Res. – 2002. – Vol. 77, № 1/2. – P. 171–186.

5. Озорнина, В. В. Особенности лесовозобновления на ветровальной площади (стационар Шайтанка) / В. В. Озорнина, З. Я. Нагимов, Г. В. Анчугова // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : материалы IX Всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов и конкурса по программе «Умник» / Министерство образования и науки РФ, Уральский государственный лесотехнический университет, Уральское отделение секции наук о лесе РАЕН, Урал. лесной технопарк ; редактор С. В. Залесов [и др.]. – Екатеринбург: [УГЛТУ], 2013. – Ч. 1. – 347 с.

6. Об утверждении Правил лесовосстановления, формы, состава, порядка согласования проекта лесовосстановления, оснований для отказа в его согласовании, а также требований к формату в электронной форме проекта лесовосстановления : Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 29.12.21 № 1024 (с изменениями на 03.08.23). – Текст : электронный // КонсультантПлюс : сайт. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_409248/?ysclid=lphkn57lgx843870803 (дата обращения: 10.11.2023).

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАКЛАДКИ ЛЕСОСЫРЬЕВЫХ ПЛАНТАЦИЙ ОСИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ ФОРМ

Е.С. Багаев, И.А. Коренев, С.С. Багаев
Россия, Филиал ФБУ ВНИЛМ «Центрально-европейская лесная опытная станция» г. Кострома

Аннотация. Организация плантационного лесовыращивания для обеспечения сырьем лесоперерабатывающих производств – актуальная проблема. Создание лесосырьевых плантаций быстрорастущей осины позволит обеспечить предприятия качественным сырьем для глубокой химико-механической переработки древесины. Исследования проводились с целью изучение эффективности плантационного выращивания осины с использованием высокопродуктивных, в частности – триплоидных форм. Определены перспективы использования быстрорастущих клонов в генетическом резервате исполинской осины для закладки коротkooборотных лесосырьевых плантаций. Показана возможность ускоренного получения элитного посадочного материала триплоидной осины методом микроклонального размножения. Обобщен экспериментальный материал для изучения эффективности закладки лесосырьевых плантаций осины с использованием высокопродуктивных форм. Закладка плантаций осины проводится в оптимальных лесорастительных условиях, на высоком агротехническом фоне.

Сделан вывод, что плантационное выращивание триплоидной осины позволяет в 1,5–2 раза ускорить получение целевой древесины, запас которой в 30-летнем возрасте достигает 350 м^3/га. Быстрый рост саженцев обеспечивает высокую конкурентоспособность с нежелательной растительностью.
Ключевые слова: лесосырьевая плантация, триплоидная осина, клон, генетический резерват, продуктивность, микроклональное размножение.

Annotation. The organization of plantation forest growing to provide raw materials for forest processing industries is an urgent problem. The creation of timber plantations of fast-growing aspen will provide enterprises with high-quality raw materials for deep chemical-mechanical processing of wood. The research was carried out to study the effectiveness of plantation cultivation of aspen using highly productive forms. The prospects for using fast-growing forms of aspen in the general reserve for establishing short-rotation timber plantations have been determined. The possibility of accelerated production of elite planting material of triploid aspen using the method of microclonal propagation has been shown. The experimental material for studying the effectiveness of planting aspen timber plantations using highly productive forms is summarized. The establishment of aspen plantations is carried out in optimal forest conditions, against a high agrotechnical background. It was concluded that plantation cultivation of triploid aspen makes it possible to accelerate the production of target wood by 1.5–2 times, the supply of which at 30 years of age reaches 350 m^3/ha. The rapid growth of seedlings ensures high competitiveness with undesirable vegetation.
Keywords: timber plantation, triploid, diploid aspen, clone, genetic reserve, productivity, resistance, stem rot, microclonal propagation.

В мировом лесном хозяйстве наблюдается тенденция перехода от традиционного лесоводства к плантационному лесовыращиванию с коротким циклом ротации и использованием современных достижений биотехнологии. Это позволяет создать устойчивую лесосырьевую базу предприятий лесного комплекса, в 1,5–3 раза ускорить получение целевой древесины с сохранением экологии и биоразнообразия лесных экосистем [1].

Создание лесных плантаций и их эксплуатация – один из видов использования лесов в Российской Федерации согласно статье 25 Лесного кодекса [2]. По состоянию на 01.01.2022 г., для этой цели передано в аренду 1872,8 га лесных земель (6 – ОИП).

В Костромской области, расположенной в южно-таежном лесном районе таежной зоны Европейской части России, перспективными продуцентами сырья для плантационного лесовыращивания являются высокопродуктивные формы осины. К ним отнесены хозяйственно-ценные быстрорастущие клоны в генетическом резервате исполинской осины, образованном в 1989 г. в Шарьинском лесхозе: триплоидные (исполинские) № 27, 30, 35 и быстрорастущие диплоидные № 33, 34, 36. Многолетние исследования подтверждают высокие лесоводственные качества отобранных форм осины – быстрота роста, устойчивость к стволовой гнили, высокое качество древесины [3, 4, 5]. В оптимальных лесорастительных условиях триплоидные клоны № 27, 30 сохраняют в возрасте 73 года высокую продуктивность: Iа класс бонитета, средняя высота – 30 м, запас – 600 м^3/га и выше (на 30 % больше, чем у диплоидных клонов), полнота – выше единицы. По производительности к ним приближаются быстрорастущие диплоидные клоны. Все отобранные быстрорастущие формы устойчивы к стволовой гнили. Триплоидные клоны осины № 27, 30, 35 в генрезервате являются эталонами высокопродуктивных осинников. Они сохраняют преимущество в росте перед типичными диплоидными формами и во втором вегетативном поколении – в лесосеменных объектах, заложенных в 1964 г. в Костромском лесничестве под руководством академика А.С. Яблокова (маточная, прививочная лесосеменная плантация). Шарьинские триплоидные клоны осины, интродуцированные в другие регионы (Ленинградская, Московская, Воронежская области и др.), сохранили быстроту роста [1]. Это подтверждает их хозяйственную ценность и целевой статус для закладки короткооборотных лесосырьевых плантаций.

Перспективы плантационного выращивания триплоидной осины обусловлены возрастающим спросом на древесину осины в связи с разработкой инновационных технологий глубокой механической, химической и энергетической переработки древесины [4]. Лесосырьевые плантации триплоидной осины закладываются в ряде регионов России: в Ленинградской, Воронежской областях, республиках Татарстан, Марий Эл и др. В возрасте 30 лет запас древесины на плантациях может достигать 400 м^3/га [4]. Оценка опыта плантационного выращивания осины свидетельствует о лесоводственной, экологической и экономической эффективности данного направления.

Положительный опыт закладки лесосырьевых плантаций осины с использованием высокопродуктивных форм накоплен и в Костромской области. Ведется работа по разработке рекомендации по закладке лесосырьевых плантаций осины. Для примера рассмотрим формирование опытной лесосырьевой плантации осины, заложенной в мае 2019 г. в Костромском лесничестве.

Плантация заложена на прогалине в оптимальных лесорастительных условиях: тип леса – ельник кисличный, тип лесорастительных условий – С3. Подготовка почвы проведена осенью 2018 г. тяжелой бороной БДТ-2,2 в два следа. Схема посадки – 5,0×5,0 м, густота посадки – 0,4 тыс. шт/га. В качестве посадочного материала использовали 2-летние саженцы триплоидной осины (клоны № 27, 35) с закрытой корневой системой, выращенные методом in vitro в лаборатории клонального микроразмножения растений и прошедшие доращивание на стационаре Центрально-европейской ЛОС ВНИИЛМ.

Таксационные и биометрические показатели 6-летней плантации по данным учета, проведенного в мае 2023 г., приведены в таблице.

Таблица

Средние показатели лесосырьевой плантации триплоидной осины в возрасте 6 лет

Сохранность, %	Высота общая, м	Диаметр			Приросты в высоту по годам, см			
		на высоте 1,3 м, мм.	у шейки корня, мм	кроны, м	2022	2021	2020	2019
89	3,5	21,5	32,4	1,4	91,2	46,3	42,9	38,1

В данном возрасте средняя высота саженцев осины составила 3,5 м, при этом верхняя высота у 40 % саженцев достигла 4,0–6,5 м. Сохранность плантационных культур – 89 %, в пределах норматива. Погибло 11 % растений от общего количества по причине повреждения животными. Саженцы имеют хороший рост и развитие. Прирост растений в высоту постепенно ускоряется: в 2022 г. средний прирост превысил уровень 2019 г. в 2,4 раза. В данном возрасте насаждение соответствует I классу бонитета [6]. Быстрый рост саженцев обеспечивает их высокую конкурентоспособность с нежелательной растительностью в первые 2–3 года, что позволяет выращивать их на богатых по почвенному плодородию участках. Состояние лесосырьевой плантации хорошее. Высота растений на опытной плантации соответствует аналогичному показателю плантационных культур такого же возраста, заложенных в Ленинградской области [7].

Анализ хода роста триплоидных клонов осины № 27, 35 в генрезервате показал, что на лесосырьевых плантациях, заложенных этими клонами, в 30-летнем возрасте можно ожидать получение запаса древесины 350 м^3/га – в 1,9 раза больше, чем в обычных насаждениях. При этом выход деловой древесины увеличивается в 2 раза, балансов – в 1,6 раза.

При плантационном выращивании быстрорастущей осины получение целевой древесины сокращается в 1,5–2 раза по сравнению с традиционным способом. В естественных

насаждениях 1 класса бонитета запас древесины в объеме 350 м^3/га формируется к возрасту 50 лет.

Возраст рубки лесосырьевых плантаций осины – 30 лет. В этом возрасте отмечается наибольший выход балансовой древесины. Молодая однородная древесина не имеет ядровой и спелой части, имеет оптимальный состав для химико-механической переработки.

Для плантационного выращивания осины в регионе имеется необходимая лесосеменная (маточная) база, позволяющая обеспечить выращивание посадочного материала быстрорастущих форм как традиционными способами (семенами, корневыми черенками), так и методом микроклонального размножения. Ускоренное получение элитного посадочного материала триплоидной осины для закладки плантаций возможно с применением метода микроклонального размножения. С 2014 г. в Центрально-европейской ЛОС проводятся исследования, направленные на усовершенствование технологии микроклонального размножения триплоидной осины [8]. Сформирован вариант банка растений-регенерантов триплоидных клонов осины № 27, 35 in vitro в пробирочной культуре.

Согласно письму Минприроды России от 16.12.2016 № 19-29/34539 «О внесении изменений в нормативно правовые акты», триплоидная осина, благодаря высоким показателям роста и качества древесины, может быть отнесена к ценным лесным древесным породам. При этом триплоидную осину можно рекомендовать для создания сырьевых плантаций посадочным материалом, полученным только в лабораторных условиях.

Триплоидность клонов № 27, 30 была доказана в результате проведения анатомо-морфологических и цитологических исследований в 1938 году [3]. Полиплоидность клонов № 27, 35 подтверждена результатами проведенного морфолого-анатомического анализа, включающего контроль по косвенным признакам, в 2013 году [9].

Результаты проведенных исследований свидетельствуют об эффективности закладки лесосырьевых плантаций осины посадочным материалом элитных форм, выращенным методом микроклонального размножения. Закладка плантаций осины проводится в оптимальных лесорастительных условиях, на высоком агротехническом фоне.

Плантационное выращивание здоровой быстрорастущей осины позволит в сжатые сроки организовать промышленное производство древесины для обеспечения потребностей современных предприятий лесопромышленного комплекса, в частности – ООО «СВИСС КРОНО» в г. Шарье Костромской области – крупнейшего производителя древесных плит России. Триплоидная осина может стать одной из самых ширококультивируемых древесных пород на «дендрополях-плантациях» с коротким оборотом рубки.

Литература

1. Исполинская осина: биологические особенности и перспективы плантационного выращивания : монография / Е. С. Багаев, С. С. Макаров, С. С. Багаев, С. А. Родин. – Пушкино : ВНИИЛМ, 2021. – 72 с.

2. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ. – Текст : электронный // КонсультантПлюс : сайт. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/?ysclid=lphjnlfd2o129671979 (дата обращения: 10.11.2023).

3. Яблоков, А. С. Воспитание и разведение здоровой осины / А. С. Яблоков. – Москва : Гослесбумиздат, 1963. – 441 с.

4. Багаев, Е. С. Ведение хозяйства в осиновых лесах Костромской области / Е. С. Багаев, Н. В. Рыжова, В. В. Шутов. – Кострома : КГТУ, 2014. – 138 с.

5. Багаев, Е. С. Оценка возможности использования быстрорастущих форм осины для закладки лесосырьевых плантаций с коротким оборотом рубки / Е. С. Багаев, А. И. Чудецкий, С. С. Макаров // Лесохозяйственная информация. – 2023. – № 1. – С. 55–67. – DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2023.1.05.

6. Руководство по организации и ведению хозяйства на осину в лесах Европейской части СССР / Л. Е. Михайлов, С. Н. Багаев, В. Г. Стороженко [и др.]. – Москва : Гослесхоз СССР, 1983. – 38 с.

7. Жигунов, А. В. Лесные плантации триплоидной осины, созданные посадочным материалом in vitro / А. В. Жигунов, Д. А. Шабунин, О. Ю. Бутенко // Вестник ПГТУ. –2014. – № 4 (24). – С. 21–30.

8. Макаров, С. С. Изучение влияния росторегулирующих веществ различной природы при клональном микроразмножении осины / С. С. Макаров, А. А. Панкратова // Лесохозяйственная информация : электронный сетевой журнал. – 2016. – № 3. – С. 138–143. – URL: http:// lhi.vniilm.ru/ (дата обращения: 10.11.2023). – Текст : электронный.

9. Морфолого-анатомическое исследование ценных форм триплоидной осины / Д. Н. Зонтиков, С. А. Зонтикова, П. С. Новиков, Р. В. Сергеев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 6. – С. 811–820.

НАДЗЕМНАЯ ФИТОМАССА ДЕРЕВЬЕВ БЕРЕЗЫ В СМЕШАННЫХ ДРЕВОСТОЯХ РАЗНОГО ВОЗРАСТА

А.А. Бахтин, Л.В. Герасимова, Ю.А. Илларионова, С.В. Касимова
Россия, Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова
г. Архангельск

Аннотация: Рассмотрены вопросы структуры компонентов надземной фитомассы деревьев березы в смешанных древостоях разного возраста и их изменчивость в наиболее распространенном (черничном) типе леса.
Ключевые слова: береза, тип леса, фитомасса, ствол, крона, листва, ветви, изменчивость.

Annotation: The issues of the structure of the components of the aboveground phytomass of birch trees in mixed stands of different ages and their variability in the most common (blueberry) type of forest are considered.
Keywords: birch, forest type, phytomass, trunk, crown, foliage, branches, variability.

Одним из методов биогеоценологических исследований, имеющих большое значение в перспективе при анализе смен лесной растительности после крупных лесных пожаров или интенсивных сплошных рубок спелых лесов и формировании на этих площадях вторичных лесов, является изучение биологической продуктивности лесов.

Определение лесных ресурсов путем сплошной инвентаризации – работа трудоемкая, поэтому необходимо выявлять взаимосвязи между таксационными показателями и компонентами фитомассы как для древостоя в целом, так и для деревьев в отдельных ступенях толщины. Наиболее обстоятельно вопрос строения деревьев в древостоях, их изменчивость по элементам фитомассы и взаимосвязи с таксационными показателями был рассмотрен для сосняков Сибири [4]. По продуктивности органической массы деревьев березы в смешанных лиственно-еловых и елово-лиственных древостоев в условиях северной тайги, был исследован в кисличном типе леса [3].

Для изучения вопроса структуры компонентов надземной фитомассы деревьев березы и их изменчивости в смешанных древостоях после пожарного происхождения в лесах Архангельской области, на двух пробных площадях одного типа леса, но имеющих разный возраст (табл. 1) было срублено и обмерено 69 деревьев березы.

Таблица 1

Таксационная характеристика древостоев пробных площадей

№ п/п	Состав	Порода	Средние			Класс бони-тета	Абсолютная. полнота, $м^2$/га	Густота шт/га	Запас $м^3$/га
			D, см	H, м	A, лет				
38	6,9	Б	6,4	9,5	46	IV	8,63	2666	42,6
	3,0	Е	4,1	4,4	45		5,60	4100	18,5
	0,1.	$О_С$	5,3	8,7			0,18	217	0,7
∑	10,0						14,41	6976	61,8
69	4,8	Е	9,4	9,4	67	IV	6,87	2910	125,1
	3,1	Б	10,7	14,3	68		9,00	1035	79,8
	2,1	С	12,2	15,8			9,97	428	56,9
∑	10,0						25,67	4373	261,8

У каждого дерева кроме основных таксационных показателей были определены весовые данные: масса всей надземной фитомассы, масса ствола (рис. 1), кроны (рис. 2), массы ветвей и листвы (древесной зелени) [1].



Рис. 1. Взвешивание массы ствола



Рис. 2. Взвешивание массы крон (ветви с листвой)

Полученные значения массы основных компонентов надземной фитомассы были выравнены по ступеням толщины (табл. 2).

Таблица 2

Структура компонентов надземной фитомассы деревьев березы по ступеням толщины (в числителе – масса, кг, в знаменателе – %)

Компоненты фитомассы	Ступени толщины										
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
Пробная площадь № 38, возраст 46 лет, количество моделей 55 шт.											
Надземная, кг фитомасса	1,63	4,6	11,7	25,5	47,0	73,1	96,9				
Ствол, кг	1,14	3,6	10,0	22,5	42,0	65,0	83,1				
%	69,9	78,3	85,0	88,2	89,3	88,9	85,8				
Крона, кг	0,49	1,0	1,8	3,1	5,0	8,1	12,8				
%	30,1	21,7	15,0	11,8	10,7	11,14	14,2				
Листва, кг	0,30	0,47	0,74	1,2	1,8	2,8	4,4				
в кроне %	61,2	47,9	41,8	37,8	35,8	34,6	34,3				
Ветви, кг	0,19	0,5	1,1	1,9	3,2	5,3	8,4				
в кроне %	38,8	52,1	58,7	62,2	64,2	65,4	65,7				
Пробная площадь № 69, возраст 68 лет, количество моделей 14 шт.											
Надземная, кг фитомасса		6,3	13,9	28,3	49,9	78,7	114,2	155,5	201,6	251,2	303,0
Ствол, кг		4,7	11,8	25,1	44,6	70,0	100,4	134,8	172,5	212,7	254,7
%		74,6	84,9	88,7	89,4	88,9	87,9	86,7	85,6	84,7	84,1
Крона, кг		1,6	2,1	3,2	5,3	8,7	13,8	20,7	29,1	38,5	48,3
%		25,4	15,1	11,3	10,6	11,9	12,1	13,3	14,4	15,3	15,9
Листва, кг		0,3	0,6	1,1	1,9	3,2	4,9	6,8	8,8	10,3	11,3
в кроне %		18,7	28,6	34,4	35,8	36,8	35,5	32,8	30,2	26,7	23,4
Ветви, кг в кроне %		1,3	1,5	2,1	3,4	5,5	8,9	13,9	20,3	28,2	37,0

Анализ данных таблицы 2 свидетельствует о том, что общая надземная фитомасса у стволов по ступеням толщины становится больше с увеличением возраста древостоя в 1,1–1,4 раза, а масса стволов деревьев в 1,1–1,3 раза.

Вычисленные коэффициенты изменчивости компонентов надземной фитомассы свидетельствуют о том, что у березы для древостоя в целом очень высокие величины, которые колеблются в молодняках от 88,5 до 101,4 %, а в средневозрастных – от 84,3 до 102,4 % (табл. 3).

Изменение массы кроны происходит примерно одинаково, но при этом процент листвы в кроне в молодняках составляет в среднем 41,9, а в средневозрастных – 30,2 %. Особенно это проявляется у деревьев в ступенях толщины меньше среднего диаметра древостоев, а в 70-летних и у самых толстых по диаметру деревьев, у которых процент листвы снижается до 23–27 %, но при этом у этих деревьев происходит увеличение доли ветвей в кроне.

У деревьев одинаковых ступеней толщины изменчивость всех показателей надземной фитомассы значительно ниже, чем для древостоя элемента леса (табл. 4). Так, у деревьев березы в наиболее представленных по числу моделей ступенях толщины, колебания коэффициентов изменчивости всей надземной фитомассы находятся в диапазоне от 3,6 до 23,4 %, стволов 4,9–22,8 %, листвы 16,9–48,2 %, кроны 17,3–48,6 %, ветвей 14,8–53,4 %.

При этом у всех компонентов надземной фитомассы с увеличением диаметра стволов на высоте груди величины коэффициента изменчивости уменьшаются за исключением листвы, у которой хоть и незначительно, но увеличивается изменчивость у самых толстых по диаметру деревьев.

Точность полученных данных от 1,6 до 12,5 %, а достоверность во всех случаях значительно больше 3.

Таблица 3

Средние значения (кг) и изменчивость (%) массы компонентов надземной фитомассы березы в древостоях разного возраста

Компоненты фитомассы	Проба 38 (46 лет)				Проба 69 (68 лет)			
	$\overline{X}$	m_x	б	υ, %	$\overline{X}$	m_x	б	υ, %
Надземная фитомасса	37,20	13,86	36,662	98,5	120,26	32,98	104,28	86,7
Ствол	32,48	12,08	31,97	98,4	103,13	27,78	87,84	85,2
Крона	4,61	1,69	4,46	96,8	17,13	5,24	16,56	96,7
Листва в кроне	1,67	0,56	1,48	88,5	4,92	1,31	4,15	84,3
Ветви в кроне	2,94	1,13	2,98	101,4	12,21	3,96	12,51	102,4

Таблица 4

Статистические показатели компонентов надземной фитомассы деревьев березы по ступеням толщины

Компоненты надземной фитомассы	Статистические показатели					
	$\overline{X}$, кг	m_x, кг	б, кг	υ, %	p, %	t
Ступень толщины 4 см (число моделей 18 шт.)						
Надземная фитомасса	4,65	0,26	1,09	23,4	5,5	18
Ствол	3,90	0,21	0,89	22,8	5,4	19
Крона	0,69	0,08	0,33	48,6	11,4	9
Листва	0,31	0,04	0,15	48,2	11,3	9
Ветви	0,39	0,05	0,21	53,4	12,5	8
Ступень толщины 6 см (число моделей 10 шт.)						
Надземная фитомасса	12,06	0,50	1,59	13,1	4,1	24
Ствол	10,17	0,46	1,44	14,2	4,5	22
Крона	1,69	0,11	0,34	20,4	6,4	15
Листва	0,73	0,04	0,134	18,3	5,8	17
Ветви	0,96	0,08	0,248	25,9	8,2	12
Ступень толщины 8 см (число моделей 8 шт.)						
Надземная фитомасса	28,59	1,30	3,68	12,9	4,5	22
Ствол	24,59	1,16	3,27	13,3	4,7	21
Крона	3,84	0,29	0,82	21,4	7,5	13
Листва	1,52	0,09	0,26	16,9	6,0	17
Ветви	2,32	0,21	0,58	25,0	8,8	11
Ступень толщины 10 см (число моделей 6 шт.)						
Надземная фитомасса	43,76	2,19	4,37	10,0	5,0	20
Ствол	38,19	2,00	3,99	10,5	5,2	19
Крона	5,20	0,47	0,94	18,0	9,0	11
Листва	1,96	0,24	0,47	24,1	12,0	8
Ветви	3,40	0,25	0,51	14,8	7,4	13
Ступень толщины 12 см (число моделей 5 шт,)						
Надземная фитомасса	75,66	1,22	2,73	3,6	1,6	62
Ствол	67,55	1,47	3,29	4,9	2,2	46

Окончание табл. 4

Компоненты надземной фитомассы	Статистические показатели					
	$\overline{X}$, кг	m_x, кг	Б, кг	υ, %	p, %	t
Крона	7,50	0,58	1,30	17,3	7,7	13
Листва	2,40	0,27	0,59	24,8	11,1	9
Ветви	5,1	0,47	1,06	20,7	9,2	11

Примечание к таблицам 3 и 4: $\overline{X}$ – среднее значение; m_x – основная ошибка среднего значения; Б – среднеквадратическое отклонение; υ, – коэффициент изменчивости; p – точность опыта; t – достоверность опытных данных.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что возраст древостоев влияет на массу компонентов надземной фитомассы. Поэтому при составлении различного рода таблиц по определению массы компонентов надземной фитомассы, и особенно крон и листвы, следует учитывать и возраст древостоев. Вычисленные значения коэффициентов изменчивости компонентов надземной фитомассы деревьев березы в смешанных древостоях можно и нужно применять при расчете необходимого числа единиц наблюдений для определения показателей массы, как отдельных деревьев, так и в целом древостоев с предварительно заданной точностью, используя для этого соответствующие положения теории ошибок [2].

Таким образом, полученные экспериментальные материалы для смешанных естественных древостоев, произрастающих в одинаковых лесорастительных условиях, позволяют утверждать, что у деревьев березы наблюдаются вполне определенные закономерности в изменении абсолютных и относительных величин различных компонентов надземной фитомассы в зависимости от размеров деревьев и возраста древостоев.

Литература

1. ГОСТ 21769-84. Зелень древесная. Технические условия. – Москва : Издательство стандартов, 1984. – 5 с.

2. Митропольский, А. К. Элементы математической статистики / А. К. Митропольский. – Ленинград : Издательство ЛТА, 1969. – 204 с.

3. Молчанов, А. А. Продуктивность органической массы в лесах различных зон / А. А. Молчанов. – Москва, 1971. – 275 с.

4. Семечкина, М. Г. Структура фитомассы сосняков / М. Г. Семечкина. – Новосибирск : Наука, 1978. – 165 с.

МЕТОДИКА ОТБОРА ПОТЕНЦИАЛЬНО ПРОДУКТИВНЫХ МАТОЧНЫХ ДИКОРАСТУЩИХ *VACCINIUM VITIS-IDAEA* L. ДЛЯ ВЕГЕТАТИВНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ

Е.А. Беляева, О.П. Лебедева
Россия, Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова
г. Архангельск

Аннотация. *Vaccinium vitis-idaea* L. – хозяйственно ценный недревесный лесной ресурс, который пользуется неограниченным спросом ввиду богатого химического состава элементов, содержащихся в побегах и ягодах. В статье приведены структурированные методические рекомендации по геоботаническому описанию лесных сообществ и наблюдению за потенциально отобранными источниками для дальнейшей селекции вида.
Ключевые слова: брусника, вегетация, онтогенез, фенофазы, *Vaccinium vitis-idaea* L.

Annotation. *Vaccinium vitis-idaea* L. – economically valuable non-wood forest resource, which is in unlimited demand due to the rich chemical composition of the elements contained in shoots and berries. The article presents structured methodological recommendations for the geobotanical description of forest communities and monitoring of potentially selected sources for further breeding of the species.
Keywords: lingonberry, vegetation, ontogenesis, phenophases, *Vaccinium vitis-idaea* L.

Представители рода *Vaccinium* – объединение более 4000 видов полу- и вечнозеленых кустарничков, являющихся хозяйственно ценными пищевыми, лекарственными и декоративным растениями, что является катализатором для возрастания спроса на данный недревесный ресурс леса ввиду различных антропогенных процессов, неконтролируемой эксплуатации естественных насаждений и истощения природных запасов. Ягодные кустарнички играют ведущую роль в пищевой (к употреблению используются как в сыром (рис. 1), так и в переработанном виде в качестве джемов, соков, вина, желе, киселей, варенья и морсов), фармакологической (многие обладают лечебными и дезинфицирующими свойствами: побеги используются в составах сборов, ягоды как богатый источник витаминов) и лесной (восстановление переработанных торфяников) промышленности.



А Б

Рис. 1. Процесс сбора Vaccinium vitis-idaea L. в Пинежском районе Архангельской области

Например, брусника обыкновенная – *Vaccinium vitis-idaea* L. – хозяйственно ценный недревесный лесной ресурс, ягоды и побеги которого активно используются в качестве лекарственных и пищевых компонентов [2]. Брусника растет в основном на сухих песчаных и супесчаных, кислых торфянистых почвах (верхового и переходного типов) при условии pHKCL от 3 до 5 [4, 5]. Плодородные почвы не подходят для выращивания *Vaccinium vitis-idaea* L., так как не отмечаются кислой реакцией, способствующей образованию микоризы из корней растения и мицелия грибов.

Ягодные растения, которые отличаются высокой урожайностью и наличием в химическом составе десятков полезных органических кислот и веществ, являются востребованными недревесными ресурсами, перспективность расширения культуры которых в основном зависит от выбора способа размножения, каждый их которых имеет свои недостатки и преимущества. Поиск способов наиболее быстрого воспроизводства необходимой культуры стал наиболее ярко выражен в последнем столетии. Зеленое черенкование и размножение семенами, являющиеся одними из самых надежных способов размножения растений, способны выполнить необходимый запрос на массовый посадочный материал лишь в ограниченных количествах, в то время как при клональном микроразмножении достигается возможность круглогодичного проведения работ, получения абсолютно оздоровленного посадочного материала, коэффициент размножения достигает от 100 000 до 1 000 000 в год, что сильно выше традиционных методов.

Как для современных, так и для общепринятых методов размножения недревесной продукции леса первым этапом необходим выбор материнского растения (рис. 2), которое в дальнейшем послужит основой для укоренения, проращивания или отбора новых перспективных форм.

В начале геоботанического анализа проводится закладка пробной площади (10х10 м, 1х1 м и т.д.), определяется географическое положение, фиксируются положение фитоценоза и пробной площади в рельефе (макро-/мезо-/микрорельеф), отмечается наличие антропогенных воздействий, нарушенных элементов или особенностей местности. Далее выделяются первичные ярусы сообщества (табл. 1).



А Б

Рис. 2. Экземпляры Vaccinium vitis-idaea L., отобранные в ходе рекогносцировочных работ в Архангельской области

Таблица 1

Рабочая таблица для заполнения геоботанического описания фитоценоза

Размер пробной площади	Геогр. пол. (координаты)	Положение в рельефе			Антр. возд.	Ярусы
		Макро-	Микро-	Мезо-		

Каждый ярус подвергается отдельному самостоятельному анализу. *Vaccinium vitis-idaea* L. входит в травяно-кустарничковый ярус, у которого определяется обилие по О. Друде, жизненное состояние и фенофаза (табл. 2). После описания всех выделенных ярусов проводится этап идентификации типа леса и составляется полное название ассоциации [1].

Таблица 2

Рабочая таблица для характеристики травяно-кустарничкового яруса на примере *Vaccinium vitis-idaea* L.

Вид	Обилие по О. Друде	Жизненное состояние	Фенологическая фаза растения
Vaccinium vitis-idaea L.	soc, cop1, cop2, cop3, sp, sol, un	…	1) вегетация до цветения; 2) бутонизация; 3) зацветание; 4) полное цветение; 5) отцветание; 6) созревание плодов; 7) рассеивание плодов; 8) вегетация после цветения

Основоположниками популяционно-онтогенетического направления А.А. Урановым и Т.А. Работновым была предложена периодизация онтогенеза растений (табл. 3), которая также учитывается при оценке состояния растений.

Таблица 3

Периодизация онтогенеза по А.А. Уранову

Период и этап онтогенеза	Онтогенетическое состояние растения, характеристика	Индекс
1. Эмбриональный: пренатальный и латентный	В материнском растении формируется зародыш	
	Сформировавшиеся и отделившиеся семена/плоды	se
2. Прегенеративный, до цветения	Проросток	p
	Ювенильное, теряется связь с семенами, продолжается развитие побега и корня	j
	Имматурное	im
	Виргинильное (молодое вегетативное); генеративных органов нет, но побег и корневая системы взрослого типа	v

Окончание табл. 3

Период и этап онтогенеза	Онтогенетическое состояние растения, характеристика	Индекс
3. Генеративный	Скрытогенеративное	g_0
	Молодое (раннее) генеративное, первые генеративные побеги	g_1
	Зрелое генеративное, максимальный прирост и продуктивность	g_2
	Позднее генеративное, корневая система ослабевает	g_3
4. Постгенеративный	Субсенильное, процесс отмирания начинает преобладать над процессом новообразования	ss
	Сенильное, ювенильные черты, одиночные побеги, накопление отмерших частей	s

Для последующего отбора потенциально перспективных форм ягодной культуры экземпляры маркируются, и за ними ведется наблюдение. Фиксируется прирост, урожайность, внешний вид на наличие вредителей/инфекций или любой другой необходимый признак, чтобы в дальнейшем отобрать источники – образцы, обладающие необходимым параметром, но генетически неизученные (для выявления начилия в генотипе рецессивных аллелей). После отбора и изучения источников выделаются доноры – образцы, изученные в селекционно-генетическом отношении и способные передавать гибридам необходимые признаки [3].

Расширение культуры брусники *Vaccinium vitis-idaea* L. вегетативными методами, семенами, методами культуры клеток и тканей ведет к умножению недревесного ягодного ресурса, спрос на который неконтролируемо растет. Отобранные растения могут быть использованы в целях рекультивации земель, в качестве сырья для промышленности, как посадочный материал для плантационного выращивания и сбора урожая ягод с богатым комплексом биологически активных соединений.

Литература

1. Полевая практика по экологии растений / А. Е. Баталов, Е. В. Шаврина, М. П. Бахматова, Е. Ю. Чуракова // Фундаментальные исследования. – 2009. – № 3. – С. 120.

2. Белых, О. А. Исследование химического состава надземных органов брусники / О. А. Белых, Е. В. Чупарина // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2019. – № 1 (28). – С. 118–123.

3. Общая селекция растений / Ю. Б. Коновалов, В. В. Пыльнев, Т. И. Хупацария, В. С. Рубец. – Санкт-Петербург : Лань, 2013. – 480 с.

4. Тяк, Г. В. Брусника обыкновенная: декоративные качества и перспективы использования вида в ландшафтном дизайне / Г. В. Тяк, Л. Е. Курлович // Охрана и рациональное использование лесных ресурсов : материалы VIII международного форума : в 2 частях (Благовещенск, 08–10 июня 2015 г.). – Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2015. – Ч. 2. – С. 133–136.

5. Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) Leaf, Stem and Fruit at Different Harvest Periods / O. C. Bujor, C. Ginies, V. I. Popa, C. Dufour // Food Chem. – 2018. – Vol. 252. – P. 356–365.

ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО (*POPULUS BALSAMIFERA* L.) ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЛЕСНЫХ ПЛАНТАЦИЙ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ

А.К. Бойцов, В.С. Зимирева, А.В. Жигунов
Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова г. Санкт-Петербург

Аннотация. Тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.) широко используется в различных областях, и его древесина имеет высокую ценность и широкий спектр применения. В работе представлены биометрические параметры тополя бальзамического в культурах на Северо-Западе России. Результаты показали, что клоновое потомство обладают невысокими показателями высоты, диаметра и сохранности, что связано с использованием близко сдвоенных рядов и высокой густотой посадки. Несмотря на это, такая древесина может быть эффективно использована в производстве целлюлозы, биотоплива и дров. Дополнительный анализ показал наличие статистически значимых различий внутриклоновой изменчивости по высоте и диаметру, что объясняется влиянием высокой густоты посадки и факторами окружающей среды. Однако клоновое потомство остается относительно однородным. Результаты исследования могут быть полезными для практического лесоводства и закладки и выращивания лесных плантаций, а также могут послужить основой для дальнейших исследований по оптимизации густоты посадки и отбору более продуктивных клонов тополя бальзамического.
Ключевые слова: тополя, тополь бальзамический, продуктивность, целлюлоза, биотопливо, густота посадки, внутриклоновая изменчивость, лесовыращивание, создание лесных плантаций.

Annotation. Balsam poplar (*Populus balsamifera* L.) is widely used in various fields, and its wood has a high value and a wide range of applications. The paper presents biometric parameters of balsam poplar in cultures in the North-West of Russia. The results showed that the clone progeny have low indicators of height, diameter and safety, which is associated with the use of closely doubled rows and high density of planting. Despite this, such wood can be effectively used in the production of cellulose, biofuels and firewood. An additional analysis showed the presence of statistically significant differences in intraclonal variability in height and diameter, which is explained by the influence of high planting density and environmental factors. However, the clone progeny remains relatively homogeneous. The results of the study can be useful for practical forestry and the laying and cultivation of forest plantations, and can also serve as a basis for further research on optimizing planting density and selecting more productive clones of balsam poplar.
Keywords: poplar, balsam poplar, productivity, cellulose, biofuels, planting density, intraclonal variability, reforestation, creation of forest plantations.

Тополя широко используются в различных областях, таких как выращивание для целлюлозно-бумажной промышленности, производство биотоплива, защитное лесоразведение и зеленое строительство. Особое внимание уделяется использованию древесины тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.), который имеет высокую ценность и широкий спектр применения. Тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.) является быстрорастущим и морозостойким деревом первой величины, которое обладает рядом преимуществ. Его крона характеризуется узкой формой и слабой ветвистостью, а почки имеют крупный размер, что делает его идеальным для выращивания на ограниченных площадях.

Одним из главных преимуществ этого вида является его способность к размножению черенками, что позволяет обеспечить быстрый старт роста. Тополь бальзамический быстро развивается и достигает своего максимального роста к 40 годам, при этом способен произрастать до 160 лет [6]. Это дерево давно используется для озеленения и успешно адаптировано к климатическим условиям Северо-Запада [4, 5].

Особый интерес вызывают исследования почек тополя бальзамического в Литве, где почки являются основным сырьем для получения прополиса [1]. Экстракт почек тополя бальзамического обладает противомикробной активностью против *Staphylococcus aureus* и *Candida albicans*.

Актуальность изучения данного вида подтверждают ученые из США и Канады, которые провели исследования механизмов покоя почек у деревьев северных и субарктических лесов [2]. Исследование проводилось на образцах древесных черенков 10 генотипов *Populus balsamifera*, представляющих широкий широтный градиент (43–58°N). В результате исследования было обнаружено, что длительность холодного периода существенно влияет на время активации роста почек, при этом различия между генотипами зависят от широты происхождения растений. Более южные генотипы требуют большего количества тепла для активации роста почек, чем северные генотипы. Однако с увеличением длительности холодного периода различия между генотипами сокращаются. Исследователи пришли к выводу, что различия в активации роста почек между южными и северными генотипами зависят от взаимодействия генотипа и окружающей среды, а требования к холоду и глубина покоя являются адаптивными стратегиями для предотвращения преждевременного роста в условиях среднезимнего потепления.

В России также проводятся исследования тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.). В Архангельске проводились исследования корневой системы и биометрических параметров тополя [8]. Были изучены насаждения с разной густотой: 857 шт/га, 277 шт/га и 390 шт/га. В возрасте 45 лет насаждения с густотой 857 шт/га имели среднюю высоту 25,9 м и средний диаметр 42,1 см. В возрасте 40 лет насаждения с густотой 277 шт/га достигали средней высоты 30,2 м и среднего диаметра 55,6 см. Насаждения с густотой 390 шт/га в возрасте 42 года имели среднюю высоту 30,1 м и средний диаметр 45,9 см.

При оценке приживаемости и состояния саженцев тополя бальзамического в Республике Бурятия было установлено, что средняя сохранность саженцев в первый и второй годы после посадки составила 79,8 % и 67,2 % соответственно [3]. Наблюдался слабый прирост на первый год и устойчивый прирост на второй год для всех возрастных категорий насаждений.

Исследование, проведенное А.П. Царевым с соавторами, показало, что количественная спелость у морфолого-систематической группы в составе бальзамических тополей наступает в возрасте 26 лет [9]. В возрасте 35 лет средняя высота составила 29,5 м, средний диаметр – 33,8 см, а запас древесины – 439 м^3/га при сохранности тополей 87 %.

Целью проведенного нами исследования является оценка биометрических параметров тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) в условиях Северо-Запада России.

Объектом исследования является клоновое потомство тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.), заложенное на бывшей пашне у п. Терволово Гатчинского района Ленинградской области в 1972 году на оподзоленной дерново-карбонатной почве. Культуры закладывались черенками мечом Колесова. Ряды сдвоенные, схема посадки 3×0,7×0,7 м, густота – 16 тыс. шт/га.

Ранее на данном участке уже проводились исследования тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.), где в 2014 году были получены следующие результаты: средняя высота составляла 16,8 м, средний диаметр – 13 см [7]. От первоначальной посадки сохранилось всего 3750 деревьев на гектар, что составляет лишь 23,4 % от общего числа. Общий запас древесины составил 332 м^3/га. На 2023 год сохранность составляет 21,1 % (3375 штук на гектар), а запас 536 м^3/га.

Весной 2023 г. были собраны данные по учету биометрических параметров этих тополей. С помощью мерной вилки определялся диаметр на высоте 1,3 м, а высота деревьев при помощи высотомера. При замерах растений отмечалось наличие и степень повреждения побегов зимними морозами, грибковыми заболеваниями, наличие повреждений насекомыми и мышевидными грызунами. Все особи были идентифицированы с помощью присвоенного порядкового номера по рядам, а параметры сохранялись в бумажной и электронной таблицах.

Статистическая обработка биометрических параметров осуществлялась с помощью пакета анализа данных MS Excel. Применялись методы дисперсионного анализа и вариационной статистики.

Значения биометрических параметров клонового потомства тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) представлены на рисунке ниже.

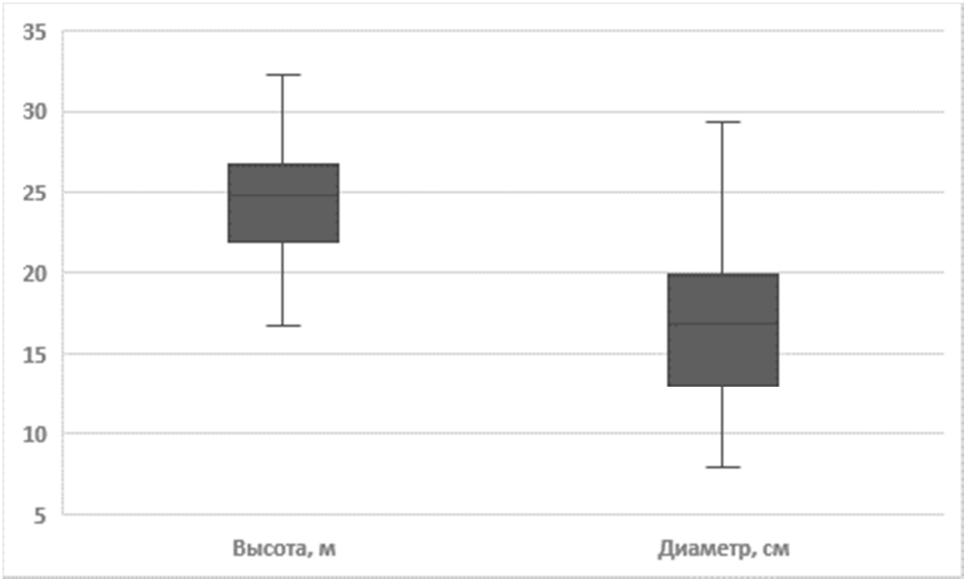


Рис. Значения высот и диаметров клонового потомства тополя бальзамического (Populus balsamifera L.) в возрасте 51 года

Анализ вышерассмотренных данных показал, что высота варьируется от 16,8 до 32,4 м, а диаметр от 8 до 29,3 см. Средняя высота составляет 24,6 м, а диаметр 16,9 см. Такие невысокие показатели объясняются использованием сдвоенных рядов и слишком плотной густотой посадки – 16 тысяч штук на гектар, что также привело к большому отпаду деревьев, о чем говорит сохранность (21,1 %). Тем не менее, такая древесина может быть эффективно использована для производства целлюлозы, биотоплива и дров.

Результаты дисперсионного и вариационного анализов для оценки внутриклоновой изменчивости биометрических параметров тополя представлены в таблице.

Таблица

Значения внутриклоновой изменчивости тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) по биометрическим параметрам

	Дисперсия	Коэффициент вариации (CV), %
Высота, м	14,4	15,4
Диаметр, см	21,1	27,3

По данным таблицы на статистически значимые различия изменчивости клонового потомства по биометрическим параметрам указывают значения дисперсии равные 14,4 для высоты и 21,1 для диаметра, что может указывать на влияние окружающих факторов и плот-

ной густой посадки на рост и развитие некоторых деревьев. Тем не менее, анализ изменчивости внутри клона с использованием только дисперсии недостаточен, и для более полного понимания изменчивости был проведен дополнительный анализ с применением вариационной статистики, где был получен коэффициент вариации высоты, который равняется 15,4 %, что свидетельствует о среднем уровне изменчивости, и коэффициент вариации диаметра, равный 27,3 %, указывающий на высокий уровень изменчивости. При этом значения коэффициентов не превышают 33 %, что говорит об однородности клонового потомства.

Таким образом, проведенное исследование позволило оценить биометрические параметры тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) для закладки и выращивания лесных плантаций в условиях Северо-Запада России. Выявлено, что клоновое потомство обладают невысокими показателями высоты, диаметра и сохранности, что связано со сдвоенными рядами и густотой посадки. Однако, несмотря на это, древесина может быть использована в производстве целлюлозы, биотоплива и дров.

Дополнительный анализ внутриклоновой изменчивости показал наличие статистически значимых различий по высоте и диаметру, что также объясняется влиянием густоты посадки и факторами окружающей среды. Но значения коэффициентов вариации не превышают 33 %, что указывает на относительную однородность клонового потомства.

Результаты данного исследования могут быть полезными для практического лесоводства и создания лесных плантаций в данном регионе. Дальнейшие исследования могут быть направлены на изучение влияния окружающих факторов на рост и развитие тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.), а также на оптимизацию густоты посадки и раз-ведение более высокопродуктивных клонов.

Литература

1. Extracts of poplar buds (*Populus balsamifera* L., *Populus nigra* L.) and Lithuanian Propolis: Comparison of their composition and biological activities / M. Stanciauskaite [et al.] // Plants. – 2021. – Vol. 10, № 5. – P. 828.

2. Thibault, E. Latitudinal clines in bud flush phenology reflect genetic variation in chilling requirements in balsam poplar, *Populus balsamifera* / E. Thibault, R. Soolanayakanahally, S. R. Keller // American Journal of Botany. – 2020. – Vol. 107, № 11. – P. 1597–1605.

3. Алтаев, А. А. Оценка приживаемости и состояния саженцев Populus balsamifera в условиях агролесокомплексов сухостепной зоны Республики Бурятия / А. А. Алтаев, Л. В. Будажапов, А. С. Билтуев // Современные проблемы и перспективы развития агрохимии, земледелия и смежных наук о плодородии почв и продуктивности полевых культур в Сибири : материалы Международной научно-производственной конференции с международным участием (Красноярск, 20-22 июля 2022 г.). – Красноярск : Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», 2023. – С. 387–390. – DOI 10.52686/9785604525050_606. – EDN DINFMN.

4. Богданов, П. Л. Тополя и их культура : монография / П. Л. Богданов. – 2-е изд., перераб. – Москва : Лесная промышленность, 1965. – 103 с.

5. Богданов, П. Л. Тополя и их культура / П. Л. Богданов. – Ленинград : Гослестехиздат, 1936. – 55 с.

6. Бойцов, А. К. История вековых Винницких тополей в Ленинградской области / А. К. Бойцов, А. В. Жигунов, А. А. Мокринский // Леса России: политика, промышленность, наука, образование : материалы VIII Всероссийской научно-технической конференции (Санкт-Петербург, 24–26 мая 2023 г.). – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова, 2023. – С. 185–188. – EDN PLHSOH.

7. Жигунов, А. В. Создание плантаций гибридных тополей и осин в Ленинградской области на постагрогенных землях / А. В. Жигунов, Д. А. Данилов, Р. Р. Зарипов // Развитие земледелия в Нечерноземье: проблемы и их решение. – 2016. – С. 157–161.

8. Тюкавина, О. Н. Корневая система тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) / О. Н. Тюкавина, Л. Ф. Попова // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2022. – № 6. – С. 71–81.

9. Царев, А. П. Динамика сохранности и продуктивности настоящих тополей при испытании в условиях умеренного климата / А. П. Царев, Р. П. Царева, В. А. Царев // Информационный вестник ВОГИС. – 2010. – Т. 14, № 2. – С. 255–264.

МЕТОДИКА ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЖАРНЫХ ВОДОЕМОВ ЛЕСНОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

П.А. Бойчук, Н.А. Тюрин
Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова г. Санкт-Петербург

Аннотация. Дано обоснование оптимального местонахождения пожарных водоемов по критерию минимума расстояния доставки воды до охраняемых лесных кварталов и учетом существующей транспортной инфраструктуры региона.
Ключевые слова: лесная противопожарная инфраструктура, пожарный водоем, местоположение пожарного водоема, расстояние доставки воды, картографическое моделирование.

Annotation. The rationale for the optimal location of fire reservoirs is given according to the criterion of the minimum distance of water delivery to protected forest quarters and taking into account the existing transport infrastructure of the region.
Keywords: forest fire-fighting infrastructure, fire reservoir, location of fire reservoir, distance of water delivery, cartographic modeling.

Введение. Основным, главным, классическим средством тушения лесных пожаров является вода природных источников – рек, ручьев, каналов, прудов и озер. Чтобы их можно было обозначить как пожарные водоемы, они должны соответствовать ряду требований: не пересыхать в течение года; быть оборудованными специальными дорогами, пирсами и площадками для удобного подъезда и разворота пожарных автомобилей [1]. При этом затраты, при правильном выборе места забора воды, минимизируются и включают лишь создание подъездов и площадок для стоянки противопожарной техники, а также связаны с углублением дна или созданием запруд на мелких ручьях и речках. Нормативные требования при оценке необходимого количества пожарных водоемов рекомендуют учитывать, что один водоем должен обеспечить бесперебойную доставку воды в насаждениях I класса природной пожарной опасности на площади 500 га, II класса – 5000 га, III – V классов 10000 га. [2, 3].

Главной специфической чертой размещения противопожарных лесных водоемов является определяющая роль расстояния от них до лесных кварталов высокой природной категории пожарной опасности, зависящая от территориального размещения пожарных водоемов относительно лесных участков. Поскольку природная пожарная опасность на отдельных участках лесного фонда существенно различается, необходимо проектировать противопожарные водоемы в максимальной близости к участкам с I и II классами природной пожарной опасности. Региональное размещение пожарных водоемов требует серьезного технико-экономического обоснования, однако эффективных научных методик размещения лесных

пожарных источников воды пока не существует. Для решения такого класса задач целесообразно применять географический подход, универсальные геоинформационные системы и математико-картографическое моделирование.

Цель исследования – разработка методики и математической модели оптимизации территориального размещения лесных пожарных водоемов по критерию минимума расстояния на доставку воды и обеспечения нормативных требований по площади обслуживания с учетом существующей транспортной инфраструктуры.

Методика исследований. Очевидно, что при возникновении лесного пожара именно факторы расстояния доставки воды и наличие дорог от источника воды до места возгорания играют важнейшую роль. Чем ближе находится источник, тем быстрее будет ликвидирована опасная ситуация и, как следствие, потери леса будут меньше. Рассчитать сумму расстояний между всеми охраняемыми кварталами и пожарным источником можно по формуле:

$$S = \sum_{i=1}^{n} k_i \sqrt[2]{(x_0 - x_i)^2 + (y_0 - y_i)^2}\,, \quad (1)$$

где x_0, y_0 – координаты расположения пожарного водоема; x_i y_i, – координаты центроидов охраняемых лесных кварталов; k_i – коэффициент удлинения доставки воды с учетом существующих лесных дорог; n – количество лесных кварталов.

Пусть имеется охраняемый лесной массив, для которого необходимо найти оптимальное положение пожарного водоема. Массив содержит n – лесных кварталов природной пожарной опасности первого класса, m – кварталов природной пожарной опасности второго класса и l – кварталов природной пожарной опасности 3–5 класса.

Задача оптимизации территориального размещения пожарного водоема заключается в том, чтобы найти такие его координаты x_0, y_0, которые обеспечивали бы минимум суммы расстояний от источника воды до объектов охраны и соблюдение нормативов по площади обслуживания одним пожарным источником кварталов, соответствующих классам их природной пожарной опасности с учетом существующей транспортной инфраструктуры.

Математическая модель задачи будет иметь следующий вид:

$$\sum_{i=1}^{n} k_i \sqrt[2]{(x_0 - x_i)^2 + (y_0 - y_i)^2} + \sum_{j=1}^{m} k_j \sqrt[2]{(x_0 - x_j)^2 + (y_0 - y_j)^2} + \sum_{k=1}^{l} k_k \sqrt[2]{(x_0 - x_k)^2 + (y_0 - y_k)^2} \rightarrow min \quad (2)$$

$$0.001\pi k_i((x_o - x_i)^2 + (y_o - y_i)^2) \leq 500, i = 1 \ldots n, \quad (3)$$

$$0.001\pi k_j \left(\left(x_o - x_j\right)^2 + \left(y_o - y_j\right)^2\right) \leq 5000, i = 1 \ldots m, \quad (4)$$

$$0.001\pi k_k((x_o - x_k)^2 + (y_o - y_k)^2) \leq 10000, i = 1 \ldots l, \quad (5)$$

где x_0, y_0 – определяемые координаты расположения пожарного источника, м; x_i, y_i – координаты расположения кварталов, отнесенных к первому классу природной пожарной опасности лесов, м; x_j, y_j – координаты расположения кварталов, отнесенных ко второму классу природной пожарной опасности лесов, м; x_k, y_k – координаты расположения кварталов, отнесенных к третьему, четвертому и пятому классу природной пожарной опасности лесов, м; k_i, k_j, k_k – коэффициенты удлинения доставки сил и средств пожаротушения от водного источника до охраняемых объектов соответствующих классов природной пожарной опасности.

Здесь (2) – это целевая функция, характеризующая сумму расстояний от источника воды до охраняемых кварталов, а (3–5) – ограничения на нормативную площадь водоснабжения из одного пожарного источника лесных участков соответственно первой, второй и 3–5 категории природной пожарной опасности.

Задача оптимального месторасположения пожарного водоема в данной постановке может быть решена с использованием метода нелинейного программирования в надстройке MS Excel «Поиск решения» и геоинформационных технологий в следующей последовательности.

1. Решением оптимизационной модели (2–5), находят координаты оптимального положения пожарного водоема в начале без учета существующей транспортной сети региона, приняв единичное значение всех коэффициентов удлинения k_{ijk}=1.

2. Полученные координаты пожарного водоема x_0, y_0 наносят на карту и рассчитывают коэффициенты удлинения теперь уже с учетом использования существующих лесных дорог для доставки воды по формуле:

$$k_i = \frac{l_i^t}{l_i^v}, \quad (6)$$

где l_i^t – расстояние доставки воды от точки местоположения пожарного водоема до i-го объекта охраны по существующей транспортной сети, км; l_i^v – воздушное расстояние от центроида охраняемого i-го квартала до пожарного водоема.

3. Вновь рассчитать оптимальные координаты пожарного водоема по оптимизационной модели (2–5) теперь уже с учетом вычисленных коэффициентов удлинения доставки воды по существующей транспортной сети и нанести на карту полученную точку положения пожарного водоема x^o, y^o.

4. Полученное новое значение координат размещения водоема уже будет учитывать существующую транспортную инфраструктуру, но не учитывает некоторые природные и экономические возможности строительства пожарного водоема в этой точке (отсутствие природных источников воды, отсутствие дорог, грунтово-гидрологические условия местности, расстояние до существующей дороги). Для учета этих факторов с помощью инструментов геоанализа (буферизация) находим ближайшие (ближайший s) к точке с координатами x^o, y^o природные источники воды, удовлетворяющие требованиям возможности строительства в них пожарного водоема и замеряем в гис-проекте их координаты x_k, y_k, k=1…s. Найденные координаты будут перспективными вариантами на размещения в них пожарного водоема. Для определения лучшего из них для каждого k-го варианта размещения пожарного водоема определяется суммарное расстояние от всех охраняемых кварталов до водного источника (1) и по его минимальному значению принимается окончательное решение о месте его размещения.

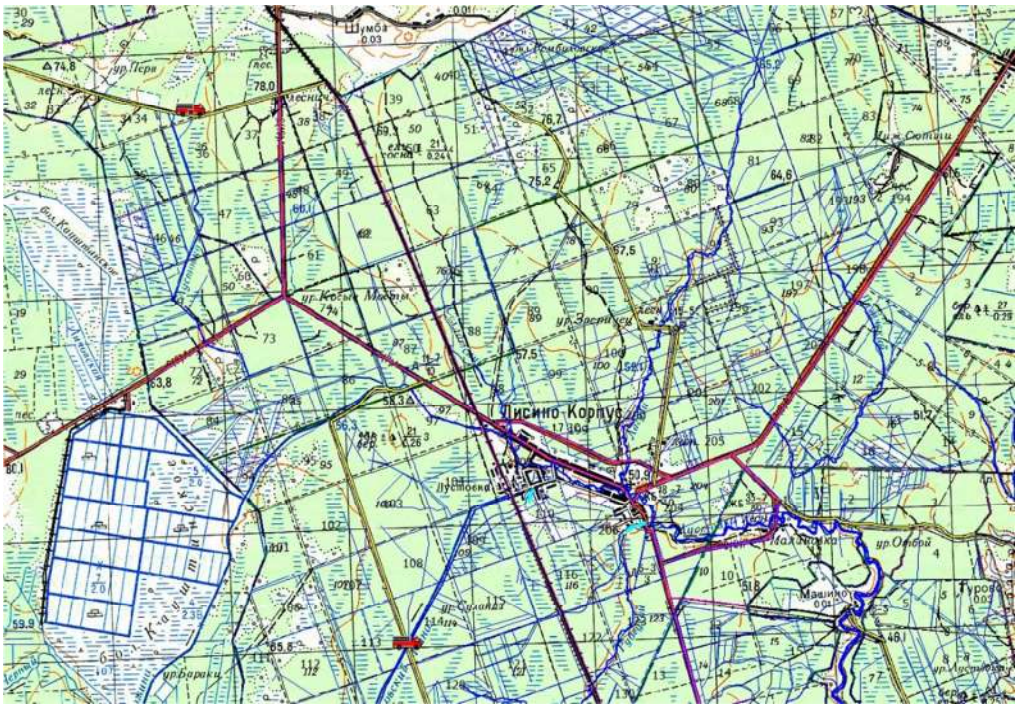


Рис. 1. Фрагмент оптимального территориального размещения пожарных водоемов, отмеченных на схеме пожарными автомобилями

Апробация предлагаемой методики и математической модели была выполнена на примере поиска местоположения пожарных водоемов для условий Лисинского и Перинского участковых лесничеств Лисинского учебно-опытного лесхоза (рис. 1). Получены оптимальные координаты лесного пожарного водоема с учетом транспортной инфраструктуры, классов природной пожарной опасности лесов и наличия водных источников для условий Перинского участкового лесничества x^o = 6 361 600 м, y^o = 6 599 000 м; для условий Лисинского лесничества x^o = 6 364 880 м, y^o = 6 590 030 м.

Выводы и рекомендации. Выполненные машинные эксперименты подтвердили достоверность предложенной методики, которая может быть рекомендована для оптимизации территориального размещения пожарных водоемов по критерию минимума расстояний доставки воды до охраняемых лесных кварталов с соблюдение нормативов по площади обслуживания одним пожарным источником кварталов, соответствующих классам природной пожарной опасности и учетом существующей транспортной инфраструктуры региона.

Литература

1. ГОСТ Р 57972–2017. Объекты противопожарного обустройства лесов. Общие требования : введен 2018-06-01. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200157751 (дата обращения: 30.11.2023).

2. Об утверждении Классификации природной пожарной опасности лесов и Классификации пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды : Приказ Рослесхоза от 5 июля 2011 г. № 287. – Текст : электронный // КонсультантПлюс : сайт. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_118509/ (дата обращения: 24.10.2023).

3. Об утверждении нормативов противопожарного обустройства лесов : Доработанный текст проекта Приказа Министерства природных ресурсов и экологии РФ (подготовлен Минприроды России 20.08.2021). – Текст : электронный // Гарант.Ру : сайт. – URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/56792427/ (дата обращения: 24.10.2023).

ОБОСНОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВА КЛОНОВ НА ЛЕСОСЕМЕННЫХ ПЛАНТАЦИЯХ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА УРОВНЯ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ГЕТЕРОГЕННОСТИ СЕМЕННОГО ПОТОМСТВА

А.С. Бондаренко
Россия, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства
г. Санкт-Петербург

Аннотация. Количество используемых генотипов является одной из важнейших характеристик лесосеменных плантаций. Обоснование данного параметра позволит повысить экономическую эффективность использования этих объектов лесного семеноводства. Для обоснования минимально необходимого количества генотипов при создании лесосеменных плантаций было изучено семенное потомство плюсовых деревьев в испытательных культурах плюсовых деревьев и выполнена оценка уровня генетического разнообразия семенного потомства в зависимости от количества семей. В качестве меры уровня генетического разнообразия использован коэффициент наследуемости в узком смысле основных количественных показателей деревьев. Исследования показали, что при повышении количества генотипов наблюдается стабилизация изменения значений коэффициентов наследуемости при определенном количестве семей плюсовых деревьев и дальнейшее увеличение количества генотипов не приводит к повышению значений коэффициентов наследуемости. Минимально необходимое количество клонов на лесосеменных плантациях ели европейской и сосны обыкно-

венной составило от 10 до 25 шт. в зависимости от древесной породы. По результатам исследований сформулирован вывод о том, что принятое в настоящее время минимальное количество клонов на лесосеменных плантациях (50 шт.) может быть снижено в два раза без существенного ущерба уровню генетического разнообразия семян, получаемых с этих объектов.
Ключевые слова: генетическое разнообразие, лесосеменная плантация, клон, семенное потомство, варьирование.

Annotation. The number of genotypes is one of the most important characteristics of forest seed orchards, since it has a direct impact on the cost of creating and economic efficiency of these objects. The rationale of this parameter will allow to reach a compromise between the cost of seed orchard es-tablishing and the level of negative impact of breeding activities on the level of genetic diversity in artificial forests. The estimating of level of genetic diversity of seed progeny is made on the basis studying of families in the progeny tests. The coefficients of heritability in the narrow sense are used as a measure of the level of genetic diversity. It is demonstrated that the level of genetic diversity determined by the total number of plus tree families in the sample and environmental properties of the studied tree species. Increasing the number of genotypes causes stabilization of heritability coefficient values and further increasing the number of genotypes does not lead to significant increasing of the heritability coefficient. The minimum required genotype number in Picea abies and Pinus sylvestris seed orchards varies from 10 to 25 pieces depending on the tree species. The results of the researches concludes that the currently accepted minimum number of clones in seed orchards (50 pcs) can be reduced two times without substantially compromising the level of seed genetic diversity from the seeds orchards.
Keywords: genetic diversity, seed orchards, clones, seed progeny, variation.

Устойчивость искусственных насаждений основных лесообразующих пород в значительной степени определяется уровнем генетического разнообразия семян, используемых при создании таких насаждений. В связи с тем что в нашей стране главное внимание при искусственном лесовосстановлении основных лесообразователей уделяется созданию и максимально возможному использованию в данном процессе семенного материала с лесосеменных плантаций (ЛСП), неудивительно, что с момента создания первых ЛСП значительное внимание практики лесного хозяйства обращают на такой параметр ЛСП, как количество клонов. В действующих в настоящее время нормативных документах по лесному семеноводству минимально необходимое количество клонов на ЛСП составляет не менее 50 шт. [1–3]. Требование по минимальному количеству генотипов на ЛСП обосновывается, прежде всего, необходимостью обеспечения достаточного уровня генетического разнообразия получаемых с таких лесосеменных объектов семян и стремлением избежать потери части ценных генотипов, представленных в лесном фонде. Кроме того, необходимо отметить, что требование по количеству клонов на ЛСП является одним из главных параметров, определяющих стоимость создания таких объектов и, как следствие, является одним из основных факторов, ограничивающих более широкое внедрение ЛСП в практику лесного хозяйства, а также переход к элитному семеноводству. В частности, создание ЛСП второго порядка, помимо дорогостоящих работ по непосредственному созданию объекта, значительно осложняется необходимостью выполнения значительного объема работ по отбору и долгосрочному испытанию необходимого количества генотипов в испытательных культурах. В связи с этим обоснование количества клонов на ЛСП для обеспечения достаточного уровня генетического разнообразия получаемых с этих лесосеменных объектов семян является одним из серьезнейших вопросов при переходе на элитное семеноводство основных лесообразующих древесных видов.

Объектами данного исследования послужили испытательные культуры ели европейской и сосны обыкновенной, заложенные на территории лесных участков Ленинградской и

Псковской областей в период с 1968 по 1995 год. При отборе объектов исследования, прежде всего, оценивалось качество создания опытных объектов. Основное внимание уделялось корректности составления схемы полевого опыта, точности ее фактической реализации, текущему состоянию культур, а также разнообразию типов полевого опыта в рамках различных участков. Помимо этого, фиксировали такой важнейший параметр испытательных культур, как возможность однозначной идентификации генотипов – непременное условие корректности обработки данных, поскольку отсутствие возможности идентифицировать генотипы сводит на нет ценность любого объекта испытания, несмотря даже на его отличные показатели сохранности и безупречность выполнения текущих уходов. С учетом перечисленных условий для исследований отобраны участки испытательных культур ели европейской и сосны обыкновенной, расположенные в Гатчинском, Тихвинском и Ломоносовском лесничествах Ленинградской области, а также в Порховском лесничестве Псковской области. Исследования на всех перечисленных объектах выполнялись по единой методике. На каждом из участков испытательных культур производится подеревный учет с измерением основных биометрических показателей: высота дерева (точность измерения – до 10 см), а также таксационный диаметр на высоте груди (1,3 м) с точностью до 1 мм. В качестве критерия для определения минимально необходимого количества клонов при создании ЛСП использована зависимость уровня наследуемости признаков продуктивности от представленности количества генотипов в выборке. Такая зависимость оценивается на основе сопоставления коэффициента наследуемости в узком смысле и количества взятых для анализа и включенных в выборку семей плюсовых деревьев. Максимально возможное для такого сопоставления количество семей соответствует количеству семей на том или ином участке испытательных культур и варьирует по различным участкам от 24 до 90 семей плюсовых деревьев. Минимальное количество семей для анализа составляет 2 шт., что соответствует минимально возможному количеству групп при расчете дисперсионного комплекса и вычислении соответствующего значения коэффициента наследуемости. Для расчета зависимости коэффициента наследуемости от количества семей в выборке использован расчет коэффициента наследуемости по случайным выборкам совокупности растений, представляющих различное количество семей. Семьи для выборки отбираются случайным образом на основе соответствующих программных модулей (пакет StatSoft Statistica). При этом для сопоставимости результатов и возможности реализации равного вклада разных семей плюсовых деревьев в дисперсию признака в пределах каждой семьи, включаемой в анализ, случайным образом отбиралось фиксированное, равное по всем семьям количество экземпляров растений. Свод данных по всем взятым для анализа выборкам в один график давал картину уровня изменчивости показателя наследуемости в зависимости от количества семей в выборке. Далее производится расчет уровня варьирования этих коэффициентов наследуемости в зависимости от количества семей. Такой уровень варьирования реализован в таком статистическом показателе, как коэффициент вариации и его изменчивость в зависимости от количества семей, выраженная графически, дает наглядное представление об уровне «сходимости» значений рассчитанных коэффициентов наследуемости в зависимости от количества семей. В комплексе два типа описанных графических зависимостей (зависимость коэффициента наследуемости биометрического показателя от количества семей плюсовых деревьев в случайной выборке и зависимость коэффициента вариации значений коэффициента наследуемости биометрического показателя от количества семей в выборке) позволяют дать обоснование количеству клонов плюсовых деревьев для создания лесосеменных плантаций.

В соответствии с результатами полевых учетов на участках испытательных культур сформировано по 8–10 выборок для каждого из участков испытательных культур, в пределах которых на каждом этапе в их состав случайным образом включается одна семья плюсовых деревьев и заново производится полный перерасчет межгрупповой (межсемейственной) и внутригрупповой (внутрисемейственной) вариации с вычислением соответствующих

коэффициентов наследуемости для каждого набора семей. Пример результатов таких расчетов для одного из участков испытательных культур ели европейской в отношении такого биометрического показателя как диаметр ствола приведен на рисунке 1.

Динамика изменения коэффициентов наследуемости по различным выборкам в зависимости от количества семей на данном графике показывает относительную стабилизацию коэффициента наследуемости в диапазоне от 20 до 30 семей. Очевидно, такое количество семей в лесных культурах является минимально необходимым для получения стабильной оценки уровня генетического разнообразия на основе расчета коэффициента наследуемости по диаметру ствола дерева и может быть ориентиром для формирования суждений о минимально необходимом количестве генотипов при закладке ЛСП.

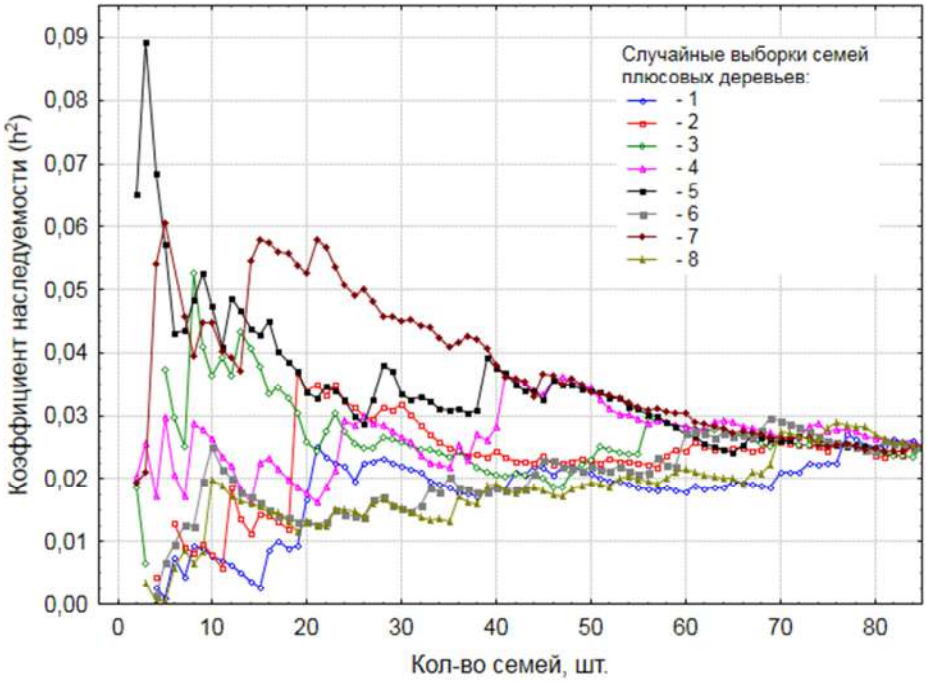


Рис. 1. Зависимость коэффициента наследуемости диаметра ствола дерева от количества семей плюсовых деревьев ели европейской в случайной выборке

Для анализа картины стабилизации значений коэффициента наследуемости для всех исследуемых участков были рассчитаны значения уровня варьирования (рассчитан как коэффициент вариации) основных биометрических показателей по полученным ранее выборкам для разного количества семей. Пример для одного из участков испытательных культур сосны обыкновенной приведен на рисунке 2. Можем отметить относительную стабилизацию данного показателя уровня варьирования на отметке около 10 шт. семей. Дальнейшее увеличение количества семей не приводит к кардинальному снижению уровня варьирования коэффициента наследуемости. В целом по результатам выполнении таких расчетов для изученных испытательных культур ели и сосны получены данные о стабилизации изменения значений коэффициентов наследуемости при некотором количестве семей плюсовых деревьев и дальнейшее увеличение количества генотипов не приводит к кардинальному повышению коэффициентов наследуемости.

Полученные нами в исследованиях конкретные количественные придержки по количеству клонов на лесосеменных плантациях существенно отличаются от рекомендуемых действующими нормативными документами в сторону уменьшения. При расчетах по различным участкам испытательных культур ели европейской рекомендуемое минимальное количество клонов плюсовых деревьев при закладке лесосеменных плантаций для обеспе-

чения удовлетворительных показателей стабильности уровня генетического разнообразия их семенного потомства в лесных культурах составляет при расчетах: по диаметру ствола – 25 семей, по высоте дерева – 20 семей, по объему ствола – 20 семей.

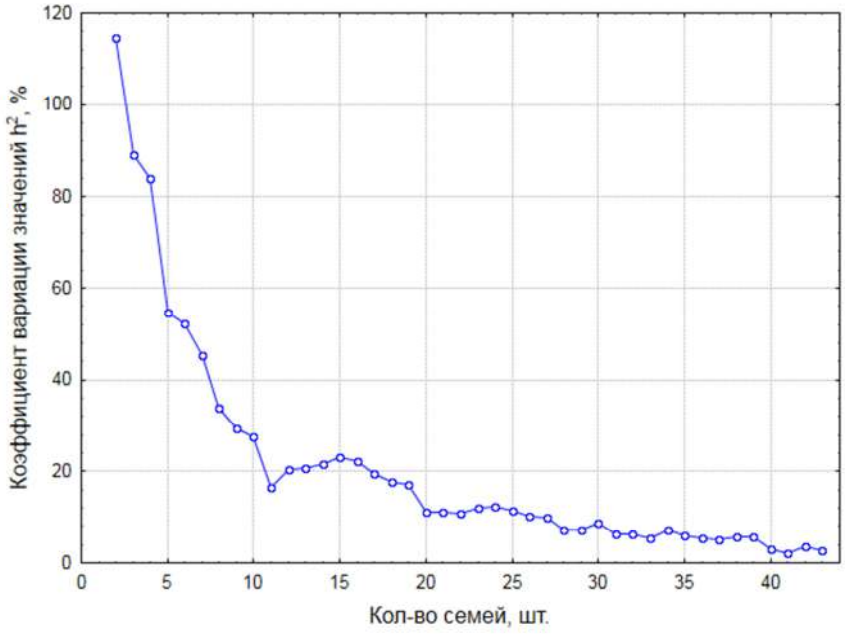


Рис. 2. Варьирование значений коэффициента наследуемости диаметра ствола деревьев сосны обыкновенной в зависимости от количества семей в случайной выборке

При расчетах по участкам испытательных культур сосны обыкновенной рекомендуемое минимальное количество клонов плюсовых деревьев при закладке лесосеменных плантаций для обеспечения удовлетворительных показателей стабильности уровня генетического разнообразия их семенного потомства в лесных культурах составляет при расчетах: по диаметру ствола – 20 семей, по высоте дерева – 20 семей, по объему ствола – 25 семей.

По результатам выполненных исследований целесообразно выполнить корректировку требований по минимально необходимому количеству клонов при закладке лесосеменных плантаций в действующих нормативных документах по лесному семеноводству [1–3]. Таким образом, закрепленное в действующих нормативных документах [1–3] минимальное количество клонов на лесосеменных плантациях в 50 шт. представляется завышенным и может быть снижено по меньшей мере вдвое без существенного ущерба уровню генетического разнообразия семян, получаемых с этих объектов. Предлагаемые изменения нормативных документов, регулирующих работы в сфере лесного семеноводства, позволят существенно сократить затраты на создание лесосеменных плантаций и ускорить переход к созданию и использованию лесосеменных плантаций повышенной генетической ценности и второго порядка.

Литература

1. ОСТ 56-74-96. Плантации лесосеменные основных лесообразующих пород. Основные требования : введен 1996-06-20. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 1996. – 25 с.

2. Правила создания и выделения объектов лесного семеноводства (лесосеменных плантаций, постоянных лесосеменных участков и подобных объектов), утвержден приказом Минприроды России от 20 октября 2015 года № 438. – Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : сайт. – URL: https://docs.cntd.ru/document/420314538?ysclid=lpica1oi1t237048179 (дата обращения: 20.11.2023).

3. Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации. – Москва : ВНИИЦлесре-сурс, 2000. – 198 с.

ЛЕСОУСТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ ПОЛОС В БАЛАШОВСКОМ РАЙОНЕ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Д.А. Борзов, В.П. Закутин
Россия, МЦК – Техникум им. С.П. Королева
г. Королев

Аннотация. Создание лесных защитных полос в степной зоне России является одной из приоритетных задач отечественного лесоводства. Началом работ является лесоустроительное проектирование защитных насаждений: оценка состояния, реконструкция существующих и создание новых лесных полос. Предмет и объект исследования – защитные лесные полосы Балашовского района Саратовской области.
Ключевые слова: лесоустройство, проектирование, GPS – навигация, лесозащитные полосы, таксационная оценка, насаждения.

Annotation. The creation of forest shelterbelts in the steppe zone of Russia is one of the priorities of domestic forestry. The beginning of the work is the forest management design of protective plantings: assessment of the condition, restoration of the existing condition and the creation of new forest belts. The subject and object of the study are protective forest belts in the Balashovsky district of the Saratov region.
Key words: forest management, design, GPS navigation, forest shelterbelts, taxation assessment, plantings.

Самые плодородные черноземные почвы расположены в степных регионах России. Распаханные степные участки площадью 500–1000 га становятся беззащитными для ветровой и водной эрозии почв. Происходит разрушение питательного почвенного горизонта и, как следствие, резкое падение урожая сельскохозяйственных культур, выращиваемых на них.

Создание лесных защитных полос в степной зоне России является одной из приоритетных задач отечественного лесоводства.

Защитные полосы, созданные путем посадки древесной и кустарниковой растительности, являются защитой распаханных степных земель от всех видов разрушения почвы вследствие воздействия резко континентального климата, характерного для южных степных районов России. Сильные засухи, обезвоживание почв и пыльные бури могут уничтожить сельхозкультуры и плодородный черноземный горизонт на тысячах гектаров. Пример тому – неурожаи 1929–1931 гг., которые стали причиной голода по всему югу России.

«Даже в тяжелые годы Великой Отечественной войны выделялись материальные средства, людские ресурсы на продолжение работ по степному лесоразведению.

Поэтому, в 1942 г. основан Ровенский межлесхоз в с. Ровное Саратовской области. Созданный советским правительством Ровенский лесхоз стал передним краем защиты земель района перед угрозой от надвигающихся песков. Основным видом деятельности предприятия являлось лесоводство. Лесной питомник Ровенского лесхоза являлся одним из лучших в области» [1].

На сегодняшний день созданные в 50-е и 60-е годы XX века лесные полосы и лесные насаждения в Ровенском районе области являются гордостью отечественного лесоразведения в степных районах страны.

По результатам выполненного лесоустроительного обследования, с 1985 года культуры защитных полос не сажались, что подтверждается оценкой возраста деревьев в насаждениях. Защита сельскохозяйственных земель района от эрозии обеспечивается послевоенным защитным лесным разведением.

Все выше сказанное является обоснованием проведения исследовательских работ по лесоустроительному проектированию лесных защитных полос в Балашовском районе Саратовской области.

Предмет исследования – оценка состояния, проектирование реконструкции существующих и создание новых лесных защитных полос. Карта объекта проектирования показана на рисунке 1.

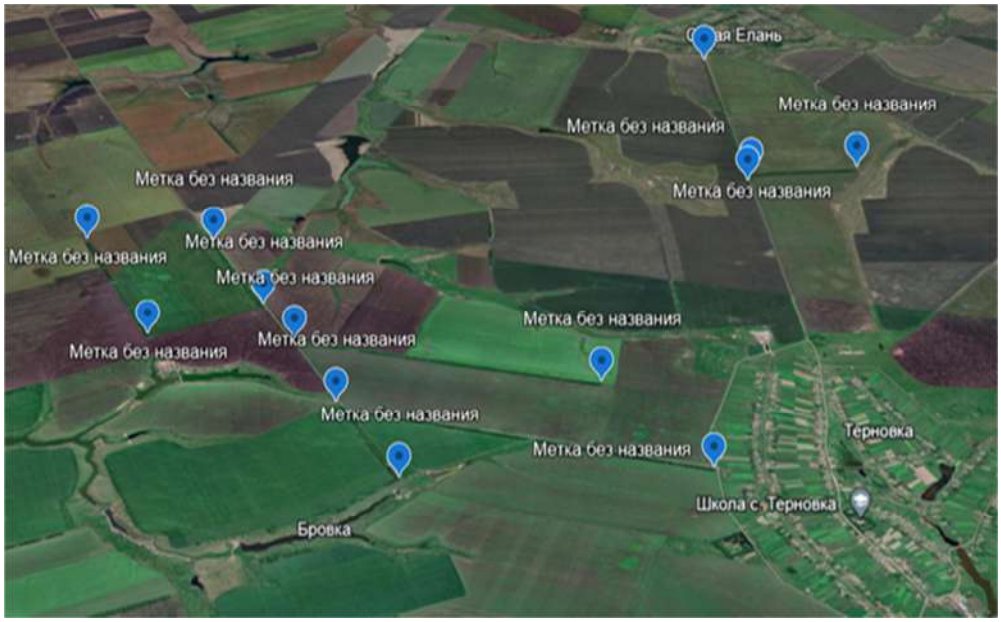


Рис. 1. Картография объекта исследований – лесозащитных полос Балашовского района Саратовской области

По космическому снимку в поисковой системе Google Earth измерена протяженность всех лесных полос района, определена их площадь и выявлены проблемные участки, на которых лесозащитные полосы разрушены.

Фрагмент геодезических вычислений площадных и линейных параметров защитных полос показан на рисунке 2.

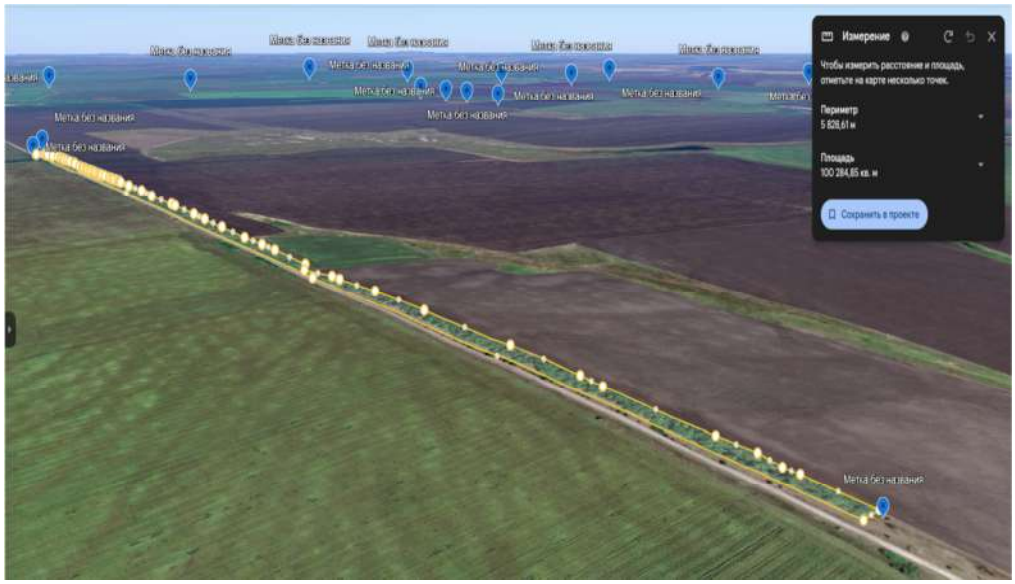


Рис. 2. Фрагмент геодезических вычислений по космическому снимку для защитных полос в поисковой системе Google Earth

В весенне-осенний период 2023 года проведены полевые изыскательные работы в лесозащитных полосах. Длина маршрутных обследований составила 25 километров.

Обследованы лесозащитные полосы, созданные в периоды:

1. 1960–1970 гг. – Кленовые (Клен Остролистный *Acer platanoides*) насаждения, средняя ширина которых 16–30 метров, протяженностью 17,5 км. Чистые кленовые насаждения, на основе которых была поставлена задача в короткие сроки создать лесозащитные полосы. В данных лесозащитных полосах не наблюдается структурности посадки, деревья были посажены в произвольном порядке.

2. 1970–1980 гг. – Кленовые (Клен Остролистный *Acer platanoides*) и фруктовые насаждения, представленные такими видами, как яблоня (все виды рода Яблоня) *Malus* Mill. и груша (все виды рода Груша) *Pyris* L. Средняя ширина которых 10–15 м, протяженность – 5,0 км. В лесозащитных полосах выражена шаговая посадка саженцев и сеянцев.

3. 1980–1995 гг. – Вводятся трехъярусные трехполосные защитные насаждения. Видовой состав: Сосна обыкновенна (*Picea sylvestris*), Береза пушистая (*Betula pubescens*), кустарники – шиповник. Средняя ширина – 5–8 м, протяженность – 2,1 км. И фруктовые насаждения, представленные такими видами, как яблоня (все виды рода Яблоня) *Malus* Mill. и груша (все виды рода Груша) *Pyris* L. Протяженность 0,4 км.

В результате обследования установлено, что в лесозащитных полосах устройства 1960–1970 гг. наблюдаются усохшие и усыхающие деревья. Причины – неправильный подбор вида деревьев и периодические засухи.

В лесозащитных полосах, созданных в 1970–1980 гг., наблюдается очаговое усыхание деревьев и самовольная вырубка фруктовых деревьев.

В полосах устройства 1980–1995 гг. состояние хорошее. Полосы создавались на землях сельхозпользования, и за ними проводится ежегодный уход специалистами фермерских хозяйств.

Таким образом, наблюдается разрушение лесозащитных полос, за которыми не ведется уход. Сохранение защитного лесоразведения может быть обеспечено только специалистами фермерских хозяйств с передачей всех лесозащитных полос на их баланс.

На основе обследования санитарного состояния древесных и кустарниковых пород, входящих в состав лесозащитных полос, разработано предложение по изменению видового состава защитных насаждений в районе. Материалы исследований подготовлены для рассмотрения в администрации Балашовского района области.

Литература

1. Саратовская область стала лидером Поволжья по экспорту сельхозпродукции. – Текст : электронный // Национальные проекты РФ : сайт. – URL: https://национальные проекты.рф/news/saratovskaya-oblast-stala-liderom-povolzhya-po-eksportu-selkhozproduktsii (дата обращения: 20.11.2023).

2. Абдуганиев, О. И. Роль защитных лесных насаждений в экологической стабилизации агроландшафтов / О. И. Абдуганиев, Д. Б. Косимов // SAI. – 2023. – Special Issue 6. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/rol-zaschitnyh-lesnyh-nasazhdeniy-v-ekologicheskoy-stabilizatsii-agrolandshaftov (дата обращения: 20.11.2023). – Текст : электронный.

3. Каргов, В. А. Лесные полосы и увлажнение полей / В. А. Каргов. – Москва : Лесная промышленность,1971. – 96 с.

4. Макаренко, А. А. Система ведения лесного хозяйства / А. А. Макаренко. – Северный Казахстан. – Алма-Ата : Кайнар, 1986. – 218 с.

5. ЛВПЦ Саратовской области | Леса высокой природоохранной ценности // ЛВПЦ России: сайт. – URL: https://hcvf.ru/ru/maps/hcvf-saratov (дата обращения: 20.11.2023). – Текст : электронный.

СЕЗОННОЕ РАЗВИТИЕ И КАЧЕСТВО СЕМЯН ВИДОВ РОДА *PINUS* L.

А.А. Боровикова, А.М. Антонов
Россия, Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова
г. Архангельск

Аннотация. Данная статья посвящена изучению сезонного развития коллекционных видов рода *Pinus* L., произрастающих в дендрологическом саду им. И.М. Стратоновича в г. Архангельске. В своем исследовании мы представили следующие виды рода *Pinus* L: *P. cembra* L., *P. sibirica* Du Tour и *P. sylvestris* L. В работе отражены данные анализа фенологических наблюдений в период с 2018 по 2023 гг. и качественных показатели их семян. Фенологические наблюдения проводились по общепринятым методикам Н.Е. Булыгина (1979), П.М. Малаховца (1999). Полученные данные обработаны при помощи статистического анализа. Длительность фенологических фаз исследуемых видов рода *Pinus* L. отражена в фенологическом календаре. В заключении авторы приводят перспективные хвойные породы, пригодные для озеленения и повышения видового разнообразия существующих городских насаждений в суровых климатических условиях Российского Севера. Полученные результаты исследования можно использовать при планировании работ по посадке, уходу и сбору плодов, а также в проведении работ по борьбе с вредителями и болезнями растений.
Ключевые слова: *Pinus* L., хвойные растения, сосна, интродукция, интродуценты, фенология, посевные качества семян, акклиматизация, вегетационный период.

AnnotationThis article is devoted to the study of seasonal development of collection species of the genus *Pinus* L., growing in the I. Stratonovich Dendrological garden. In our study, we presented the following species of the genus *Pinus* L: *P. cembra* L., *P. sibirica* Du Tour and *P. sylvestris* L. The paper reflects the data of the analysis of phenological observations in the period from 2018 to 2023 and the qualitative indicators of their seed. Phenological observations were carried out according to the generally accepted methods of N. E. Bulygin (1979), P. M. Malakhovets (1999). The data obtained were processed using statistical analysis. The duration of the phenological phases of the studied species of the genus *Pinus* L. is reflected in the phenological calendar. In conclusion, the authors cite promising conifers suitable for landscaping and increasing the species diversity of existing urban plantings in the harsh climatic conditions of the Russian North. The obtained results of the study can be used in the planning of planting, care and harvesting of fruits, as well as in the work on pest control and plant diseases.
Keywords: *Pinus* L., coniferous plants, pine, introduction, introducers, phenology, seed sowing qualities, growing season.

В создании комфортно-экологической городской среды озеленение всегда играло важнейшую ключевую роль. Одним из путей решения проблемы повышения биоразнообразия дендрофлоры городского ландшафта в северных приарктических регионах России является интродукция древесно-кустарниковых видов [1]. С 1934 г. изучением инорайонных древесных пород на Севере занимается один из научных центров интродукции – Дендрологический сад им. И.М. Стратоновича. За 89-летний период работы было исследовано множество интродуцентов и разработан ассортимент растений, рекомендуемый для озеленения городов Севера преимущественно из лиственных пород [2]. Это подводит нас к важности более детального изучения и актуализирования исследований одних из ценнейших хвойных пород, а именно представителей рода *Pinus* L. В коллекции дендросада род *Pinus* L представлен 3 видами, два из которых интродуцента *Pinus cembra* L. и *Pinus sibirica* Du Tour и 1 местная порода *Pinus sylvestris* L.

Род *Pinus* L насчитывает около 155 видов, естественно распространенных по всему Северному полушарию от экватора до заполярья. Сосны встречаются практически на всей тер-

ритории России и представлены 10 дикорастущими и не менее 35–40 интродуцированными в открытом грунте видами [3, 4]. В европейской части России самый распространенный местный вид *P. sylvestris* L., образующий чистые леса, так и леса в смеси с елью и другими породами. В качестве интродуцентов встречаются *Pinus cembra* L., являющийся викарным видом по отношению к *P. sibirica* Du Tour также встречающийся в суровых климатических условиях Российского Севера [4, 5].

На сегодняшний день в озеленении города Архангельска в зеленых насаждениях встречается местный вид *P. sylvestris* L и в единичных случаях присутствуют интродуцированные виды *P. cembra* L. и *P. sibirica* Du Tour [6].

Цель исследования – изучить сезонное развитие и плодоношения видов рода *Pinus* L. в условиях дендрологического сада г. Архангельска на основе наблюдений в период с 2018 по 2023 гг. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: провести фенологические наблюдения изучаемых видов; установить показатели качества их семян; дать рекомендации по практическому использованию видов в озеленении г. Архангельска.

Особенности протекания сезонного развития видов рода *Pinus* L. имеют важное значение для их устойчивости, акклиматизации и сохранения декоративности в условиях интродукции. Данные наблюдения создают полную картину взаимоотношения растений с окружающей средой и ее влиянием на них с целью определения возможности их применения в новых районах и планирования мероприятий по повышению устойчивости городских насаждений [7, 8].

Данные фенологических наблюдений за видами рода *Pinus* L., проводимые по методикам Н.Е. Булыгина и П.М. Малаховца, представлены в таблице 1. Данные, указанные в таблице 1, отражают средние показатели на основе всех проанализированных фаз сезонного развития исследуемых видов коллекции дендрологического сада им. И.М. Стратоновича в период с 2018 по 2023 гг.

Как правило, протекание всех фенологических фаз древесных растений находится в качественной и количественной связи с климатическими, почвенно-грунтовыми и световыми условиями. Полученные результаты в таблице 1 демонстрируют, что в 2023 г. все рассматриваемые виды рода *Pinus* L. отличаются поздними сроками вступления в фазы «набухания почек», «конус листьев», «первые развернутые листья» по сравнению с ранними годами. Сроки вступления в эти фенофазы у *Pinus cembra* L. и *Pinus sibirica* Du Tour совпадают, а *Pinus sylvestris* L. вступает в них позднее на 2 дня и более. В фазу «цветения» в условиях г. Архангельска рассматриваемые вступают практически одновременно ± 1-2 дня.

Таблица 1

Сезонное развитие видов рода *Pinus L.* за 2018–2023 гг.

Видовое название	Год наблюдения	Набухание почек	Конус листьев	Первые развернутые листья	Цветение		Массовое созревание и опадение плодов	Примечание	
					Начало	Конец		Массовое пожелтение старой хвои	Массовое опадание старой хвои
Pinus sylvestris L.	2023	01.05	08.05	13.05	22.05	06.06	15.04	05.10	18.10
	2022	25.04	30.04	08.05	20.05	04.06	16.04	01.10	16.10
	2021	20.04	28.04	06.05	17.05	02.06	16.04	06.10	16.10
	2020	22.04	28.04	08.05	20.05	05.06	20.04	01.10	17.10
	2019	21.04	27.04	07.05	19.05	05.06	18.04	01.10	16.10
	2018	25.04	29.04	08.05	-	-	-	04.10	18.10

Окончание табл. 1

Видовое название	Год наблюдения	Набухание почек	Конус листьев	Первые развернутые листья	Цветение		Массовое созревание и опадение плодов	Примечание	
					Начало	Конец		Массовое пожелтение старой хвои	Массовое опадание старой хвои
Pinus cembra L.	2023	03.05	09.05	13.05	23.05	06.06	15.09	08.10	14.10
	2022	24.04	30.04	05.05	22.05	05.06	04.09	25.09	09.10
	2021	19.04	26.04	29.04	17.05	02.06	02.09	30.09	10.10
	2020	22.04	26.04	30.04	20.05	03.06	10.09	28.09	09.10
	2019	20.04	25.04	01.05	20.05	04.06	11.09	29.09	10.10
	2018	20.04	26.04	02.05	22.05	01.06	09.09	30.09	04.10
Pinus sibirica Du Tour	2023	01.05	08.05	13.05	-	-	-	07.10	14.10
	2022	24.04	30.04	05.05	-	-	-	28.09	09.10
	2021	19.04	26.04	29.04	17.05	02.06	02.09	30.09	10.10
	2020	21.04	25.04	30.04	20.05	03.06	16.09	28.09	09.10
	2019	20.04	25.04	01.05	20.05	04.06	04.09	29.09	10.10
	2018	19.04	26.04	01.05	22.05	01.06	01.09	30.09	04.10

Среди всех рассматриваемых растений рода *Pinus L* плодоносили и цвели все виды за исключением некоторых годов: 2018 г. – не вступила в данную фенофазу *Pinus sylvestris* L., а 2022–2023 гг. *Pinus sibirica* Du Tour. В течение исследуемых лет мы отметили частичное пожелтение и опадание старой хвои. Большее опадание и пожелтение хвои наблюдалось у вида *Pinus cembra* L. и *Pinus sibirica* Du Tour. При изучении рода *Pinus* L было отмечено, что все изучаемые виды проходят полный цикл сезонного развития, начиная с фенологической фазы «набухания почек» и заканчивая фазой «массового созревания и опадения плодов», а также «частичным пожелтением и опадением старой хвои». Это свидетельствует об успешной адаптации интродуцированных видов *P. cembra* L., и *P. sibirica* Du Tour к экстремальным условиям севера, а также устойчивости местного вида P. *sylvestris* L. Все проанализированные фенофазы сезонного развития сосен отражены ниже на фенологическом календаре в таблице 2.

Таблица 2

Фенологический календарь сезонного развития видов рода *Pinus* L.

Видовое название	Март			Апрель			Май			Июнь			Июль			Август			Сент.			Окт.		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	дек.			дек.			дек.			дек.			дек.			дек.			дек.			дек.		
Pinus sylvestris L.																								
Pinus cembra L.																								
Pinus sibirica Du Tour																								

Примечание: Дек. – декада.

фенофазы

- набухание почек
- конус листьев
- первая хвоя
- созревание и опадение плодов
- массовое пожелтение старой хвои
- массовое опадание старой хвои
- цветение
- период покоя
- период вегетации

Фенологический календарь сезонного развития древесных пород представляет практический интерес для озеленителей при планировании работ по посадке и уходу за насаждениями. Все рассматриваемые растения довольно быстро проходят все фазы сезонного развития, что особенно важно для северных районов. Следовательно, *P. sylvestris* L., *P. cembra* L. и *P. sibirica* Du Tour можно рекомендовать к использованию в озеленении г. Архангельска.

Плодоношение является важным показателем адаптации растений в условиях интродукции. Исследование особенностей прорастания семенного материала древесных растений дает представление о его качестве и возможность более широкого использования для озеленения. Ежегодный сбор их плодов и семян дает возможность на протяжении многих поколений получать посадочный материал устойчивее предыдущих к неблагоприятным климатическим факторам. В данной работе были исследованы посевные качества семян видов рода *Pinus* L даты сбора 2018–2022 гг. в соответствии с ГОСТом 13056.6–97 [9]. Результаты статистической обработки показателей качества семян *P. sylvestris* L. сбора 2018–2022 гг. представлены ниже в таблице 3.

Таблица 3

Результаты статистической обработки показателей качества семян *Pinus sylvestris L.* сбора 2018–2022 гг., %

Вид	П	N	M	СКО	max.	min.	Δ_{lim}	± m	Cv	t	p
Pinus sylvestris L.	Э	4	38,06	21,42	70,00	24,75	45,25	10,71	56,28	3,55	28,14
	B_T	4	61,06	10,94	71,00	50,50	20,50	5,47	17,92	11,16	8,96
	B_A	4	85,76	7,59	95,00	77,10	17,90	3,79	8,85	22,61	4,42

Примечание: Показатели (П): B_T – техническая всхожесть, %; B_A – абсолютная всхожесть, %; Э – энергия прорастания, %. Обозначения: N – число учетов\лет (4 пробы семян по 100 шт. в 1 год), шт.; M – среднее арифметическое, шт.; СКО – среднеквадратическое отклонение, шт.; max. – максимальное значение, шт.; min. – минимальное значение, шт.; Δlim – диапазон значений, шт.; ± m – ошибка репрезентативности выборочного среднего, шт.; Cv – коэффициент вариации; t (α=0,05) – критерий Стьюдента; p – относительная ошибка, или точность опыта, %.

Местная порода *P. sylvestris L.* показала хорошие результаты посевных качеств семян, что говорит о ее высокой устойчивости к городским условиям. 2018 год для *P. sylvestris* L. выпал неурожайным.

Результаты статистической обработки доброкачественности семян *P. cembra* L и *P. sibirica* Du Tour сбора 2018–2022 гг. представлены ниже в таблице 4.

Анализируя полученные данные, видим, что наилучшими показателями доброкачественности (полнозернистости семян) обладает порода *P. cembra* L. На это могло повлиять наличие нескольких экземпляров данного вида растений (более 3) в насаждениях на территории исследования и соответственно перекрестным опылением [10]. Для более подробного анализа причины подобных результатов необходимо продолжать наблюдение за данным видом. Для *Pinus sibirica* Du Tour 2022, 2023 гг. выпали неурожайными.

Таблица 4

Результаты статистической обработки доброкачественности семян *P. cembra L* и *P. sibirica Du Tour* сбора 2018–2022 гг., %

Вид	N	M	СКО	max.	min.	Δ_{lim}	± m	Cv	t	p
P. cembra L	5	71,73	10,96	79,25	52,50	26,75	4,90	15,28	14,63	6,83
P. sibirica Du Tour	4	49,56	13,44	58,00	29,50	28,50	6,72	27,12	7,37	13,56

Примечание: Обозначения: N – число учетов/лет (4 пробы семян по 400 шт. в 1 год), шт.; M – среднее арифметическое, шт.; СКО – среднеквадратическое отклонение, шт.; max. – максимальное значение, шт.; min. – минимальное значение, шт.; Δlim – диапазон значений, шт.; ± m – ошибка репрезентативности выборочного среднего, шт.; Cv – коэффициент вариации; t (α=0,05) – критерий Стьюдента; p – относительная ошибка, или точность опыта, %.

Проведенные нами исследования позволили уточнить оценку перспективности адаптации и выращивания видов рода *Pinus* L в северных климатических условиях. В результате изучения сезонного развития и качеств семян видов рода *Pinus* L, произрастающих в условиях Дендрологического сада им. И.М. Стратоновича, и проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Все виды проходят полный цикл сезонного развития. Фенологические фазы у *P. cembra* L. и *P. sibirica* Du Tour наступают практически в одинаковые сроки, а у вида *P. sylvestris* L чуть позже ± 1–2 дня и более.

2. Сосны характеризуются ранней вегетацией, что свидетельствует о их меньшей требовательности к теплу, что немаловажно для климатических условий г. Архангельска.

3. Все виды способны образовывать зрелые плоды и семена, что говорит об их успешной интродукции.

4. Все изученные виды сосен почти регулярно плодоносят.

5. Средние показатели энергии прорастания у *P. sylvestris* L. за 5 лет были отмечены в пределах 38,06 %; показатели технической всхожести в пределах 61,06 %; показатели абсолютной всхожести от 85,76 %. Средние показатели доброкачественности (полнозернистости семян) *P. cembra* L. за 5 лет были отмечены в пределах 71,73 % и *P. sibirica* Du Tour в пределах 49,56 %.

Мы можем рекомендовать успешно адаптированные интродуцированные виды *P. cembra* L. и *P. sibirica* Du Tour в экстремальных условиях севера для озеленения зеленых загородных зон (вокруг санаториев, больниц и домов отдыха, кладбищах и т.д.), парковых посадках с последовательным тщательным послепосадочным уходом. Для более широкого использования паркового озеленения в городских условиях подходит устойчивый местный вид P. *sylvestris* L

Литература

1. Бабич, Н. А. Интродуценты в зеленом строительстве северных городов : монография / Н. А. Бабич, О. С. Залывская, Г. И. Травникова. – Архангельск : АГТУ, 2008. – 144 с.

2. Малаховец, П. М. Деревья и кустарники дендросада Архангельского государственного технического университета / П. М. Малаховец, В. А. Тисова. – Архангельск : АГТУ, 1999. – 50 с.

3. Farjon, A. A. Handbook of the World's Conifers / A. A. Farjon. – Revised and Updated Edition. – BRILL. Leiden, Boston, 2010. – 111 p.

4. WFO (2023): Всемирная флора онлайн. – URL: http://www.worldfloraonline.org (дата обращения: 21.10.2023). – Текст : электронный.

5. Побединский, А. В. Сосна / А. В. Побединский. – Москва : Лесная промышленность, 1979. – 125 с.

6. История озеленения города Архангельска / В. В. Петрик, П. М. Малаховец, Н. Е. Попова, Н. Н. Васильева // Вестник Иркутской сельскохозяйственной академии. Иркутск. – 2011. – № 44–7. – С. 96–101.

7. Булыгин, Н. Е. Фенологические наблюдения над древесными растениями / Н. Е. Булыгин. – Ленинрград : ЛТА, 1979. – 96 с.

8. Малаховец, П. М. Фенологические наблюдения за сезонным развитием деревьев и кустарников : учебно-методическое пособие / П. М. Малаховец, В. А. Тисова. – Архангельск : Издательство АГТУ, 1999. – 48 с.

9. ГОСТ 13056.6-97. Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести. – Москва : Издательство стандартов, 1998. – 31 с.

10. Навасайтис, М. Биология цветения и семеношения наиболее важных хвойных пород, интродуцированных в Литовскую ССР : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / М. Навасайтис. – Вильнюс, 1965. – 28 с.

ДИНАМИКА РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА ОСИНЫ В УСЛОВИЯХ РУССКОЙ РАВНИНЫ

Н.С. Воробьева
Россия, Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана
г. Мытищи

Аннотация. Цель исследований – анализ специфики влияния природных факторов на формирование годичного радиального прироста вторичной ксилемы у тополя дрожащего (*Populus tremula* L.) в условиях Русской равнины. Проанализировано влияние климатических и астрофизических факторов на формирование прироста, исследованы закономерности цикличности формирования прироста, особенности формирования прироста у разных видов и у разных внутривидовых форм осины. Создание банка древесно-кольцевых хронологий позволяет установить закономерности роста осины в разных частях ареала и использовать эти данные для индикации антропогенных воздействий, а также прогноза реакции осиновых лесов на последствия глобальных изменений климата. Важным аспектом работы является углубление знаний о внутривидовом полиморфизме осины по устойчивости к ядровой гнили, вызываемой осиновым трутовиком.
Ключевые слова: осина, радиальный прирост, дендрохронология, дендроклиматология, дендроэкология.

Annotation. The goal of the investigation is to analyze the specifics of the influence of natural factors on the formation of annual radial growth of secondary xylem in the trembling poplar (*Populus tremula* L.) in the conditions of the Russian Plain. The influence of climatic and astrophysical factors on the formation of annual rings is analyzed, the patterns of cyclical growth formation, the features of annual rings formation in different species and in different intraspecific forms of aspen are investigated. The creation of a bank of tree-ring chronologies makes it possible to establish patterns of aspen growth in different parts of the range and use these data to indicate anthropogenic impacts, as well as predict the response of aspen forests to the effects of global climate change. An important aspect of the work is to deepen knowledge about the intraspecific polymorphism of aspen in resistance to stem rot caused by aspen tinder.
Keywords: aspen, radial growth, dendrochronology, dendroclimatology, dendroecology.

Изменчивость годичных колец хвойных и кольцесосудистых древесных пород на территории Русской равнины в настоящее время уже достаточно изучена. При этом изменчивость радиального прироста у рассеяннососудистых древесных пород Русской равнины и факторы ее определяющие остается мало изученной. Наши исследования были посвящены анализу специфики влияния природных факторов на формирование годичного радиального прироста вторичной ксилемы у тополя дрожащего (*Populus tremula* L.) в условиях Русской равнины. Их результаты опубликованы в серии статей [1–4 и др.]. Основные использованные в исследовании хронологии отражены в таблице.

Таблица

Характеристика используемых хронологий осины

Объект	Область	Число кернов, шт.	Год формирования первого годичного кольца в наиболее длинной хронологии/средняя длина хронологии, годы
Главный Ботанический сад	Московская	30	1996/19

Окончание табл.

Объект	Область	Число кернов, шт.	Год формирования первого годичного кольца в наиболее длинной хронологии/средняя длина хронологии, годы
Центрально-Лесной заповедник	Тверская	21	1909/76
Молокчинский ботанико-энтомологический заказник (древостой с гнилью)	Московская	20	1944/65
Молокчинский ботанико-энтомологический заказник (безгнилевой древостой)	Московская	16	1960/53
Валентиновский питомник МФ МГТУ	Московская	20	1973/33
Измайловский парк, г. Москва	Московская	12	1935/26
Терлецкий парк, г. Москва	Московская	12	1972/37
Памятник природы «Холм Износки»	Калужская	15	1944/54
Мордовский заповедник	Республика Мордовия	28	1934/77

В ходе исследований были получены следующие основные выводы:

1. Динамика радиального прироста в хронологиях осины специфичным образом отражает региональные особенности роста, что возможно выявить путем кластерного анализа хронологий на основе расчета квадрата евклидова расстояния и объединения в группы по правилу сложного сцепления. Региональная специфичность динамики прироста дает основания для идентификации места происхождения древесины на базе процедуры, в основе которой лежит корреляционный анализ индексированных хронологий.

2. На основе числовых методов (кластерный анализ, корреляционный анализ, анализ Фурье) была установлена уникальность наследственных экологических свойств осины среди основных лесообразующих пород. В исследованном древостое эта уникальность связана с положительной реакцией на повышенное количество осадков в августе в год, предшествовавший году формирования годичного кольца, и может быть реалистично экофизиологически интерпретирована. С учетом результатов гармонического анализа эта специфичность обусловлена наличием в изменчивости прироста осины циклической компоненты с периодом 10,4 года полностью совпадающей с циклической компонентой временного ряда чисел Вольфа на исследуемом временном интервале.

3. Подводя итог результатам дендроклиматического анализа в региональном аспекте, можно сделать вывод о том, что хронологии осины действительно демонстрируют выраженную региональную специфику по содержащемуся в них климатическому сигналу. Юго-восточная хронология в сравнении с остальными содержит выраженный засухозависимый

сигнал, связанный с метеоусловиями летних месяцев прошлого года. Это дает основания для прогноза ухудшения состояния осиновых лесов по мере глобального роста температур летних месяцев. Важно, что в оптимальных для осины условиях произрастания Центрально-Лесного заповедника дендроклиматический анализ дает наименьшее число достоверных биологически значимых значений коэффициентов корреляции. Это наблюдение может иметь индикационное значение как критерий «благоприятности» условий роста определенного древостоя.

4. Совокупность полученных данных дает основание прогнозировать ухудшение состояния осиновых лесов Русской равнины, снижение их продуктивности и устойчивости по мере роста средних многолетних температур воздуха в связи с наблюдаемыми трендами глобального потепления климата.

5. Для двух объектов и средней по всем объектам хронологии наблюдается достоверная корреляция с динамикой солнечной активности. Во всех случаях связь отрицательная и слабая по тесноте. Для ряда объектов достоверной корреляции между динамикой индексов прироста и динамикой солнечной активности не наблюдается. Максимальная корреляция среди разных объектов наблюдается для хронологии осины из Мордовского заповедника. Имеет смысл выполнить более детальные исследования влияния солнечной активности на прирост осины на данном объекте.

6. Между деревьями осины с разным уровнем развития гнили имеются отличия по относительному содержанию полисахаридов и продуктов вторичного метаболизма: у древесины с обильной ядровой гнилью; а также у здоровой древесины у деревьев с трутовиками в верхней части ствола повышается относительное содержание соединений синергильного и гваяцильного типа лигнина. Синергильная и гваяцильная группы лигнина могут рассматриваться как специфичный «маркер» биохимических свойств древесины у экземпляров осины устойчивых к осиновому трутовику, что представляется перспективным для диагностики устойчивости клонов в селекционных целях.

7. Подверждено, что зеленокорая форма демонстрирует тенденцию к формированию более широких годичных колец. При этом серокорая форма более засухоустойчива, но менее жаростойка, чем зеленокорая. На зимостойкость обеих форм в условиях Москвы негативно влияют повышенные температуры ноября. С повышением среднегодовой температуры можно прогнозировать общее ухудшение состояния осиновых лесов Московского региона.

Литература

1. Воробьева, Н. С. Специфика проявления климатического сигнала в хронологиях осины для древостоев из разных частей Русской равнины / Н. С. Воробьева, Д. Е. Румянцев // Лесохозяйственная информация. – 2023. – № 1. – С. 5–16.

2. Воробьева, Н. С. Особенности роста осины в условиях ООПТ «Моренный холм Шатрищи» по данным дендрохронологического анализа / Н. С. Воробьева, Д. Е. Румянцев. – DOI: 10.32516/2303-9922.2023.47.1 // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. – 2023. – № 3 (47). – С. 6–19. – URL: http://vestospu.ru/archive/2023/articles/1_47_2023.pdf (дата обращения: 30.11.2023). – Текст : электронный.

3. Румянцев, Д. Е. Географические особенности динамики радиального прироста тополя дрожащего в отдельных регионах Русской равнины / Д. Е. Румянцев, Н. С. Воробьева // Принципы экологии. – 2022. – № 3 (45). – С. 50–60.

5. Dendroclimatic studies of aspen growth in Moscow / V. Lipatkin, D. Rumyantsev, N. Vorobyeva, A. Sirotova // Materials of VI International Conference on Actual Problems of the Energy Complex and Environmental Protection (APEC-VI-2023). – Uzbekistan, Tajikistan, Russia, June 14-16, 2023. E3S Web of Conferences. – Vol. 411, 02046 (2023). – P. 1–8.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ДЛЯ МОНИТОРИНГА САНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВ

Д.Ю. Гостева, А.В. Лебедев
Россия, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева г. Москва

Аннотация. Рассмотрено использование спутниковых снимков для выявления изменений санитарного состояния лесных насаждение. Проанализированы их преимущества. Установлено, что в настоящее время космические снимки получили широкое применение в области защиты лесов от вредителей и болезней. Выявлено, что спутниковые изображения среднего и низкого разрешения используются для оценки площади поврежденных лесов на больших территориях, в то время как на локальном уровне применяются изображения высокого разрешения.
Ключевые слова: космический снимок, насекомые-вредители, болезни леса, лесные насаждения, санитарное состояние.

Annotation. The use of satellite images to identify changes in the sanitary condition of forest plantations is considered. Their advantages are analyzed. It has been established that satellite images are currently widely used in the field of protecting forests from pests and diseases. It was found that medium- and low-resolution satellite images are used to estimate the area of damaged forests over large areas, while high-resolution images are used at the local level.
Keywords: space image, insect pests, forest disease, forest range, sanitary condition.

Общая площадь земель лесного фонда Российской Федерации, по данным Государственного реестра на 01.01.2023 г., составляет 1 128 421,6 тыс. га. Ежегодно лесные насаждения подвергаются негативному влиянию различных абиотических и биотических факторов. Прежде всего к ним относятся лесные пожары и неблагоприятные погодные явления, а также повреждения насекомыми-вредителями и болезни леса. По данным Федеральной службы государственной статистики, за 2022 год в лесах Российской Федерации погибло 188 236,8 га лесных насаждений. Из них в результате повреждения вредными насекомыми и болезнями леса пострадало 17 878 га (9,5 %).

Использование дистанционных методов для изучения и обследования лесов начало реализовываться в 20-е годы прошлого века. К несомненным преимуществам спутниковой съемки можно отнести высокое разрешение снимков, широкий охват, оперативность и точность. Космические снимки имеют высокое разрешение и широкий охват, что позволяет детально изучать и получать информацию об обширных лесных массивах за короткий промежуток времени. Оперативность обусловлена способностью космических спутников получать изображения в реальном времени, что позволяет быстро реагировать на возникающие проблемы. Снимки могут быть использованы для определения точных координат поврежденных участков [1]. В настоящее время космические снимки получили широкое применение в области защиты лесов от вредителей и болезней, охраны лесов от пожаров, контроля за использованием и воспроизводством лесов [2–4].

Для оперативного выявления изменений санитарного состояния лесов и определения площади поврежденных и погибших лесных насаждений в лесном хозяйстве успешно используют материалы дешифрирования космических снимков и аэрофотосъемки. Данные, полученные в результате космического мониторинга, позволяют составить карты с нанесением границ лесных насаждений, имеющих изменение в санитарном состоянии.

Спутниковые изображения среднего и низкого разрешения используются для оценки площади поврежденных лесов на больших территориях. Благодаря периодичности этих снимков, можно создавать изображения с перекрывающейся областью двух разных по времени снимков, которые включают в себя спектральные каналы обоих снимков. Это позволяет быстро выявить крупные очаги размножения вредителей и следить за их развитием [5]. Для мониторинга санитарного состояния лесных насаждений на локальном уровне применяются изображения высокого разрешения Landsat, создающие временной ряд снимков ввиду наиболее продолжительного периода работы группы спутников. С высокой степенью надежности по данным космической съемки можно обнаружить масштабные и серьезные повреждения крон деревьев, свидетельствующих о гибели древостоя [6].

Обнаружение и анализ участков, поврежденных насекомыми-вредителями, осуществляются с использованием методов преобразования мультиспектральных данных и расчета индексов – нормализованный вегетационный NDVI, нормализованный разностный индекс влажности NDMI, отношение красного и зеленого диапазонов RGI, гарей NBR, нарушений DI, стресса влажности (MSI, EWDI), листовой поверхности LAI. Также для оценки повреждений лесных насаждений применяются алгоритмы машинного обучения, такие как метод максимального правдоподобия, случайный лес (Random Forest), метод опорных векторов или регрессионные модели [7-10].

Таким образом, мониторинг с применением данных космической съемки позволяет отследить изменения санитарного состояния лесных насаждений, оперативно выявить развитие очагов насекомых-вредителей и болезней леса.

Литература

1. Малышева, Н. В. Основы автоматизированного дешифрирования аэрокосмических снимков лесов с использованием ГИС / Н. В. Малышева. – Москва : МЭСХ, 2018. – 136 с.

2. Влияния древоразрушающих грибов на древостои в ельниках заповедника «Кологривский лес» / С. Н. Волков, А. В. Гемонов, А. В. Лебедев [и др.] // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2021. – № 4 (50). – С. 35–43.

3. Особенности грибов, паразитирующих в еловых древостоях заповедника «Кологривский лес» / А. В. Лебедев, А. В. Гемонов, В. В. Гостев, Д. Ю. Сайкова // Мониторинг состояния природных комплексов и многолетние исследования на особо охраняемых природных территориях. – 2022. – № 6. – С. 73–76.

4. Xylotrophs in spruce stands of the Kologrivsky Forest Nature Reserve, Russia / A. Lebedev, A. Gemonov, D. Saykova [et al.]. – DOI: 10.1051/e3sconf/202341102068 // E3S Web of Conferences. – 2023.

5. Оценка состояния растительности в очаге массового размноже-ния сибирского шелкопряда по спутниковым данным / С. В. Князева, Н. В. Королева, С. П. Эйдлина, Е. Н. Сочилова // Лесоведение. – 2019. – № 5. – С. 385–398.

6. Ершов, Д. В. Применение данных спутниковой съемки при мониторинге массового размножения сибирского шелкопряда / Д. В. Ершов, Н. В. Девятова // Известия высших учебных заведений. Геодезия и Аэрофотосъемка. – 2008. – № 2. – С. 161–167.

7. Харук, В. И. Съемка «Landsat» в анализе шелкопрядников Южной Сибири / В. И. Харук, К. Дж. Рэнсон, В. В. Кузьмичев [и др.] // Исследование Земли из космоса. – 2002. – № 4. – С. 79–90.

8. Monitoring the spatio-temporal dynamics of geometrid moth outbreaks in birch forest using MODIS-NDVI data / J. U. Jepsen, S. B.Hagen, K. A. Hogda [et al.] // Remote Sensing of Environment. – 2009. – Vol. 113, № 9. – P. 1939–1947.

9. Черепанов, А. С. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы / А. С. Черепанов, Е. Г. Дружинина // Геоматика. – 2009. – № 3. – С. 28–32.

10. Иванова, Н. В. Оценка последствий катастрофического ветровала в старовозрастных южнотаежных лесах по данным аэрофотосъемки и Sentinel-2 / Н. В. Иванова, М. П. Шашков, А. В. Лебедев, В. Н. Шанин, А. М. Портнов // Научные основы устойчивого управления лесами : материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 30-летию ЦЭПЛ РАН (Москва, 25–29 апреля 2022 г.). – Москва : Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН. – 2022. – С. 157–159.

ВЛИЯНИЕ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПОДЛЕСОК В ЛЕСАХ ЧЕРЕПОВЕЦКОГО РАЙОНА ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

В.К. Демичев, Е.Н. Пилипко
Россия, Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина
г. Вологда, с. Молочное

Аннотация. В статье рассмотрено влияние лесозаготовительной деятельности на разнообразие подлеска в условиях Череповецкого района Вологодской области. В результате интенсивного влияния антропогенных факторов появляется необходимость в оценке состояния лесных экосистем. Кустарниковый подлесок является важным структурным элементом экосистемы Вологодской области. Оценка динамики структуры подлесочных пород поможет выявить степень интенсивности и последствия лесозаготовок на таежный биогеоценоз.
Ключевые слова: подлесок, таежный биогеоценоз, возобновление, оценка, влияние, динамика, лесозаготовительная деятельность.

Annotation. The article examines the impact of logging activities on the diversity of undergrowth in the Cherepovets district of the Vologda region. As a result of the intense influence of anthropogenic factors, there is a need to assess the state of forest ecosystems. Shrubby undergrowth is an important structural element of the Vologda Oblast ecosystem. An assessment of the dynamics of the structure of undergrowth will help to identify the degree of intensity and consequences of logging on the taiga biogeocenosis.
Keywords: undergrowth, taiga biogeocenosis, renewal, assessment, impact, dynamics, logging activity.

Сохранение природного биологического разнообразия при антропогенном воздействии на лесную среду, и прежде всего – при промышленных заготовках древесины, является одной из приоритетных задач современного лесного хозяйства. В сложившихся условиях крайне важно сохранить разнообразие биологических компонентов экосистемы и постоянно способствовать развитию ее устойчивости. По всему миру в странах с интенсивным развитием лесного комплекса сохранение биологического разнообразия является приоритетной задачей при лесозаготовительной деятельности. Так и в нашей стране сохранение биологического разнообразия лесных экосистем является одной из основных задач законодательства (ст. 2 Лесного кодекса РФ 1997 года) [1].

Целью данной статьи является оценка влияния лесопромышленной деятельности на естественное возобновление подлеска под пологом леса на участках, пройденных сплошными рубками. Кустарники, реже деревья, произрастающие под пологом леса, а также не способные образовать древостой или войти в состав древостоя в конкретных лесорастительных условиях, называют подлеском [2].

Активному разрастанию подлеска в первую очередь способствуют реки. Опасности для появления и развития подроста ели не представляет подлесок средней густоты и редкий, тогда как густой подлесок затрудняет появление подроста ели, снижая его количество [3].

Сравнительный анализ динамики структурных изменений подлеска дает возможность проследить, как происходят изменения процессов на вырубках и под пологом леса. Объектами исследования являлись участки леса, пройденные сплошными рубками в 2015–2016, 2018–2019 и 2020–2021 гг., расположенные в Череповецком районе Вологодской области [4]. Характеристика подлеска на вырубках и контрольных участках показана в таблице.

Таблица

Характеристика подлеска на вырубах и контрольных участках

№ ПП	Название вида	Количество подлесочных пород, шт.	
		ПП	га
1. Е. кис. (опыт), СПЛ 2015–2016	Малина	5	20
	Рябина	8	32
	Черемуха	6	24
	Крушина	1	4
2. Е. кис. (контроль)	Рябина	4	16
	Малина	2	8
	Смородина	13	52
	Черемуха	15	60
3. Е. кис. (опыт), СПЛ 2020–2021	Крушина	45	180
	Черемуха	12	48
	Смородина	32	128
4. Е. пкт. (контроль)	Черемуха	32	128
	Крушина	3	12
	Смородина	21	84
5. Е. кис. (опыт) СПЛ 2018–2019	Крушина	41	114
	Черемуха	13	54
	Смородина	28	86
6. Е. пкт (контроль)	Черемуха	34	87
	Крушина	7	13
	Смородина	19	71

На участке после сплошной рубки 2015–2016 гг. в составе подлеска преобладают рябина и черемуха. Формируется рябиновый тип вырубки. Участие малины увеличилось в 2,5 раза (на 12 штук), рябины – 2 раза (на 16 штук), черемухи – снизилось в 2,4 раза (на 36 штук) по сравнению с контрольным участком. Общая густота подлеска после рубки увеличилась в 2 раза (на 56 штук).

В основном на вырубках предшествует фаза травяно-кустарничковых ассоциаций, которые поселяются на лесосеке в первые десять лет после вырубки спелого леса. Зарастание рубок травами и подлесочными породами происходит в зависимости от типологической характеристики насаждений, пройденных рубками, а также сезона года, когда проводилась рубка [3]. Под влиянием активно разрастающегося живого напочвенного покрова подлесок на участке сплошных рубок не имеет существенного развития.

Для ельника кисличного характерным отличием является участие смородины – 38 % от общего числа видов. Преобладающим же видом является черемуха – 44 %. Доля малины и рябины не имеет существенной густоты как на вырубке. На участке после рубок 2020–2021 и 2018–2019 гг. в составе подлеска преобладают крушина, смородина. Формируется крупнотравный тип вырубки. Участие крушины увеличилось в 15 раза (на 168 штук), смородины – 1,5 раза (на 44 штуки), черемухи – снизилось в 2,6 раза (на 80 штук) по сравнению с кон-

трольным участком. Видовой состав не изменился. Общая густота подлеска увеличилась в 2 раза (на 132 штуки) [5].

В пределах данных типов леса (Е. кис. и Е. пкт.) в нижних ярусах доминируют несколько видов подлеска: рябина, малина, смородина, черемуха, крушина. Рубка влияет на активное разрастание светолюбивых видов. На участке сплошных рубок подлесок не имеет существенного развития в связи с активным разрастанием живого напочвенного покрова (доля мхов увеличилась на 35 %). По густоте подлесочных пород на сплошной вырубке имеет видовое разнообразие (крушина), что связанной с давностью рубки, типом леса и другими факторами [6]. Таким образом, одним из существенных последствий антропогенного влияния в виде лесозаготовок на биологическое разнообразие таежных экосистем является снижение количества и ухудшение качества подлесочных пород.

Литература

1. Лесной кодекс Российской Федерации // КонсультантПлюс : сайт. – URL: https:// www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/ (дата обращения: 10.11.2023). – Текст : электронный.

2. Казаченко, М. А. Показатели роста и развития древесно-кустарниковой растительности в ярусе подроста и подлеска в лесах природного парка «Кумысная Поляна» Саратовской области / М. А. Казаченко, Н. С. Кицаева, А. А. Кошелев. – Саратов : Саратовский ГАУ им. Н.В. Вавилова, 2015. – № 10–1. – С. 18–21.

3. Подлесок в лесу : сайт. – URL: https://libtime.ru/priroda/podlesok-v-lesu.html (дата обращения: 10.11.2023). – Текст : электронный.

4. Обыденников, В. И. Смена растительного покрова в ельниках после сплошных рубок агрегатной техникой / В. И. Обыденников, А. В. Тибуков // Лесоведение. – 1996. – № 2. – С. 3–12.

5. Овчаренко, А. А. Роль подлеска в устойчивости лесных экосистем Прихопёрья / А. А. Овчаренко. – Текст : электронный. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/rol-podleska-v-ustoychivosti-lesnyh-ekosistem-prihopyorya/viewer (дата обращения: 10.11.2023).

6. Подлесок и подгон : сайт. – URL: http://www.woodtechnology.ru/drevesinovedenie/lesovedenie/podlesok-i-podgon.html (дата обращения: 10.11.2023). – Текст : электронный.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВА КОМПЛЕКСНЫХ РУБОК

Ф.Н. Дружинин, Д.М. Корякина
Россия, Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина
г. Вологда, с. Молочное

Аннотация. Осуществлена экономическая оценка и анализ рентабельности производства комплексных рубок. В работе выполнена товарная оценка фактически заготовленной древесины. Себестоимость заготовки и вывозки древесины, дорожного строительства составили в общем итоге 919,3 тыс. руб. В среднем себестоимость производства лесосечных работ с вывозкой древесины с 1 м^3 составила 1265,4 рубля. Основной ликвидный запас формируется за счет разрубки технологических коридоров и равномерного изреживания в пасеках из наиболее крупных ступеней толщины за счет в первую очередь лиственных пород. В результате производства комплексных рубок увеличилось долевое участие сосны, средние таксационные показатели по диаметру и высоте повысились. Повторные лесоучетные работы планируется провести по истечению пяти лет после рубки, в 2027 году.

Ключевые слова: лесной фонд, комплексные рубки, себестоимость работ, товарно-сортиментная структура заготавливаемой древесины.

Annotation. The economic evaluation and analysis of profitability of production of complex fells was carried out. In the work the commodity evaluation of actually harvested timber was fulfilled. The cost of harvesting and logging of timber, road construction amounted to a total of 919.3 thousand rubles. On average, the cost of harvesting operations with logging of timber from 1 m^3 amounted to 1265.4 rubles. The main liquid stock is formed due to the cutting of technological corridors and uniform thinning in the apiaries of the largest thickness stages at the expense, first of all, of hardwood species. As a result of production of complex fells, the share of pine increased, and the average taxation indices for diameter and height increased. Repeated forest inventory work is scheduled to be carried out after five years after harvesting, in 2027.
Keywords: forest fund, complex fells, cost of work, commodity and assortment structure of harvested timber.

В лесохозяйственной литературе и практике термин «комплексная рубка» появился в конце 50-х годов, введенный и обоснованный И.С. Мелеховым (1962). Впоследствии многими учеными (Н.И. Вялых, Г.А. Чибисов, Л.А. Кайрюкштис, Н.А. Луганский, В.И. Вохминцев и мн. др.) выполнялось научно-практическое обоснование их применения в различных лесных формациях.

Ранее и во вновь действующих документах (Правила заготовки.., 2011; Правила рубок главного пользования.., Правила ухода за лесами) не предусмотрен такой вид рубок, как комплексные. Связано это с отсутствием достаточного их научного обоснования и нормативного обеспечения. В соответствии с ОСТ 56-108-98 под комплексными рубками понимается: «Рубка в разновозрастных и сложных древостоях, сочетающая выполнение элементов по заготовке спелой, перестойной древесины и рубок ухода, выполняемых одновременно на одном и том же участке леса».

Апробация комплексных рубок на опытно-производственных объектах подтвердила их высокую лесоводственную и экономическую эффективность. Улучшается количественная и качественная структура насаждений за счет формирования и регулирования породного состава, возрастного строения древостоев, а в целом повышается их производительность. Исходя из анализа структуры лесного фонда Вологодской области, потребность в производстве комплексных рубок по запасу древесины в эксплуатационных лесах достигает более 65 % от общих объемов [1, 2]. Опытно-производственным объектом для экономической оценки производства комплексных рубок являлся лесной участок в Люботинском участковом лесничестве Бабаевского лесничества. Эксплуатационная площадь – 15,2 га (табл. 1).

Таксационные показатели, представленные по материалам актуализации, очень сильно разнятся с фактическими показателями древостоя, выявленные при отводе (табл. 2). Интенсивность выборки составила более 55 % по числу стволов. При этом основную долю составляли тонкомерные и сухостойные деревья, диаметр которых не превышал 12 см. При этом интенсивность рубки по запасу составила около 35 %.

Таблица 1

Таксационное описание лесосеки

Состав	А, лет	Индекс типа леса	Бонитет	Полнота		Запас, $м^3$/га		Объем заготовленной древесины по древесным породам, $м^3$			
				до рубки	после рубки	до рубки	после рубки	С	Е	Б	неликвидная древесина
9С1Б+Е	60	$С_{бр}$	III	1,35	0,80	442	297	1305	141	323	244

Таблица 2

Характеристика лесного участка до и после выполнения лесосечных работ

Ступень толщины	До рубки				После рубки				Итого заготовлено			
	N, шт/га	%	запас		N, шт/га	%	запас		N, шт/га	%	запас	
			$м^3$/га	%			$м^3$/га	%			$м^3$/га	%
8	917	30,8	32	7,2	74	2,5	1	0,2	843	28,3	31	7,0
12	870	29,2	80	18,1	374	12,6	37	8,4	496	16,7	43	9,7
16	587	19,7	109	24,6	483	16,2	99	22,3	104	3,5	10	2,3
20	448	15,0	143	32,3	291	9,8	99	22,3	157	5,3	44	9,9
24	126	4,3	58	13,1	87	3,0	44	9,9	39	1,3	14	3,2
28	30	1,0	21	4,7	13	0,4	9	2,0	17	0,6	12	2,7
Итог на га	2978	100	443,0	100	1322	44,5	289,0	65,1	1656	55,7	154	34,8

В общей совокупности максимальное количество деревьев всех древесных пород выбрано в следующих ступенях толщины: 8 сантиметровая ступень толщины – более 28 %, 12 сантиметровая ступень толщины – около 17 % и 16 сантиметровая ступень толщины – около 4 %. В остальных ступенях толщины выборка по числу стволов составила менее 8 %.

Излишнее количество стволов на единице площади привело к резкой дифференциации деревьев по диаметрам. При этом первоначальная доля тонкомерных деревьев (8–16 см) по запасу составляла более 50 %.

В результате производства комплексной рубки заготовлено 727 $м^3$ деловых сортиментов. Основная доля представлена балансами 451 $м^3$, в том числе сосновых балансов – 316 $м^3$ и лиственных балансов (березовых) – 135 $м^3$. Пиловочника соснового получено 255 $м^3$, из них длиной 4,1 м – 163 $м^3$, березового фанерного кряжа – 21 $м^3$. Общий объем произведенной товарной продукции составил около 2 млн рублей (табл. 3).

Таблица 3

Экономическая оценка заготовленной древесины

Сортиментная структура	Цена за единицу продукции, руб.	Итого товарной продукции	
		$м^3$	тыс. руб.
Еловый пиловочник	3500	27	94,15
Сосновый пиловочник	3500	228	797,65
Фанерный кряж	4000	21	84,80
Балансы сосновые	2000	316	631,00
Балансы березовые	2000	135	270,00
Итого	-	727	1877,60

Расходы на заготовку составили – 715,3 тыс. руб., в том числе:

- ГСМ – 90,4 тыс. руб.;
- смазочные материалы – 20,0 тыс. руб.;
- амортизация – 255,6 тыс. руб.;
- заработная плата – 349,3 тыс. руб.

Выработка на 1 моточас работы харвестера составила 7 $м^3$, форвардера – 7,7 $м^3$. Расходы на вывозку заготовленной древесины (при затратах 5,4 руб/$м^3$) составили 125 453 рубля. Общая себестоимость производства комплексных рубок – 840 740 рублей.

В месте производства работ устроена летняя дорога с расходами 1400 тыс. рублей. При этом следует отметить, что объект инфраструктуры создан для освоения лесосечного фонда

при заготовке спелой и перестойной древесины в объеме в 12–15 тыс. м^3. На основании выше изложенного, с учетом дальнейшей эксплуатации лесной дороги для заготовки спелой и перестойной древесины дополнительные расходы составили 108 руб/м^3. В целом общие расходы на создание объекта лесной инфраструктуры круглогодичного действия – 78,5 тыс. руб.

Таким образом, себестоимость заготовки и вывозки древесины, дорожного строительства составили в общем итоге 919,3 тыс. руб. Средняя себестоимость 1 м^3 – 1265,4 рубля. Доходная часть составила 958,3 тыс. руб.

Объем заготовленной ликвидной древесины (по материалам отвода), который планировалось получить, – 2013 м^3, в том числе 1769 м^3 товарных сортиментов и 244 м^3 – дровяной древесины. Важно отметить, что правильный (рациональный) подход к раскряжевке хлыстов по длинам всех заготавливаемых видов товарной продукции позволил бы повысить выход ценных сортиментов, как минимум на 15 %, что составляет более 300 м^3 недополученных сортиментов (на участке рубки).

Достаточно большой процент выхода дровяных сортиментов (до 30 %), полученных от мелких (нетоварных) и сухостойных деревьев. Их использование, из-за низкой товарной ценности, было нецелесообразно. В связи с этим эти отходы производства использованы для укрепления технологических коридоров или оставлены на месте рубки при раскряжевке на 3-метровые отрезки в пасеках.

Высокая доля тонкомерных, нетоварных стволов (до 40 % от общего числа стволов) обусловлена отсутствием уходов в предшествующие периоды, что несомненно снизило ценность формируемых насаждений. Оптимальная густота к моменту производства выборочных форм рубок не должна превышать 1000 шт/га, фактически же на момент производства насчитывалось около 3000 шт/га.

По результатам аналитического анализа можно сделать следующие выводы:

1. При производстве комплексных рубок тонкомерные стволы диаметрами до 12 см должны учитываться как неликвидная древесина, не подлежащая декларированию. При удалении таких деревьев их следует оставлять в пасеках с лесной средой в измельченном виде (до 3 м) для последующего перегнивания или использовать для укрепления технологических коридоров.

2. Основной ликвидный запас формируется за счет разрубки технологических коридоров и равномерного изреживания в пасеках из наиболее крупных ступеней толщины за счет лиственных древесных пород.

3. Количество поврежденных деревьев не превысило 2 % от количества сохраненных растений.

4. Долевое участие сосны, средние таксационные показатели по диаметру и высоте повысились, что позволяет дать заключение о соблюдении лесоводственных требований при производстве комплексных рубок.

5. В среднем, себестоимость на 1 м^3 древесины составила 1265,4 рубля, а доходная часть – 958,3 тыс. руб.

Литература

1. Мелехов, И. С. Рубки главного пользования / И. С. Мелехов. – Москва : Лесная промышленность, 1962. – 330 с.

2. Дружинин, Ф. Н. К применению комплексных рубок / Ф. Н. Дружинин // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2014. – № 3 (339). – С. 17–23.

3. Результаты апробации комплексных рубок в лесном фонде Вологодской области / Ф. Н. Дружинин, Н. А. Дружинин, Д. М. Корякина, С. В. Цыпилев // Практические аспекты ведения хозяйства и использования лесов (Вологда, Молочное, 06 декабря 2022 г.). – Вологда ; Молочное : Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина, 2023. – С. 116–121.

4. Оценка структуры лесного фонда для производства комплексных рубок / Д. М. Корякина, Ф. Н. Дружинин, Н. А. Дружинин, С. В. Цыпилев // Экологическая безопасность в условиях антропогенной трансформации природной среды : материалы Всероссийской научной конференции молодых ученых, посвященной памяти Н. Ф. Реймерса и Ф. Р. Штильмарка (Пермь, 20–21 апреля 2023 г.) / под редакцией С.А. Бузмакова. – Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2023. – С. 645–648.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ В ЦЕНОПОПУЛЯЦИЯХ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ПО ПРИЗНАКУ СИНХРОННОСТИ ДРЕВЕСНО-КОЛЬЦЕВЫХ ХРОНОЛОГИЙ

А.А. Епишков
Россия, Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана г. Мытищи

Аннотация. Цель выполненных исследований заключалась в исследовании закономерностей фенотипической изменчивости по показателям синхронности радиального прироста в ценопопуляциях сосны обыкновенной и разработка новых методических элементов, совершенствующих метод датировки древесно-кольцевых хронологий, адаптирующих данный метод для эффективного использования в лесоводственных исследованиях. Впервые на обширном статистическом материале проведена оценка частоты встречаемости значений коэффициентов синхронности между тестовой и эталонной хронологиями в ценопопуляциях сосны обыкновенной из разных частей ареала. Разработаны количественные критерии оценки верности перекрестной датировки двух хронологий, в одной из которых известен год формирования ближайшего к коре годичного кольца, а в другой этот год точно не установлен. Дана оценка вероятности ошибки при принятии решений о правильности и неправильности взаимной датировки двух хронологий. Исследованы экологические закономерности варьирования древесно-кольцевых хронологий в ценопопуляциях сосны обыкновенной по показателю синхронности. Полученные результаты могут быть использованы при оценке правильности выполненных измерений при проведении всех видов дендрохронологических исследований. Разработанные принципы принятия решений могут быть использоваться в практике судебно-ботанических экспертиз с применением методов дендрохронологии для решения следующих задач: установление даты рубки дерева; установление даты усыхания дерева; установление факта сухостойности на момент рубки; установление даты сооружений древесных построек; установление происхождения срубленной древесины. Исследование групповой изменчивости временных рядов радиального прироста по показателю синхронности представляет практический интерес для развития методик судебно-ботанической экспертизы, совершенствования их до такой степени, чтобы они стали доступны широкому кругу специалистов лесного хозяйства.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, радиальный прирост, коэффициент синхронности, дендрохронология, судебно-ботаническая экспертиза, перекрестная датировка.

Annotation. The goal of the investigation was to study the patterns of phenotypic variability in terms of synchronicity of radial growth in the cenopopulations of Scots pine and to develop new methodological elements that improve the method of dating tree-ring chronologies, adapting this method for effective use in forestry research. For the first time, an assessment of the frequency of occurrence of the values of the synchronicity coefficients between the test and reference chronologies in the cenopopulations of Scots pine from different parts of the area was carried out on extensive statistical material. Quantitative criteria for assessing the accuracy of cross-dating of two chro-

nologies have been developed, in one of which the year of formation of the annual ring closest to the crust is known, and in the other this year is not precisely established. An assessment of the probability of error in making decisions about the correctness and incorrectness of the mutual dating of two chronologies is given. The ecological regularities of the variation of tree-ring chronologies in the cenopopulations of Scots pine in terms of synchronicity are investigated. The results obtained can be used to assess the correctness of the measurements performed during all types of dendrochronological studies. The developed decision–making principles can be used in the practice of forensic botanical examinations using dendrochronology methods to solve the following tasks: establishing the date of tree felling; establishing the date of tree drying; establishing the fact of dryness at the time of felling; establishment of the date of construction of wooden buildings; establishment of the origin of felled wood. The study of the group variability of time series of radial increment in terms of synchronicity is of practical interest for the development of methods of forensic botanical examination, improving them to such an extent that they become available to a wide range of forestry specialists.
Keywords: scots pine, radial increment, synchronicity coefficient, dendrochronology, forensic botanical examination, cross-dating.

Метод перекрестной датировки получил развитие в трудах немецкого лесовода и ботаника Бруно Хубера [3]. Коэффициент сходства Хубера между двумя дендрохронологическими рядами рассчитывался как отношение числа несходных по реакции прироста временных интервалов к общему числу временных интервалов. Отечественная дендрохронологическая школа, как правило, в исследованиях использовала другой, сходный с ним показатель, предложенный в диссертации Т.Т. Битвинскаса [1] – коэффициент синхронности. Он рассчитывался уже как отношение сходных по реакции прироста временных интервалов к общему числу временных интервалов. Битвинскасом введено понятие «общей сходимости ряда кривых». Для исследования изменчивости кривых радиального прироста по показателю синхронности Битвинскасом был предложен метод экспериментального создания заведомо неправильной датировки хронологий. Им производился сдвиг всех кривых радиального прироста отдельных деревьев в отношении хронологии по средней ширине годичных слоев древостоя на 1 год или несколько лет – то есть создавалась «сознательная» ошибка при сопоставлении годичных слоев по календарным годам. Статистика по данному методу ранее практически не была получена. При этом она необходима в лесоведении и лесоводстве для решения следующих практических задач: контроль за правильностью измерений годичных колец на отдельных образцах древесины; диагностика состояния дерева на момент рубки (сухостойное или сырорастущее); установление времени рубки дерева, установления даты усыхания дерева, а также иных задач связанных с определением даты завершения камбиальной активности в стволе дерева Подобного рода данные значимы в том числе в судебно-ботанических экспертизах с применением методов дендрохронологии. Результаты выполненных исследований были частично опубликованы [2].

Выполненные исследования базируются на статистическом материале, охарактеризованном в таблице.

Таблица

Количество вариантов значений коэффициента синхронности по объектам исследования

Объект исследований	Количество вариантов в анализируемой выборке	
	Правильная датировка	Искусственно смоделированная неправильная датировка
Муромцевское лесничество Владимирской области	595	3027

Окончание табл.

Объект исследований	Количество вариантов в анализируемой выборке	
	Правильная датировка	Искусственно смоделированная неправильная датировка
Краснобаковское лесничество Нижегородской области	537	2685
Бабаевское лесничество Вологодской области	729	3640
Общее количество	1861	9352

Для полученных массивов значений коэффициента синхронности при правильной и при неправильной датировке были рассчитаны значения частоты встречаемости в выборке. Полученные ряды распределения частоты встречаемости коэффициентов синхронности могут быть пересчитаны в ряды накопленных частот (рис.).

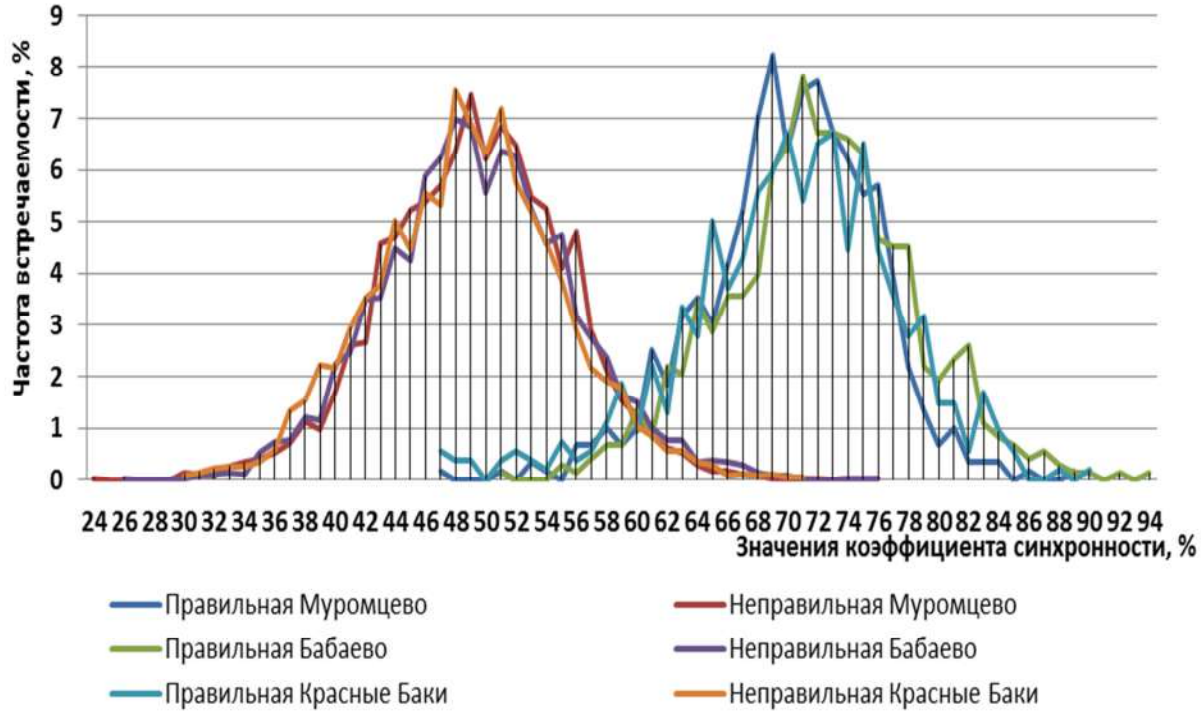


Рис. Графики частот встречаемости коэффициентов синхронности при правильной и искусственно смоделированной неправильной датировке древесно-кольцевых хронологий в популяциях сосны обыкновенной из Владимирской, Нижегородской и Вологодской областей

В ходе выполненных исследований были получены следующие основные выводы:

1. Исследование ценопопуляционных норм варьирования GLK в популяциях сосны обыкновенной из Владимирской, Вологодской, Нижегородской областей показало, что массивы значений коэффициента синхронности для всех трех областей при правильной и неправильной датировке составляют две однородные группы, при этом различия в средних значениях между правильной и неправильной датировкой статистически значимы.

2. Во всех трех исследованных популяциях наблюдается один и тот же закон распределения частот встречаемости значений коэффициента синхронности при неправильной датировке. Это дает возможность построить обобщенный ряд распределения, пригодный для использования на материале популяции сосны обыкновенной на территории Русской равнины.

3. Массивы значений варьирования GLK в популяциях сосны обыкновенной из Владимирской, Вологодской, Нижегородской областей при правильной датировке имеют разные законы распределения, что, видимо, обусловлено разной ценопопуляционной структурой анализируемых популяций.

4. Только при искусственно смоделированной неправильной датировке интервал варьирования значений коэффициента синхронности находятся в пределах 0–47 %. Если принять 5 % порог частоты встречаемости, то диапазон этого интервала составит от 0 % до 60 %.

5. Только при правильной датировке интервал варьирования значений коэффициента синхронности находятся в пределах 76–100 %. Если принять 5 % порог частоты встречаемости, то диапазон этого интервала составит от 60 % до 100 %.

Литература

1. Битвинскас, Т. Т. Динамика прироста сосновых насаждений Литовской СССР и возможности его прогноза / Т. Т. Битвинскас. – Москва : ТСХА, 1966. – 15 с.

2. Статистические закономерности изменчивости временных рядов радиального прироста сосны обыкновенной на территории Русской равнины / Д. Е. Румянцев, А. А. Епишков, В. А. Липаткин, Г. Л. Волкова // Современные проблемы науки и образования: электр. журнал. – 2015. – № 5. – URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=22526 (дата обращения: 28.11.2023). – Текст : электронный.

3. Rump, H. H. Bruno Huber (1899–1969) – Botanicer und Dendrochronologe / H. H. Rump. – Frankfurt : Frankfurt University, 2011. – 231 p.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС ДЛЯ АНАЛИЗА ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ФИТОЦЕНОЗОВ: МЕТОДЫ И ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Н.А. Ерошкин, Е.Д. Бугреев, М.А. Каминский, В.В. Гостев
Россия, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева г. Москва

Аннотация. Изыскания по тематике данной работы сфокусированы на том, что геоинформационные системы (далее – ГИС) могут быть эффективны как инструмент анализа видового разнообразия фитоценозов, структуры сообществ и оценки влияния факторов среды. Наиболее существенным решением по проведению работ является взаимодействие с ГИС-системами, чем обусловлена высокая заинтересованность научного сообщества.
Ключевые слова: геоинформационные системы (ГИС), фитоценоз, биоразнообразие, экология, география, картографирование.

Annotation. Research on this work focuses on the fact that geographic information systems (hereinafter referred to as GIS) can be effective as a tool for analysing the species diversity of phytocenoses, the structure of communities and assessing the influence of environmental factors. The most significant decision on the work is the interaction with GIS-systems, which explains the high interest of the scientific community.
Keywords: geographic information systems (GIS), phytocenosis, biodiversity, ecology, geography, cartography.

Введение. Применение ГИС может существенно улучшить качество и эффективность исследований видового разнообразия и структуры фитоценозов, помочь в выявлении ключе-

вых факторов, определяющих их развитие. Мы рассмотрим то, как ГИС используется в хозяйственной деятельности людей в рамках определения видового разнообразия фитоценоза. Для этого потребуется раскрыть основы анализа при составлении систематизированного свода сведений по тематическому рассмотрению проблемы, в нашем случае – биоценозам; моделирования в виде преобразования сведений при помощи цифровых моделей местности (рельефа), картографирования в виде соответствующих изысканий – оцифровыванию материальных носителей, обработке данных и создания картографических материалов на основе макета.

Основы понятийного аппарата геоинформационных систем. Географическая информационная система (ГИС) – это система, оперирующая пространственными данными. Информацией в среде ГИС является совокупность сведений, определяющих меру знаний об установленном объекте; под знаниями подразумеваются все результаты интерпретаций информации о познанной действительности, получившие свое подтверждение в материи и на практике. Взаимосвязанно сущностным и перекрестным вопросом здесь является понятие данных и их источников. Данные – это совокупность факторов, известных об определенном объекте(-ах) и о результатах измерения этих объекта(-ов), отличающихся высокой степенью глобализации. Источники пространственных данных для ГИС: картографические, статистические, аэрокосмические и проч. материалы [1, 3].

Наибольшее распространение в России из зарубежных ГИС имеют: программный продукт ArcGIS компании ESRI, MapInfo Professional, AutoCAD Map 3D компании Autodesk, QGIS. Серверные ГИС – ArcSDE®, ArcIMS® и ArcGIS Server; мобильные ГИС – ArcPad®, а также ArcGIS. Основное отличие программы, интегрированной в Интернет-сеть «Web-Гис», от картографических сервисов заключается в предоставлении пользователю инструментария по обработке данных и возможностью создания персональных, тематических карт [3].

Фитоценоз и образующего его факторы. Согласно определению В.Н. Сукачева, фитоценозом называется «всякая совокупность высших и низших растений, обитающих на данном однородном участке земной поверхности, с только им свойственными взаимоотношениями как между собой, так и с условиями местообитания и поэтому создающими свою особую фитосреду». Каким образом отличить один фитоценоз от другого в природе? Предполагаются следующие основные критерии, которые должны использоваться в качестве диагностических признаков для определения границ фитоценозов: постоянство структуры растительного покрова в пространстве; общность господствующих по численности растений главных ярусов; сходная сравнительная роль разных экологических групп. При формировании фитоценоза всегда наблюдается влияние комплекса экологических факторов (климата, почвы, биотических и других факторов) на растительность и одновременно влияние растительности на окружающую среду [2, 3, 4].

Долгое развитие водорослей в древности привело к появлению лишайников. Лишайники – «пионеры» биоценозов, как правило, первые организмы, заселяющие субстрат в процессе первичной сукцессии. На скалах и утесах лишайники крепятся к поверхности горной породы, проникают внутрь ее. При этом сильно меняют внешний вид горных пород. После их отмирания поверхность породы густо усеяна ямками. Затем в них появляется зеленый слой водорослей, что способствует выветриванию и почвообразованию.

Разрушение фитоценозов происходит из-за изменения климата, загрязнения окружающей среды, вырубки лесов, сельскохозяйственной деятельности и других видов человеческой деятельности [6]. Вид фитоценоза зависит от почвенного покрова [7], геологических и рельефных особенностей района, от растительного состава флоры. Факторы можно отобразить на проекции ГИС для упрощения работы с данными и последующими из них изменениями на самом районе [8].

Для эффективного анализа видового разнообразия фитоценоза в настоящее время используют ГИС. GNSS дало нам такие замечательные системы навигационных спутников, как

GPS, ГЛОНАСС, «Бэйдоу», DORIS, Galileo. Их напрямую используют для создания космических снимков, которые уже после обрабатывают для получения необходимого результата. Полученные данные: климат (температура, влажность, осадки и т.д.), рельеф (высота над уровнем моря, крутизна склонов, экспозиция и т.д.), почвы, биотические факторы (наличие других видов растений, животных и т.д.), антропогенные факторы [2, 9, 10].

На рисунке 1 изображен пример с использованием WEB-ГИС (Google Earth): был проанализирован ковыль перистый на территории заказника. На нем представлены границы популяции данного растения.

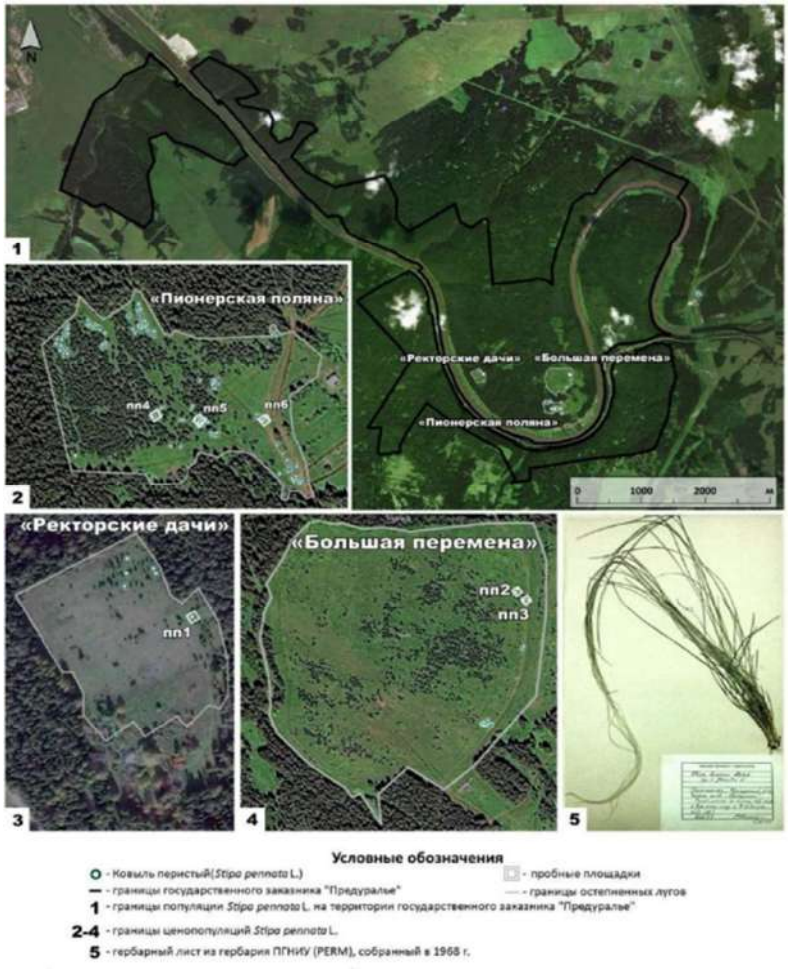


Рис. 1. Карта местоположения популяции Stipa pennata на территории заказника «Предуралье»

На рисунке 2 представлен способ обработки данных через Idrisi. Сначала снимается космический снимок, после его обработки создают автоматическую классификацию. По полученным данным пишется геоботаническое описание на ключевых участках. На камеральном этапе обрабатываются фитоценотические описания, разрабатывается легенда, строится контролируемая автоматическая классификация.

К методам рассмотрения можно отнести такие способы, как WEB-ГИС, ГИС программы (бесплатные и платные). Эти программы пластичны, их можно изменять изнутри и создавать необходимый результат. Веб ресурсы ограничены в базе данных и в использовании [3].

Одним из доказательств гипотезы является то, что ГИС позволяют объединять и анализировать большие объемы данных. Это позволяет получить более точную и подробную информацию о видовом разнообразии фитоценозов и влиянии различных факторов на их структуру. Кроме того, ГИС позволяют создавать карты, которые наглядно отображают рас-

пределение видов и влияние различных факторов. Это делает ГИС эффективными инструментами для анализа видового разнообразия фитоценозов.

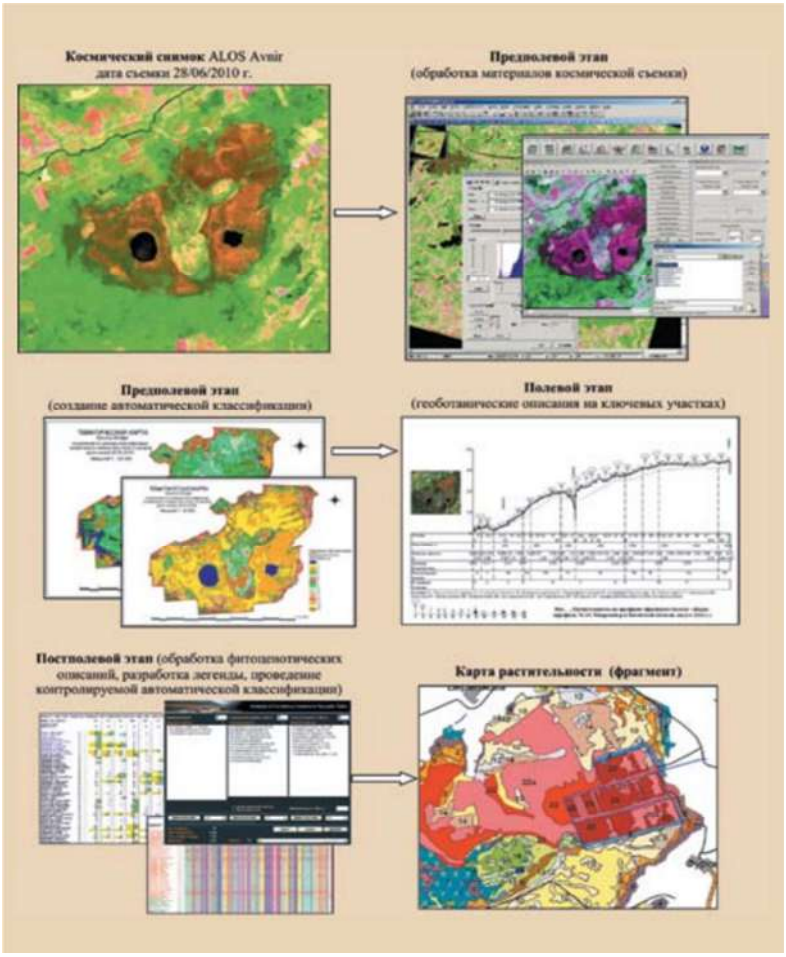


Рис. 2. Схема выполнения работ по созданию карты растительности с использованием данных дистанционного зондирования (на примере нарушенного болотного массива Жада, Миорский район Витебской области)

Литература

1. Берлянт, А. М. Картография : учебник для вузов / А. М. Берлянт. – Москва : Аспект Пресс, 2001. – 336 с.

2. Ипатов, В. С. Фитоценология : учебник / В. С. Ипатов, Л. А. Кирикова. – Санкт-Петербург : Издательство Санкт-Петербургского университета, 1997. – 316 с.

3. Основы геоинформатики: учебное пособие / Е. Г. Капралов, А. В. Кошкарев, В. С. Тикунов [и др.]. – Москва : Академия, 2004. – 480 с.

4. Промежуточные итоги реализации программы по изучению динамики нарушенных растительных сообществ в заповеднике «Кологривский лес» / А. В. Лебедев, С. А. Чистяков, А. В. Гемонов, П. В. Чернявин // Вклад особо охраняемых природных территорий в экологическую устойчивость регионов: Современное состояние и перспективы : материалы Всероссийской (с международным участием) конференции (Кологрив, 20–21 сентября 2018 г.) / ответственный редактор А. В. Лебедев. – Кологрив : Государственный природный заповедник «Кологривский лес», 2018. – С. 35–39.

5. Лебедев, А. В. Адвентивный компонент флоры Лесной опытной дачи Тимирязевской академии / А. В. Лебедев, В. В. Гостев // Тимирязевский биологический журнал. – 2023. – № 1. – С. 8–14. – DOI 10.26897/2949-4710-2023-1-8-14. – EDN AFZCJW.

6. Влияния древоразрушающих грибов на древостои в ельниках заповедника «Кологривский лес» / С. Н. Волков, А. В. Гемонов, А. В. Лебедев [и др.] // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2021. – № 4 (50). – С. 35–43. – DOI: 10.32935/2221-7312-2021-50-4-35-43.

7. Лебедев, А. В. Таксономическая структура флоры сосудистых растений заповедника «Кологривский лес» / А. В. Лебедев, И. Г. Криницын, В. В. Гостев // Природообустройство. – 2022. – № 3. – С. 115–121. – DOI: 10.26897/1997-6011-2022-3-115-121.

8. Фитоценология : учебное пособие / Л. Н. Сунцова, Е. М. Иншаков ; СибГУ им. М. Ф. Решетнева. – Красноярск, 2019. – 118 с.

9. Таксономический анализ флоры сосудистых растений Лесной опытной дачи Тимирязевской академии / Н. Н. Дубенок, А. В. Лебедев, Г. М. Миронова, В. В. Гостев // Природообустройство. – 2023. – № 1. – С. 108–114. – DOI: 10.26897/1997-6011-2023-1-108-114.

10. Dubenok, N. N. Ecological functions of forest stands in urbanized environment of Moscow / N. N. Dubenok, V. V. Kuzmichev, A. V. Lebedev // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. – 2019. – Vol. 14, № 2. – P. 154–161. – DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-154-161.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ЛЕСОВОДСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ДЕПОНИРОВАНИЕ И КОНСЕРВАЦИЮ УГЛЕРОДА ЛЕСОМ

В.И. Желдак
Россия, Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства»
г. Пушкино

Аннотация. Рассмотрен методологический подход и принципиальная схема решения задач лесоводственного обеспечения изучения, проведения эксперимента и оценки влияния лесоводственных мероприятий на прирост, продуктивность насаждений и соответственно депонирование, консервацию углерода лесом.
Ключевые слова: лесоводственные мероприятия; депонирование, консервация углерода; прирост насаждений.

Annotation. The methodological approach and the principle scheme for solving the problems of silvicultural support for studying, conducting experiments and assessing the impact of silvicultural measures on the growth, productivity of plantings and, accordingly, the deposition and conservation of carbon by the forest are considered.
Keywords: forestry activities; carbon deposition, carbon conservation; planting growth.

В связи с изменением климата и его прогнозируемыми последствиями обостряются проблемы адаптации лесов, лесного комплекса и в целом социума к новым условиям. На международном и государственном уровнях решаются задачи активного влияния не только на сокращение выбросов парниковых газов, в т.ч. углерода, в атмосферу, но и повышения уровня его депонирования и консервации лесными экосистемами, замены ископаемых углеводородов продуктами из древесины, биомассы для биоэнергетики [1–2]. Для решения этих задач осуществляется изучение процессов накопления углерода в лесных экосистемах различных лесорастительных условий, породного состава, продуктивности, в т.ч. с проведением конкретных лесоводственных мероприятий. В связи с этим создаются специальные комплексные участки, т.н. карбоновые полигоны, на которых планируются и осуществляются экспериментальные мероприятия, ведутся комплексные исследования [3, 4].

В общей системе исследований изучение и оценку влияния определенных видов лесоводственных мероприятий на процессы депонирования и консервации углерода лесными экосистемами, при обеспечении выполнения ими приоритетно-целевых экологических функций (водоохранных, защитных и др.), необходимо вести с учетом природного разнообразия лесов, потенциала производительности насаждений разного породного состава и структуры – чистых и смешанных, простых и сложных, одновозрастных и разновозрастных в соответствующих лесорастительных условиях с использованием выработанных лесоводством методик.

Для достижения этих целей разработана базовая система методических положений (Методика) изучения, проведения эксперимента и оценки влияния лесоводственных рубок и других мероприятий лесовоспроизводства (ЛВП), в целом содержания лесов и лесопользования (СЛЛП) на изменения состояния, параметров и характеристик лесных насаждений, динамику их роста, в т.ч. прироста древостоев, связанные с осуществлением лесоводственных мероприятий, существенно определяющие накопление биомассы, соответственно, связывание и консервацию углерода. При этом вопросы методического обеспечения учета объемов, динамики накопления и стока (эмиссии) углерода в экосистемах, насаждениях, их составляющих решаются использованием специальных методик [5, 6], которые могут применяться в комплексе с разработанной лесоводственной на объектах, где ведутся рубки ухода, лесовозобновления, санитарные и другие (рубки лесных насаждений для заготовки древесины в терминологии Лесного кодекса).

В сочетании с основными положениями общей лесоводственной Методики могут использоваться также конкретные частные, дополняющие методики, в т.ч. определения влияния отдельных целевых мероприятий лесовосстановления, противопожарных, лесозащитных и др. на динамику накопления и сток (эмиссию) углерода в конкретных биогеоценозах и его частях, включая лесную подстилку, почву. Разработанная методика может использоваться в качестве базовой и при проведении экспериментов применения комплексных мероприятий, включающих кроме рубок ухода, рубок лесовозобновления также меры биологической мелиорации и осушения, внесение удобрений и другие.

Принципиальная схема Методики проведения лесоводственных исследований и экспериментальных работ для решения поставленных задач включает: узловые блоки методического регламентирования обоснованного установления целей и подготовка общей Программы НИР; выбора лесоводственных объектов (ЛВО) изучения процессов роста (динамики прироста) древостоев и соответственно депонирования и консервации углерода; проведения комплексного эксперимента осуществления различных вариантов лесовыращивания – лесопользования для сравнения и оценки их эффективности в целях повышения уровня депонирования и консервации углерода лесом; выбора и формирования видов и вариантов системы мероприятий и технологий их реализации по каждому направлению эксперимента и типу объектов лесоводства; отвода ЛВО для проведения экспериментальных работ, отражающего их специфику и закладки пробных площадей (ПП); подготовки технических документов проведения проектируемых лесоводственных, в т.ч. экспериментальных мероприятий; организации и практического осуществления эксперимента; проведения учетно-измерительных работ, сбора данных для оценки результатов применения лесоводственных мероприятий в рамках общего проекта *изучения и эксперимента депонирования и консервации углерода* (ИЭДКК); лесоводственной оценки эффективности применяемых мероприятий и их систем в достижении основных и дополняющих целей, в т.ч. возможного вклада лесоводства в решение общей проблемы повышения уровня депонирования и консервации углерода лесом в связи с результатами проведения базовой лесоводственной части ИЭДКК.

По каждому этапному элементу (блоку) принципиально-программной схемы (ППС) НИР лесоводства, которые реализуются обычно в общем комплексе ИЭДКК, определяется методически регламентируемый состав, содержание и результаты работ.

Выбор типов объектов изучения и эксперимента по породному составу, форме и происхождению насаждений, учитывая длительность выращивания их на каждой стадии и тем более по всему циклу ЛВП, осуществляется по всей цепочке возрастных групп участков насаждений полных циклов лесовыращивания – лесовоспроизводства от лесовозобновления – формирования насаждений до их сохранения, и включая смену поколений леса с учетом специфики принятого в текущий период времени нормативного регламентирования мероприятий лесоводственных рубок в эксплуатационных и защитных лесах, отражающегося в более или менее существенном различии режимов разреживания насаждений по видам рубок, а также и в названиях рубок смены поколений леса не только в законодательном выражении, но и в традиционном лесоводстве – с выделением в защитных лесах рубок ухода обновления насаждений, а в эксплуатационных – рубок лесовозобновления.

В целом для проведения долгосрочных комплексных исследований, в т.ч. выполняемых на «карбоновых полигонах», по «климатическим проектам», охватывающим все разнообразие природных зон по регионам страны (лесоводственным, в терминологии Лесного кодекса лесным районам) целесообразно выделять ЛВО для изучения и оценки сравнительной эффективности лесоводственных систем различного режима лесовыращивания (высокой, умеренной или традиционной и очень низкой интенсивности – соответственно затратности) в одинаковых или близких лесорастительных условиях и с учетом целевого назначения лесов различных типов лесных насаждений по породному составу, возрастной и пространственной структуре, распространенных или возможных для выращивания в конкретном регионе.

При этом в состав комплексных ЛВО изучения и эксперимента необходимо включать типичные для региона (лесоводственного района) участки лесовыращивания-лесопользования и соответствующие им мероприятия (существующие и специально разрабатываемые) всей совокупности простых и сложных – комплексных систем (СЛВ, КСЛВ), объединенных в следующие типы приоритетно-целевых систем лесоводства (ПЦСЛВ):

ЛВО 1 – целевых насаждений (коренных) основных или всех лесообразующих пород (хвойных, твердолиственных и др., чистых и в разной мере смешанного породного состава, простых и сложных, одновозрастных и разновозрастных) полного цикла ЛВП – ПЦСЛВ основного типа //Осн//;

ЛВО 2 – целевых и относительно целевых производных насаждений (на месте коренных) преимущественно мягколиственных пород также полного цикла ЛВП – ПЦСЛВ производного типа //Прз//;

ЛВО 3 – нецелевых, относительно или потенциально-целевых производных насаждений (на месте коренных) преимущественно с древостоями мягколиственных и подпологовым поколением хвойных пород комплексного (производно-переформировательно-основного) цикла ЛВП – ПЦСЛВ переходного переформировательного типа //Прф//;

ЛВО 4 – нецелевых малоценных насаждений преимущественно с древостоями мягколиственных и других пород комплексного цикла ЛВП – ПЦСЛВ переходного реконструктивного типа //Ркс//;

ЛВО 5 – участков с утраченными насаждениями (в связи с пожарами, патологией и др. причинами) полного цикла ЛВП – ПЦСЛВ переходного санитарно-восстановительного типа //СВс//;

ЛВО 6 – участков многолетнелесонепокрытых лесных земель (вырубок, на которых многие годы не обеспечивается возобновление лесообразующей растительности, пустыри и др.) на которых для восстановления леса требуется проведение специальных мероприятий в цикле ЛВП – ПЦСЛВ переходного первично-восстановительного типа //ПВс//;

ЛВО 7 – участков нелесных земель (не используемых по целевому назначению соответствующих категорий), предназначенных для лесоразведения с проведением соответствующих мероприятий в цикле ЛВП – ПЦСЛВ начально-лесообразовательного типа //НчЛОбз//.

На каждый экспериментальный участок на «карбоновом полигоне» или комплексном объекте реализации «климатического проекта» составляется основной лесоводственный технический документ (ЛВТД) – «проект лесоводственных мероприятий», в частности, – «Проект лесоводственных рубок» (Проект ЛВРбк), включающий: А – Вид лесоводственной рубки и сроки ее проведения на определенном участке – объекте лесоводства; Б – Основные характеристики проектируемого мероприятия, показатели и критерии контроля и оценки качества его проведения; В – технологическую карту.

В рамках реализации НИР ИЭДКК на основе Проекта ЛВРбк, в том числе рубок ухода, рубок лесовозобновления или смены поколений леса, осуществляется организация и проведение экспериментальных мероприятий, включая: последовательное выполнение исполнителем всех действий, предусмотренных проектом, *дополняемым методическим сопровождением и рекомендациями разработчиков проекта* в процессе выполнения всех работ, *контроля соответствия* их установленным требованиям, а также оценкой качества проведенного мероприятия по его завершению.

Изучение влияния лесоводственных рубок и других мероприятий содержания лесов и лесопользования на процессы роста насаждений, динамику прироста и соответственно депонирования и консервации углерода осуществляется путем периодического проведения учетно-измерительных работ (натурных исследований), преимущественно на пробных площадях, закладываемых до проведения лесоводственных мероприятий, в основном при отводе участков для осуществления эксперимента по всем выделенным (сравниваемым) типам участков (объектам лесоводства), планируемым и осуществляемым на них видам и вариантам мероприятий, в т.ч. рубок (по их интенсивности, технологии реализации), которые могут быть представлены как на отдельных ППП, так и их секциях. Параллельно учетно-измерительные работы выполняются и на (закладываемых при отводе) контрольных пробных площадях, где мероприятия не проводятся (если это предусмотрено Программой НИР).

Для получения сравнимых данных учет состояния насаждений и их характеристик, отражающих динамику ЛВО природно-закономерную и более или менее измененную в связи с проведением лесоводственных рубок и др. мероприятий, целесообразно осуществлять на одинаковых или сходных методических принципах, включающих способ и периодичность измерения параметров деревьев, в том числе подроста, а также одновременность по сезонам года – в конце лета или осенью по завершению вегетационного периода.

Полные массовые данные динамики хода роста древостоев, в т.ч. и в связи с выполнением лесоводственных рубок и без их проведения (на контрольных участках, ПП) получают путем системных измерений (ежегодно или периодически в 3–4 года) диаметров всех деревьев на пробных площадях, высот, параметров крон и др. (предусмотренных Программой НИР). При этом измерение диаметров стволов, горизонтальной протяженности крон деревьев необходимо производить (в сочетании с вертикальной по стволам деревьев) в двух (четырех – по радиусам) противоположных фиксированных направлениях – на рабочих секциях перпендикулярно направлению технологических коридоров (волоков) и второе – параллельно волокам. На контрольных ПП соответствующие измерения лучше выполнять в тех же направлениях по сторонам света, что и на рабочей секции.

Детальное изучение изменения прироста в связи с рубками осуществляется по общепринятым методикам путем измерения радиального прироста в одном или двух – четырех противоположных направлениях по кернам, взятым на модельных деревьях в конце определенного периода наблюдений или/и при проведении очередной рубки ухода, смены поколений леса, а также по данным полного анализа прироста на всем протяжении стволов отдельных (срубленных) моделях и соответствующих частей крон.

В целях синхронного учета и обработки данных прироста разных пробных площадей по годам, керны отбираются в один год после завершения вегетационного периода. Получение сравнительных результатов влияния проведенных мероприятий на прирост деревьев обеспе-

чивается путем сопоставления текущего прироста по периодам до и после осуществления мероприятия, включающим одинаковые календарные годы, установленные с учетом известной 11-летней (и менее выраженной 3–5-летней) цикличности солнечной активности и зависимых от нее природных процессов, в т.ч. прироста древостоев соответственно – 12, 8 и 4-х лет.

Оценка эффективности достижения целей, определенных ЦНЛ и дополняющих – депонирования и консервации углерода, по существу, зависимых от величины прироста древостоев, биомассы (за определенный период или полный цикл ЛВП), осуществляется согласно отработанным в лесоводстве и таксации методикам (в т.ч. выращивания продуктивных лесных насаждений для заготовки древесины, а также выполнения лесом водоохранных, защитных и других функций).

При этом могут решаться задачи оценки эффективности: 1) конкретных мероприятий (в т.ч. прореживаний, проходных, других видов рубок и с учетом получения дополнительного прироста); 2) разных (простых и сложных – комплексных) систем лесоводственных мероприятий лесовоспроизводства (отдельных и в разных сочетаниях – основного, производного, переходного – переформирования, реконструкции, санитарно-восстановительных, первично-восстановительных, а также начально-лесообразовательного типа); 3) специальных комплексных мероприятий и систем (таких как рубок ухода и внесения удобрений, возможно и без рубок ухода, других мер интенсивного расширенного ЛВП – мелиорации, и иных мер улучшения лесорастительных условий, использования при лесовыращивании селекционно улучшенных видов лесообразующих растений).

Оценка влияния применяемых мероприятий и их систем на изменение – увеличение (или снижение) суммарного прироста древостоев, биомассы, общей продуктивности, в т.ч. для расчета объемов депонирования и консервации углерода, осуществляется путем сравнения по вариантам эксперимента показателей запасов накопленной древесины, биомассы, а также среднего прироста за конкретные (одни и те же) возрастные и календарные (с учетом природной цикличности прироста) периоды, полные простые и комплексные циклы лесовоспроизводства. При этом определение показателей прироста, в первую очередь по запасам ($м^3$/га/год), в т.ч. в процентах, с учетом отпада и изъятия деревьев в процессе проведения рубок ухода, иных лесоводственных рубок для сравнения с соответствующими показателями других вариантов мероприятий, СЛВ (КСЛВ), применяемых на аналогичных ЛВО, а также контрольных участков осуществляется с использованием методов, отработанных в таксации и лесоустройстве [7, 8].

В СЛВ простых и сложных типов при применении специальных комплексных мероприятий расширенного ЛВП (внесения удобрений, мелиорации и др., в т.ч. с рубками ухода), целесообразно оценивать их эффективность (влияние на прирост и депонирование углерода) на ЛВО в вариантах отдельного и совокупного применения, чтобы определить вклад каждой составляющей в достижения поставленной цели, а также возможный синергетический эффект, что позволит осуществлять выбор применяемых мероприятий с учетом затрат на их проведение (сопоставление затрат и полученного эффекта).

Сравнение эффективности вариантов лесовыращивания насаждений разного породного состава, структуры и применяемых простых и сложных, комплексных систем лесоводственных мероприятий может осуществляться путем сопоставления полученных при этом объемов среднего прироста древостоя, биомассы, в т.ч. относительно определенных базовых ЛВО и СЛВ в абсолютных и относительных показателях ($м^3$/га/год и процентах).

Соответственно: $Z_{\text{м}}^{\text{эф ср эксп}} = \pm Z_{\text{м}}^{\text{ср эксп}} - Z_{\text{м}}^{\text{ср бзв}}$, $м^3$/га/год

или в процентах – $\text{Р}Z_{\text{м}}^{\text{эф ср эксп}} = \pm \frac{Z_{\text{м}}^{\text{ср эксп}} - Z_{\text{м}}^{\text{ср бзв}}}{Z_{\text{м}}^{\text{ср бзв}}} \times 100$

$$\text{или } \text{Р}Z_{\text{м}}^{\text{эф ср эксп}} = \pm \frac{Z_{\text{м}}^{\text{эф ср эксп}}}{Z_{\text{м}}^{\text{ср бзв}}} \times 100,$$

где $Z_{м}^{эф\ ср\ эксп}$ – увеличение (уменьшение) среднего прироста древостоя, биомассы в экспериментальном варианте ЛВО, СЛВ в сравнении с базовым ($м^3$/га/год);

$Z_{м}^{ср\ эксп}$ – средний прирост древостоя, биомассы, полученный в оцениваемом экспериментальном варианте ЛВО, СЛВ;

$Z_{м}^{ср\ бзв}$ – средний прирост древостоя, биомассы, полученный в базовом варианте ЛВО, СЛВ;

$PZ_{м}^{эф\ ср\ эксп}$ – превышение или снижение (уменьшение) среднего прироста древостоя, биомассы, получаемого в экспериментальном варианте ЛВО, СЛВ относительно того же показателя в базовом варианте ЛВО, СЛВ в процентах.

На основе данных учета прироста и запасов древесины, соответственно биомассы по полным простым, комплексным циклам лесовоспроизводства, в т.ч. «выращивания-переформирования лиственно-хвойных насаждений» и за любой период времени на основе учета текущего и среднего прироста может определяться объем депонирования и консервации углерода с использованием существующих методик расчета содержания карбона в древесине, биомассе [3, 5, 6].

Полученные результаты исследований и экспериментов влияния изучаемых видов и вариантов мероприятий на процессы роста насаждений различного породного состава и структуры и соответственно депонирования и консервации углерода лесом обеспечат возможность корректировки существующего определения комплексной хозяйственной и экологической ценности насаждений различного породного состава и структуры (хвойных, мягколиственных, лиственно-хвойных и др.), разработанных наукой систем лесоводственных мероприятий и расширения их применения в рамках решения задач совершенствования лесного законодательства и нормативного правового регулирования содержания лесов и лесопользования в связи с изменением климата и его последствиями [9].

Литература

1. Мартынюк, А. А. Изменения климата и леса: возможные последствия и план действий / А. А. Мартынюк, А. Н. Филипчук // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2017. – Т. 5. – № 1 (27). – С. 276–279. – EDN YQESON.

2. Анализ комплекса адаптационных мер к ожидаемым изменениям климата в лесном секторе Российской Федерации / И. О. Торжков, Т. С. Королева, А. В. Константинов, Е. А. Кушнир // Труды Санкт-Петербургского НИИ лесного хозяйства. – 2017. – № 4. – С. 64–77.

3. Первый пилотный карбоновый полигон в Калужской области: Методика и эксперимент по оценке запаса и поглощения углерода биомассой лесов / А. Н. Филипчук, Н. В. Малышева, С. Л. Ипп [и др.] // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2022. – № 240. – С. 112-129. – DOI 10.21266/2079-4304.2022.240.112-129. – EDN QSQCSB.

4. Полигон «Урал-карбон» (Северка) / С. В. Залесов, В. В. Фомин, Е. П. Платонов [и др.] // Леса России и хозяйство в них. – 2021. – № 3 (78). – С. 4–14. – DOI 10.51318/FRET.2021.89.34.001. – EDN XJXPUR.

5. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. – Текст : электронный. – МГЭИК, 2006 // IPPC : сайт. – URL: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/vol4.html (дата обращения: 20.11.2023).

6. Методика учета поглощения CO_2 в лесах Российской Федерации / А. А. Мартынюк, А. Н. Филипчук, Б. Н. Моисеев [и др.]. – Пушкино : ВНИИЛМ, 2017. – 82 с.

7. Анучин, Н. П. Лесная таксация : учебник для вузов / Н. П. Анучин. – Москва : ВНИИЛМ, 2004. – 552 с.

8. Лесоустройство : учебник / В. И. Сухих, В. Л. Черных. – Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2014. – 400 с.

9. Вопросы лесоводственного совершенствования системы сохранения и использования лесов в рамках решения проблемы адаптации лесов и лесного комплекса к изменениям климата / В. И. Желдак, Э. В. Дорощенкова, И. Ю. Прока [и др.] // Лесохозяйственная информация. – 2023. – № 2. – С. 5–26. – DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2023.2.01.

ЛЕСОВОДСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ВЫРАЩИВАНИЯ – ПЕРЕФОРМИРОВАНИЯ ЛИСТВЕННО-ХВОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЙ

В.И. Желдак, Э.В. Дорощенкова, А.Н. Сычева, Е.Е. Живаев
Россия, Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства
г. Пушкино

Аннотация. Рассматриваются направления расширения оценки экологического и ресурсного потенциала лиственно-хвойных насаждений в связи с актуализацией задач смягчения изменения климата и его последствий за счет повышения уровня депонирования и консервации углерода лесами. Достижение цели предусматривается путем разработки и апробации в эксперименте и на практике многовариантного комплекса мероприятий «выращивания – переформирования лиственно-хвойных насаждений».
Ключевые слова: хвойные, мягколиственные насаждения; переформирование насаждений; средний прирост; депонирование, консервация углерода.

Annotation. The directions for expanding the assessment of the ecological and resource potential of deciduous and coniferous plantations are considered in connection with the actualization of the tasks of mitigating climate change and its consequences by increasing the level of carbon deposition and conservation by forests. Achieving the goal is envisaging through the development and testing in experiment and practice of a multivariate complex of measures for «growing and reshaping deciduous and coniferous plantings».
Keywords: coniferous, soft-leaved plantings; reorganization of plantings; average increase; carbon deposition, carbon conservation.

Лесные насаждения с первым ярусом мягколиственных пород и поколением коренных хвойных под их пологом, в т.ч. подросте, втором ярусе, сформированные обычно после вырубки коренных хвойных древостоев сплошными рубками, на участках, не обеспеченных естественным возобновлением, утраченным при проведении лесосечных работ, а также и при наличии возобновления ценных пород преимущественно ели, пихты, кедра, сосны обыкновенной, включая нередко и заложенных лесных культур, при недостаточности ухода за ними рассматриваются с позиций (лесоводства) традиционного ведения лесного хозяйства и лесопользования, как исключительно отрицательные последствия лесопользования, его недостаток, непосредственное преодоление которого связано с большими затратами на уходы за возобновлением и молодняком хвойных с вырубкой многократно в основном вегетативно возобновляющихся быстрорастущих лиственных пород обгоняющих в росте хвойные. Эффективное применение этого метода ухода за лесом во всем его многообразии, связанного с существенным различием биологических свойств лесообразующих пород, лесорастительных условий, сложившегося по разным причинам на конкретных участках сочетания по численности, высоте и др. параметрам деревьев этих пород особенно на стадии образования и начала формирования молодняков, обосновано многими исследованиями, подтверждено огром-

ным историческим опытом ведения лесного хозяйства, представлено в учебниках лесоводства и в той или иной мере отражается в нормативных правовых документах содержания (сохранения) лесов, включая действующие [1, 2].

Системное качественное проведение таких уходов за молодняками естественного, искусственного и комбинированного происхождения обеспечивает выращивание традиционно ценных твердолиственных и хвойных продуктивных в соответствующих лесорастительных условиях насаждений, в т.ч. после вырубки хвойных древостоев даже с небольшой примесью лиственных, при массовом их возобновлении не допуская формирования насаждений мягколиственных пород с поколением хвойных под пологом [3–5]. Оставление без ухода образовавшихся молодняков смешанного породного состава (хвойных и лиственных) на вырубках, а также после утраты древостоев по разным причинам (патология, пожары и др.) или на участках нелесных земель ведет к формированию лиственно-хвойных насаждений (ЛХН), в которых до возраста спелости древостоев лиственных пород, а тем более накапливающихся перестойных (учитывая, что эти древостои не являются приоритетными для лесопользователя) хвойные часто утрачивают потенциал жизнеспособности, продуктивности, даже при освобождении из-под полога в процессе рубок для заготовки древесины.

В то же время результаты изучения роста лиственно-хвойных насаждений на протяжении многих десятилетий, особенно после массового их образования в связи с проведением сплошных, в т.ч. крупнолесосечных (концентрированных) механизированных рубок первой половины XX в., при достижении ими возрастных стадий средневозрастных, приспевающих, спелых, показали, что под пологом лиственных древостоев этих возрастных групп поколение особенно темнохвойных пород (ели, пихты, кедра) часто сохраняет достаточную жизнеспособность и при освобождении из-под полога может образовывать продуктивные хвойные древостои, тем более при интенсивном уходе за ними до возраста спелости (рубки спелых, перестойных древостоев для заготовки древесины). На этой основе, а также результатов опытных рубок, по существу смены средневозрастных и старшего возраста древостоев лиственных пород на подпологовое поколение хвойных, были разработаны лесоводственные мероприятия переформирования лиственно-хвойных насаждений в хвойные и хвойно-лиственные [6–8].

Нормативное обеспечение регламентирования рубок переформирования неспелых (средневозрастных и приспевающих) лиственно-хвойных насаждений включено также в Правила ухода за лесами [2]. Разработки и применение на практике мероприятий (рубок) переформирования лиственно-хвойных насаждений, начиная со средневозрастных позволило в определенной мере компенсировать в традиционном рассмотрении потери прироста хвойных в связи с нереализованным выращиванием их в типичном режиме (при многократных уходах) за счет получения древесины лиственных пород при возрастающей потребности в ней, возможности использовать и тонкомерные сортименты для глубокой переработки в т.ч. в целлюлозно-бумажной промышленности, плитном производстве. Однако, как показывает анализ, проектирования рубок переформирования насаждений по субъектам Российской Федерации массового назначения и осуществления этих рубок ухода не происходит, предпочтение традиционно отдается рубкам спелых, перестойных насаждений хвойных пород, при достаточном количестве их в лесном фонде – в целом и на лесных участках, полученных в аренду.

В то же время в меняющихся экологических условиях, в т.ч. в связи с прогнозируемыми изменениями климата и его последствиями, возрастает актуальность использования комплексного (эколого-ресурсного) подхода к определению ценности лесных насаждений многих лесообразующих пород (в т.ч. мягколиственных – березы, осины, ольхи серой) с учетом вклада их в депонирование (связывание) и консервацию углерода, зависимого, по существу, от величины среднего прироста древесины, биомассы. Максимальные темпы продуцирования органического вещества имеют место в молодняках и средневозрастных насаждени-

ях до достижения возраста количественной спелости [9]. При использовании его для изделий длительного пользования – консервации углерода и продуктов биоэнергетики – замещения ископаемых углеводородов общая эколого-ресурсная ценность мягколиственных и лиственно-хвойных насаждений существенно возрастает.

Реализация такого подхода «лесовыращивания – лесопользования», в т.ч. при ведении лесного хозяйства на арендованных лесных участках в условиях объективно возрастающей потребности в ресурсах невысокого качества (в традиционном рассмотрении, *которая частично тормозится в настоящее время в связи с политическими событиями* (*отказом многих стран от продуктов биоэнергетики, производимых в России*)) может обеспечиваться при стабильной поддержке государства в комплексе с развитием глубокой переработки древесины, расширением производства и потребления продуктов биоэнергетики в стране.

В рамках решения проблемы повышения уровня депонирования и консервации углерода возможна существенная (кардинальная) переоценка перспектив применения комплексной лесоводственной системы «выращивания – переформирования лиственно-хвойных насаждений» («Врщ-Прф ЛХН»), которая базируется на оптимизации использования различия биологических свойств лесообразующих пород – светолюбивых и теневыносливых, долговечных и недолговечных, с разной интенсивностью роста, в т.ч. на разных и несовпадающих во времени стадиях циклов лесовоспроизводства (динамики поколений леса) при совместном их произрастании, что особенно четко проявляется в отношении мягколиственных (березы, осины и др.) и темнохвойных (ели, пихты, кедра) пород.

В связи с этим лиственно-хвойные насаждения с первым ярусом (древостоем) мягколиственных пород и подпологовым поколением хвойных в подросте или/и втором ярусе на определенных лесотипологических участках с учетом целевого назначения лесов (ЦНЛ) могут стать объектами целевого лесовыращивания с применением соответствующих лесоводственных систем при экспериментальной проверке их эффективности для достижения поставленных целей (в т.ч. на «карбоновых полигонах»). При этом для изучения и оценки эффективности «выращивания – переформирования лиственно-хвойных насаждений» для достижения основных целей лесного хозяйства (содержания лесов – лесопользования) согласно ЦНЛ, а также решения задач повышения уровня депонирования и консервации углерода (ИЭДКК) могут использоваться не только естественно формирующиеся ЛХН, но и специально создаваемые путем содействия лесовозобновлению (ЛВз) хвойных или/и лиственных пород, использования комбинированного ЛВз, а также искусственного создания таких насаждений путем одновременной или разновременной закладки лесных культур разных пород, в т.ч. на участках лесных и нелесных земель.

В рамках проведения эксперимента целесообразно изучить и дать сравнительную оценку разным вариантам «Врщ-ПрфЛХН» с определением (установлением) в частности: накопление общего объема (запаса) древесины, биомассы (соответственно связывания углерода) за весь цикл выращивания хвойного поколения леса (лиственными и хвойными породами) или общего среднего прироста при разных режимах лесовыращивания (интенсивного, умеренно традиционного и очень слабо интенсивного), а также определить объемы составляющих – лиственных пород (одного-трех поколений) и хвойных с учетом реальных потерь их прироста (реализации потенциала производительности за время выращивания под пологом лиственных и в целом возможного снижения потенциала восстановления производительности не только с умеренным (регулируемым), но и сильным угнетением хвойных, чрезмерно длительным выращиванием их под пологом до высокого возраста (что нередко происходит на практике)).

В комплексный объект изучения сравнительной эффективности выращивания простых хвойных, лиственных и сложных лиственно-хвойных насаждений, в т.ч. с разными вариантами их переформирования в целях изучения возможности повышения уровня депонирования и консервации углерода в условиях преимущественно коренных темнохвойных

лесов целесообразно из общей совокупности объектов лесоводства (ЛВО) и соответственно систем лесоводственных мероприятий (СЛВ) основного, производного, переходного, начально-лесообразовательного типов для достижения поставленной цели включить следующие типы участков – ЛВО ИЭДКК:

1. ЛВО ИЭДКК ХвН – участки полного цикла выращивания целевых хвойных насаждений ели, пихты, кедра (СЛВ основного типа).

2. ЛВО ИЭДКК МЛН – участки полного цикла выращивания целевых мягколиственных насаждений березы, осины и др. пород (СЛВ основного или производного типов).

3. ЛВО ИЭДКК ЛХН ЕЛвз – участки «полного цикла выращивания» и «выращивания – переформирования» сложных лиственно-хвойных насаждений естественного происхождения, в т.ч. образовавшихся на лесных и нелесных землях с первым ярусом березы, осины, др. мягколиственных пород и хвойными под пологом (СЛВ производного – переходного комплексного типа на основе естественного ЛВз).

4. ЛВО ИЭДКК ЛХН КЛвз – участки «полного цикла выращивания» и «выращивания – переформирования» сложных лиственно-хвойных насаждений комбинированного лесовозобновления, в т.ч. естественного мягколиственных (МЛЕЛвз) и искусственного (лесокультурного) – хвойных (ХвИск) и наоборот лесных культур МЛ (МЛИЛвз) и естественного – хвойных (ХвЕЛвз) под пологом МЛ (закладки лесных культур березы, под пологом которой появляется естественное возобновление ели при наличии источников обсеменения) (СЛВ производного – переходного комплексного типа на основе комбинированного ЛВз).

5. ЛВО ИЭДКК ЛХН ИскЛвз – участки «полного цикла выращивания» и «выращивания – переформирования» сложных лиственно-хвойных насаждений с искусственным (лесокультурным возобновлением) всех пород, в т.ч. с одновременной и разновременной закладкой культур лиственных и хвойных (СЛВ производного – переходного комплексного типа на основе искусственного ЛВз).

6. ЛВО ИЭДКК СПС – участки полных циклов выращивания, лесовоспроизводства целевых насаждений смешанного породного состава, в т.ч. хвойно-лиственных с участием лиственных до 4–5 единиц (а в молодняках и больше) в одном ярусе с хвойными, относящихся к экологически ценным устойчивым, особенно в защитных лесах и обеспечивающих их формирование – сохранение СЛВ основного типа. Этот тип объектов и СЛВ можно считать в эксперименте отдельно или в качестве вариантов первого и второго типов ЛВО и СЛВ.

По типам объектов изучения и эксперимента, в т.ч. выделенных на общем комплексном объекте ИЭДКК (на «карбоновых полигонах», при выполнении специальных «климатических проектов»), формируются системы лесоводственных мероприятий с учетом намеченных для реализации на нем вариантов выращивания насаждений для сравнительной оценки эффективности достижения целей основного приоритетного назначения лесов в сочетании с дополняющими приоритетными, сопутствующими целями – депонирования, консервации углерода, включая СЛВ для объектов моно- и двух-трехцелевого углеродо-депонирующего назначения в «карбоновой системе ЛВО».

При этом на участках выращивания целевых хвойных или лиственных насаждений первых двух типов участков (ЛВО ИЭДККХвН, ЛВО ИЭДККМЛН) с учетом типов ЦНЛ, к которым они относятся, в эксперименте проверяются варианты СЛВ различных режимов ЛВП от высоко и средне интенсивного, традиционного умеренно интенсивного до очень слабо интенсивного, практически без рубок ухода или с проведением схематических разреживаний перегущенных молодняков в основном мягколиственных пород в целях исключения «торможения» прироста – получения максимального накопления биомассы (депонирования углерода) за короткие циклы ЛВП преимущественно на ЛВО специального углерододепонирующего назначения («карбоновых полигонов»), выделяемых на нелесных землях и временно в эксплуатационных лесах при обильном возобновлении мягколиственных пород после вырубки хвойных, хвойно-лиственных, лиственно-хвойных и мягколиственных древо-

стоев. Результаты выращивания таких насаждений (по общей продуктивности, производительности, эффективности депонирования и консервации углерода) используются в качестве базовых для сравнения с соответствующими данными, полученными при выращивании насаждений других типов, в т.ч. смешанного породного состава, относящихся к более экологически ценным и устойчивым, но при смешении пород в одном ярусе часто не отличающихся высокой продуктивностью из-за сильной конкуренции, что в сложных лиственно-хвойных насаждениях (с древостоем лиственных и подпологовым поколением хвойных) проявляется в иной форме и иначе может регулироваться лесоводственными мероприятиями.

На объектах лесоводства третьего – пятого комплексных типов изучения и эксперимента – ЛВО ИЭДКК ЛХН – выращивания и выращивания-переформирования лиственно-хвойных насаждений с первым ярусом березы, осины и др. мягколиственных пород и хвойными под пологом реализуется несколько вариантов ИЭДКК с применением соответствующих комплексов систем лесоводственных мероприятий, включая базовые и экспериментальные варианты:

– первый базовый вариант – выращивание лиственно-хвойных насаждений с применением полных СЛВ производного типа, в составе которых состав стадийных мероприятий лесовозобновления, формирования, сохранения насаждений, которые на практике часто не применяются, но в рамках эксперимента их целесообразно провести, как и своевременную завершающую смену поколений леса – одноприемными выборочными рубками (взамен известных рубок с сохранением подроста) или постепенными рубками при угнетенном поколении хвойных под пологом. Продолжительность цикла ЛВП до возраста спелости (рубки) лиственных в эксплуатационных (защитных) лесах 61 (71) – березы, 41 (51) – осины. При этом возможно изучение и оценка эффективности разных вариантов систем по режиму осуществления мероприятий, в т.ч. с разным количеством рубок ухода, их интенсивностью;

– второй базовый вариант «выращивания – однократного переформирования» лиственно-хвойных насаждений на основе комплекса лесоводственных систем (КСЛВ), включающего СЛВ неполную «производного типа» – до стадии средневозрастных или приспевающих насаждений лиственных и СЛВ «переходного типа» – переформирования неспелых лиственно-хвойных насаждений с полным освобождением хвойных и последующим их доращиванием СЛВ основного типа). При этом в зависимости от состояния насаждений – лиственного полога и хвойного поколения под пологом используются одно-двухприемные рубки переформирования, в т.ч. с оставлением части тонкомерных деревьев лиственных пород для смягчения условий адаптации освобождаемых хвойных.

– экспериментальные варианты СЛВ «выращивания-переформирования лиственно-хвойных насаждений» с двух-трехкратным переформированием ЛХН в период одного цикла лесовоспроизводства хвойных соответственно ели, пихты или кедра, при двух-трехкратном возобновлении и выращивании древостоев лиственных пород в возрастной период максимального среднего прироста древостоев и получения целевых (в основном тонкомерных) сортиментов (30–35 лет по осине и 35–45 лет по березе), а также биомассы, использования их для производства продуктов длительного пользования (консервации углерода) и для биоэнергетики (замены ископаемых углеводородов).

При этом для реализации в эксперименте вариантов «выращивания – переформирования лиственно-хвойных насаждений» (ВрщПрфЛХН) с двухкратным переформированием среди естественно формирующихся ЛХН отбирают участки с последующим возобновлением хвойных после рубки и с разным периодом после возобновления лиственных пород (≈5, 10, 15, 20, 25 лет), что позволит в итоге исследований установить оптимальный вариант для последующего проектирования таких мероприятий. В этих же целях установления оптимальных вариантов (сроков) искусственного введения хвойных под полог лиственных пород при отсутствии их или недостаточном количестве решается в эксперименте путем посадки

полных или неполных, частичных лесных культур под полог лиственных пород в возрасте ≈10, 15, 20, 25 лет. Аналогично решается эта задача и при искусственном создании лиственно-хвойных насаждений разновременной посадкой (закладкой) лесных культур лиственных и хвойных пород. При целевом «выращивании» и «выращивании – переформировании» лиственно-хвойных насаждений в эксперименте отрабатываются варианты закладки лесных культур хвойных под пологом лиственных искусственного и естественного происхождения (в комбинированном возобновлении и полном лесокультурном), а также методов ухода за лиственными древостоями и хвойными под пологом. Сомкнутость полога лиственных постоянно поддерживается соответственно при выращивании первого, второго и третьего поколения древостоя на уровне 0,7; 0,6; 0,5 (с возможными вариантами в эксперименте) для обеспечения интенсивного роста (прироста) лиственных пород и создания относительно благоприятных условий роста хвойных. К нежелательным для последующего выращивания при каждой рубке ухода относятся не только крупные деревья преимущественно осины в смешанном осиново-березовом или березово-осиновом древостое, но и отдельные деревья ели, пихты (относящиеся к спелым и перестойным) имеющиеся в древостое, а также в основном мелкие деревья лиственных пород, подлеска, старого неперспективного подроста, оказывающие непосредственное отрицательное влияние на целевые хвойные, в т.ч. создающие своими кронами препятствия для роста в высоту и снижающие существенно прозрачность полога над хвойными (несмотря на небольшую общую полноту таких мелких деревьев).

Достижение целевого эффекта лесовыращивания в проектируемых и осуществляемых вариантах эксперимента, включая увеличение депонирования углерода, его консервацию путем применения систем лесоводственных мероприятий, соответствующих выделенным типам исходных и целевых объектов лесоводства, в т.ч. в рамках сформированной ФЦКЛВО, возможно только при адекватной реализации их на практике путем применения определенных технологий, особенно рубок лесных насаждений – рубок ухода и рубок смены поколений леса (одновозрастных древостоев) в сочетании с лесовосстановлением и другими системными лесоводственными мероприятиями. При этом эффективное применение технологий в значительной мере достигается при соответствующей технологической организации территории участка (ТОУ).

С учетом результатов исследований и разработок в области технологического обеспечения лесоводственных мероприятий и их систем [10–14] для участков – объектов лесоводства (ЛВО) различного целевого назначения в качестве базовой технологической организации участков, в том числе климаторегулирующего назначения – максимального сохранения и использования углерододепонирующего потенциала лесных экосистем, целесообразно принять ТОУ узкопасечных технологий лесоводственных рубок содержания лесов и лесопользования (СЛЛП) с созданием сети технологических коридоров (ТхлКр), преимущественно постоянного типа, в насаждении с расстоянием 14–20 м между основными пасечными ТхлКр, закладываемыми на стадии образования насаждений и начала их формирования для исключения снижения потенциала производительности древостоев (двух типов – 14 м – для выделов насаждений средне и низко производительных III кл. бонитета и ниже, 16 м – средне и высокопроизводительных III кл. бонитета и выше). При этом для ухода в густых молодняках между основными могут применяться дополнительные с уменьшением расстояния до 7 и 8 м (переход к линейно и линейно-пасечной технологии), а в средневоз-растных и старшего возраста насаждениях и на участках с экологическими ограничениями с использованием ТОУ среднепасечной технологии с расстоянием между технологически-ми коридорами соответственно 28 м и 32 м [15].

С учетом приведенных принципов технологического обеспечения реализации лесоводственных мероприятий и известных закономерностей динамики роста, текущего и среднего прироста древостоев с возрастом (следовательно, и депонирования углерода), в целях

исключения его потерь при ТОУ, создание постоянной сети технологических коридоров на исходных участках, включенных в фонд «углерододепонирующего лесовыращивания», а при доступности и на участках всех других типов ФЦКЛВО осуществляется на стадии образования молодняков или начала их формирования (осветлений, прочисток), даже при отсутствии потребности транспортировки по ним вырубаемых деревьев или других продуктов (технологических предметов). Эта операция может быть совмещена со схематическим разреживанием при перегущенности лиственных и хвойных или проведена до массового появления (возобновления) хвойных, в т.ч. и в варианте применения линейно-пасечной технологии с «точечным» уходом в образованных узких полосах – пасеках за хвойными. В рамках изучения и оценки эффективности вариантов ВрщПрфЛХН, осуществляемых с использованием общих основных положений методики эксперимента с дополнением их известными методами определения освещенности в разных частях полога и под пологом, решаются задачи проверки, корректировки предварительных экспериментальных нормативов регламентирования лесоводственных мероприятий и установления научно-обоснованной в результате проведения эксперимента нормативно-методической базы, отражающей специфику сложных методов ухода за древостоями лиственных пород и хвойным поколением под пологом, сочетающего элементы верхового ухода (вырубку отдельных крупных деревьев, оказывающих отрицательное влияние на фитоценотические условия для лучших целевых деревьев лиственных и/или хвойных пород), а также вероятно преимущественно низового метода – удаления деревьев лиственных пород вместе с крупными кустарниками (лещины и др.), существенно снижающих прозрачность полога, освещенность для хвойных и в то же время не являющихся основными компонентами прироста древесины (тем более, если вырубаемая масса не будет использована для переработки в биотопливо).

В целом лесоводственная эффективность рассматриваемых и других вариантов «выращивания – переформирования лиственно-хвойных насаждений», в т.ч. отрабатываемых и проверяемых в экспериментальных условиях (эксперименте) на «карбоновых полигонах», иных комплексных участках при реализации «климатических проектов» представляет базовую часть – основу и для расчета эффективности депонирования и консервации углерода лесными экосистемами при соответствующем режиме их содержания. Она определяется в рамках общего методологического подхода установления показателей и критериев динамичного состояния насаждений на всем протяжении комплексных циклов лесовоспроизводства, лиственно-хвойных, хвойных насаждений, отражающих потенциал выполнения ими основных функций ЦНЛ, включая показатели полноты реализации природной продуктивности лесорастительных условий и биологических свойств лесообразующих пород, формируемых насаждений. При этом в качестве исходного (базового) для последующих расчетов объемов депонирования, консервации, стока (эмиссии) углерода могут использоваться показатели среднего прироста древостоев (аналогично любой части насаждения, биомассы) за одинаковые периоды лесовыращивания, охватывающие полные, в т.ч. комплексные, циклы ЛВП при исключении последующего снижения продуктивности выращиваемых насаждений.

Литература

1. Мелехов, И. С. Лесоводство : учебник / И. С. Мелехов. – 3-е изд. – Москва : ГОУ ВПО МГУЛ, 2005. – 322 с.

2. Об утверждении Правил ухода за лесами : Приказ Минприроды России от 30.07.2020 № 534 (Зарегистрировано в Минюсте России 18.12.2020 № 61555). – Текст : электронный // КонсультантПлюс : сайт. – URL: – (дата обращения: 20.11.2023).

3. Георгиевский, Н. П. Рубки ухода за лесом / Н. П. Георгиевский. – Москва ; Ленинград : Гослесбумиздат, 1957. – 142 с.

4. Сеннов, С. Н. Рубки ухода за лесом / С. Н. Сеннов. – Москва : Лесная промышленность, 1977. – 160 с.

5. Атрохин, В. Г. Формирование высокопродуктивных насаждений / В. Г. Атрохин. – Москва : Лесная промышленность, 1980. – 232 с.

6. Письмеров, А. В. Оптимальное переформирование вторичных мягколиственных лесов с еловым элементом леса под пологом в коренные темнохвойные формации / А. В. Письмеров, В. Е. Колотилин // Вопросы использования и восстановления древесных и не-древесных ресурсов леса южной тайги : сборник научных трудов, посвященный 40-летию Костромской ЛОС. – Москва : ВНИИЛМ, 1998. – С. 10–13.

7. Дудин, В. А. Способы рубок как средство ускоренной трансформации вторичных мягколиственных лесов в коренные хвойные / В. А. Дудин, А. Н. Коновалов // Лесное хозяйство. – 2006. – № 1. – С. 16–19.

8. Багаев, С. С. Рубки переформирования в березняках со вторым ярусом и подростом ели в Костромской области / С. С. Багаев // Лесохозяйственная информация. – 2016. – № 4. – С. 84–92.

9. Уткин, А. И. Мягколиственные леса России – альтернатива созданию хвойных углерододепонирующих насаждений / А. И. Уткин // Эмиссия и сток парниковых газов на территории Северной Евразии. – Пущино, 2004. – С. 81–85.

10. Азаренок, В. А. Экологизированные технологии лесосечных работ / В. А. Азаренок, С. В. Залесов // Лесной вестник. – 2011. – № 5. – С. 43–45.

11. Выбор технологии лесосечных работ в условиях устойчивого лесопользования / Ю. Н. Безгина, Э. Ф. Герц, В. В. Иванов, Т. А. Перепечина // Леса России и хозяйство в них. – 2015. – № 4 (55). – С. 12–22.

12. Азаренок, В. А. Депонирование углерода при экологизированных рубках: совмещение ресурсной и биосфернойфункций лесов / В. А. Азаренок, А. И. Колтунова // Аграрный вестник Урала. – 2011. – № 4 (83). – С. 53–54.

13. Алексеенко, А. Выбор природосберегающих видов рубок и технологии лесосечных работ для разновозрастных лесов и малонарушенных лесных территорий Дальнего Востока / А. Алексеенко, А. Ковалев // Устойчивое лесопользование. – 2018. – № 2 (54). – С. 19–28.

14. К вопросу применения технологических схем разработки лесосеки на осушаемых землях Европейского Севера / Н. А. Дружинин, Ф. Н. Дружинин, О. А. Васильева, Д. М. Корякина, С. В. Цыпилев // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2023. – № 63. – С. 319–323.

15. Желдак, В. И. Технологическая реализация лесоводственных мероприятий, обеспечивающих эффективное выполнение лесами функций депонирования и консервации углерода / В. И. Желдак, Э. В. Дорощенкова, А. Н. Сычева [и др.] // Лесохозяйственная информация. – 2023. – № 3. – С. 5–25. – DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2023.3.01.

ЗАЩИТА БРУСНИКИ (*VACCINIUM VITIS-IDAEA* L.) ПРИ ПЛАНТАЦИОННОМ ВЫРАЩИВАНИИ

Л.В. Зарубина, Н.А. Житова, А.В. Смирнова
Россия, Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина
г. Вологда, с. Молочное

Аннотация. С каждым годом спрос на лесную ягодную продукцию возрастает, особенно на ягоды рода *Vaccinium* L. (брусника, голубика, клюква и др.). Чтобы повысить биологическую продуктивность брусники, используют плантационное возделывание, но при этом возрастает риск повреждения кустов брусники грибковыми и вирусными заболевания. К грибковым заболеваниям относятся: экзобазидиоз, гибберовая пятнистость, микосферелиоз, ржавчина, склеротиния, монилиоз. В основном для борьбы с грибковыми и вирусными заболеваниями проводят профилактические мероприятия и опрыскивают бордоским раствором.
Ключевые слова: брусника, патогены, биологическая продуктивность, поражаемость, профилактика, эпизоотии.

Annotation. Every year the demand for forest berry products increases, especially for berries of the genus *Vaccinium* L. (cranberries, blueberries, cranberries, etc.). To increase the biological productivity of cranberries, plantation cultivation is used, but at the same time the risk of damage to cranberry bushes by fungal and viral diseases increases. Fungal diseases include: exobasidiosis, gibber spotting, mycosphereliosis, rust, sclerotinia, moniliosis. Basically, to combat fungal and viral diseases, preventive measures are carried out and sprayed with Bordeaux solution.
Keywords: lingonberry, pathogens, biological productivity, susceptibility, prevention, epizootics.

В ягодах рода *Vaccinium* L. (брусника, клюква, голубика и др.) имеется большое количество биологически активных веществ, поэтому интерес к ягодам ежегодно возрастает и все больше товаров появляется на их основе. Лесные ягоды применяются в производстве пищевой продукции, научной и альтернативной медицине, в быту и в кулинарии [1, 2, 3].

Целью нашего исследования стала заболеваемость брусники и патогены, их вызывающие.

Актуальность работы заключается в изучении болезней вегетативных органов брусники и способов борьбы с ними в условиях Вологодской области.

Брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis idaeae* L.) принадлежит к семейству Вересковые (*Ericaceae*) и представляет собой вечнозеленый полукустарничек. Корневище у брусники обыкновенной ползучее с приподнимающимися ветвистыми побегами. Стебли прямостоячие ветвистые, высота которых достигает до 25 см. Листья эллиптические с темно-бурыми железами, длина которых может достигать 3 см, а ширина не превышает 15 мм. Цветки белые с розовым оттенком, собраны на концах в кисти. Плоды – это шаровидные ягоды, диаметр которых 7–12 мм, в спелом состоянии блестящая, ярко-красная, горьковатая на вкус. В основном, цветет в период с мая по июнь, но в некоторых случаях встречается и повторное в июле-августе. Созревание ягод приходится на конце августа, при повторном, на конец сентября-октября (на растении находятся зрелые плоды и зеленые ягоды) [4, 5, 6].

Результаты исследования. В Вологодской области преобладают лесные территории, и они занимают 79 %, поэтому по запасу площади леса на одного человека в среднем на регион показатель выше, по сравнению со многими областями страны. Потенциальные объемы ягод брусники в Вологодской области представлены в таблице [7].

Как видно по данным таблицы, брусника распространена во всех округах Вологодской области. Основная часть запасов этой полезной ягоды (62 %) расположена в 5 округах (Бабушкинский, Бабаевский, Устюженский, Никольский и Сямженский)

Спрос на лесные ягоды значительно превышает их биологический урожай, поэтому в настоящее время бруснику, как клюкву и голубику, стали выращивать на плантациях из-под выработанных торфяников, что привело к актуализации вопроса по повышению биологической продуктивности ягоды. Такие плантации имеются в Костромской, Архангельской областях, Хабаровском крае и Ханты-Мансийском автономном округе. Опытная плантация в 2022 году заложена в дендрологическом саду Вологодской ГМХА.

В связи с этим перед исследователями стоит задача по росту биологической продуктивности брусники обыкновенной. Опыт соотечественников прошлого века и зарубежный опыт по промышленному выращиванию показал, что самым действенным путем повышения продуктивности является плантационное выращивание. Значительную часть урожая брусника теряет из-за того, что ее поражают различные болезни.

Таблица

Ежегодный допустимый объем изъятия ягод брусники в Вологодской области

Наименование	Объем изъятия ягод, тонн
Бабаевский муниципальный округ	203,9
Бабушкинский муниципальный округ	501,7
Белозерский муниципальный округ	47,9
Вашкинский муниципальный округ	24,4
Верховажский муниципальный округ	175,9
Вожегодский муниципальный округ	3,3
Вологодский муниципальный округ	0,8
Велико-Устюгский муниципальный округ	64,9
Вытегорский муниципальный округ	140,0
Грязовецкий муниципальный округ	0,7
Кадуйский муниципальный округ	32,0
Кирилловский муниципальный округ	1,2
Кич.-Городецкий муниципальный округ	67,0
Междуреченский муниципальный округ	21,7
Никольский муниципальный округ	199,5
Нюксенский муниципальный округ	41,7
Сокольский муниципальный округ	1,3
Сямженский муниципальный округ	153,0
Тарногский муниципальный округ	90,0
Тотемский муниципальный округ	37,6
Усть-Кубинский муниципальный округ	10,0
Устюженский муниципальный округ	391,0
Харовский муниципальный округ	3,7
Чагодощенский муниципальный округ	3,8
Череповецкий муниципальный округ	111,0
Шекснинский муниципальный округ	0,2
В целом по области	**2328,2**

Посадки брусничников, по сравнению с посадками других лесных ягод, имеют большую предрасположенность к появлению эпизоотий и эпифитотий, поэтому так важно контролировать отсутствие поражений на растениях, и при появлении, не откладывая, бороться с ними. Ведь поражение болезнями растений брусники обыкновенной – это основной барьер для успешного возделывания культуры.

В настоящей работе представлены результаты изучения разнообразия болезней брусники обыкновенной, а также способов борьбы с ними. Следует отметить, что данная тема еще недостаточно изучена [8]. Болезни брусники обыкновенной на плантациях можно разделить на две группы: грибковые и вирусные.

К грибковым заболеваниям, которые встречаются на бруснике обыкновенной, можно отнести следующие:

Экзобазидиоз – заболевание, при котором поражение растения происходит грибом *Exobasidium* spp., повреждающим лист (приобретают оттенок беловато-розоватый), а также поражают стебель, цветки и цветоножки. Сам куст от повреждения грибка не умирает, в нем продолжается свое развитие вегетативные и генеративные органы. Одним из действенных способов борьбы с заболеванием является опрыскивание бордоской жидкостью, чаще в три приема, при необходимости (сильном поражении) в четыре. Приемы опрыскивания включают следующие этапы:

1) сначала опрыскивают бордоской жидкостью до наступления цветения;

2) опрыскивание бордоской жидкостью по завершении цветения;

3) опрыскивание бордоской жидкостью через 2-3 недели после предыдущего этапа;

4) при необходимости.

Гиббероваяпятнистость – заболевание, при котором поражение растения происходит грибом *Gibber*, повреждающим лист. Гриб вызывает появление мелких коричневато-пурпурных пятен на листе, которые в дальнейшем расплываются и становятся хлоротичными с мелкими черноватыми плодовыми телами в центре и с темным ободком по краям. Поражение грибом *Gibber* способствует массовому повреждению и опадению листьев, тем самым ослабляя растение. Для защиты брусники в период созревания спор гриба ее опрыскивают фунгицидами, а при заболевании опрыскивают бордоской жидкостью, фундозолом, топсином.

Микосферелиоз – заболевание, при котором поражение растения происходит грибом *Mycosphereliasis*, повреждающим лист. При заражении этим грибом на листе образуются красновато-черные пятнышки, которые со временем становятся грязноватыми. Листья деформируются, увеличиваясь в размерах. На лицевой стороне листа появляются плодовые органы, напоминающие точки. Действенным способом борьбы с заболеванием является опрыскивание три раза фундозолом или топсином с разницей в 7–10 дней.

Ржавчина – заболевание листа вызвано возбудителем *Pucciniastrum vaccinii*, способствующим появлению пятен (с лицевой стороны красновато-желтоватые, а с внутренней желтовато-коричневые). Со временем лист буреет и опадает. Для борьбы с возбудителем используют фунгицид «Топаз», бордоскую жидкость или ее заменители, при этом ветки с поврежденными листьями вырезают и сжигают, мульчируя почву.

Склеротиния – заболевание ягод, возбудителем которого является *Monilinia urnula*. При появлении данного заболевания ягоды уменьшаются и съеживаются. Для борьбы с возбудителем используют раствор эупаренома или топсинома по следующему алгоритму:

1) опрыскивание проводят трехкратно через семь дней до момента, когда начнется цветение, и повторяют после уборки ягод;

2) опрыскивание проводят бордоской жидкостью трехкратно весной (до распускания листьев) и осенью (после опадения их).

Также для снижения возникновения повреждения эффективно проводить санитарные и профилактические мероприятия на площадях. Мумифицированные ягоды уничтожаются.

Монилиоз – это заболевание вызывает грибок *Monilia urnula*, который поражает молодые побеги, листья, цветки и стебли. Для лечения проводят трехкратное опрыскивание фундозолом или топсином с интервалом в 7–10 дней [8].

Вирусные поражения на плантациях брусники образуются при *микоплазменных* заболеваниях, свойственные признаки следующие:

– карликовость листочков, цветочков и ягод;

– тонкость и удлиненность побегов, которые растут только вертикально;

– единичность и карликовость цветочных кистей в пазухах листьев.

Растения, больные данным вирусом, уже не вернутся к здоровому состоянию [8].

Выводы. При вирусных и микоплазменных болезнях эффективно помогают профилактические меры, такие как дезинфекция почвы пред посадкой, разделение маточных и производственных плантаций, своевременная уборка больных растений и истребление очагов инфекции, борьба с насекомыми – переносчиками возбудителей заболеваний [2].

В настоящее время культурные посадки брусники не многочисленны, считаем, что данная тема изучена слабо. На данном этапе нужно обратить внимание на агротехнические мероприятия, улучшающие рост, развитие и плодоношение брусники в культуре.

Литература

1. Павловский, Н. Б. Сортовая брусника в Белорусском Полесье / Н. Б. Павловский, Н. Н. Рубан. – Минск : Тэхналогія, 2000. – 230 с.

2. Тяк, Г. В. Биологическая рекультивация выработанных торфяников путем создания посадок лесных ягодных растений / Г. В. Тяк, Л. Е. Курлович, А. В. Тяк // Вестник Казанского гос. аграрного ун-та. – 2016. – Т. 11, № 2. – С. 43–46.

3. Шутов, В. В. О проблемах повышения эффективности использования дикорастущих ягодников / В. В. Шутов, А. Ф. Черкасов // Сборник научых статей, посвященный 50-летию Костромской лесной опытной станции ВНИИЛМ. – Кострома : ВНИИЛМ, 2006. – С. 241–247.

4. Кожухарь, Е. Н. Перспективы комплексной переработки ягод брусники в республике Тыва / Е. Н. Кожухарь, К. В. Нарылкова // Проблемы современной аграрной науки. – 2015. – С. 180–183.

5. Зарубина, Л. В. Химический состав и практическое применение ягод брусники обыкновенной (*Vaccinium vitisidaea* l.) / Л. В. Зарубина, Н. А. Житова // Практические аспекты ведения хозяйства и использования лесов : сборник статей по материалам Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции (6 декабря 2022 г.). – Вологда ; Молочное : ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА, 2023. – С. 125–129.

6. Курлович, Т. В. Брусника, голубика, клюква, черника / Т. В. Курлович. – Москва : МСП, 2005. – 126 с.

7. Потенциальные ресурсы лесных ягод в Вологодской области / А. В. Грязькин, С. А. Корчагов, С. Е. Грибов [и др.] // The Scientific Heritage. 2020. – № 45-2 (45). – С. 20–24.

8. Морозов, О. В. Болезнь мелких листьев *Vaccinium vitis-idaea* L. / О. В. Морозов // Весці Акадэміі навук Беларусі. Сер. біял. Навук. – 1996. – № 2. – С. 26–30.

ОХРАНА И ЗАЩИТА ЛЕСОВ В ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

[1] Л.В. Зарубина, [2] В.А. Корякин
[1]Россия, Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина
г. Вологда, с. Молочное
[2]Россия, ВНИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства
г. Пушкино

Аннотация. По площади земель лесного фонда Вологодская область занимает 4 место среди десяти регионов Северо-Западного федерального округа, уступая Республике Коми, Архангельской области и Республике Карелия. По отчетным данным Федерального агентства лесного хозяйства РФ, за период с 2012 по 2022 гг. площадь лесных земель по СЗФО сократилась на 0,16 %, по Вологодской области динамика данного показателя составила -0,24 %. По области за анализируемый период от лесных пожаров погибло лишь 3,92 %, а от болезней и вредителей – 19,12 % лесных насаждений от их общей площади. Основное количество лесных пожаров возникло по вине граждан – 83 %, по вине лесозаготовительных организаций – 2 %, гроза – 5 %, переход огня с земель категорий – 1 %, другие причины – 9 %. По данным показателям можно сделать вывод, что работа по своевременному выявлению и пресечению распространения лесных пожаров, очагов болезней и вредителей леса в области ведется на высоком уровне.
Ключевые слова: лесные земли, погибшие лесные насаждения, пожары, вредители, болезни, охрана и защита лесов.

Annotation. In terms of forest land area, the Vologda Region ranks 4th among ten regions of the Northwestern Federal District, behind the Komi Republic, the Arkhangelsk Region and the Republic of Karelia. According to reporting data from the Federal Forestry Agency of the Russian Federation for the period from 2012 to 2022. The area of forest land in the Northwestern Federal District decreased by 0.16 %; in the Vologda Region, the dynamics of this indicator amounted to -0.24 %. In the region, during the analyzed period, only 3.92 % of forest fires died from forest fires, and 19.12 % of forest plantations of their total area died from diseases and pests. The majority of forest fires arose due to the fault of citizens – 83 %, due to the fault of logging organizations – 2 %, thunderstorms – 5 %, fire crossing from category lands – 1 %, other reasons – 9 %. Based on these indicators, we can conclude that work on the timely detection and suppression of the spread of forest fires, outbreaks of diseases and forest pests in the region is carried out at a high level.
Keywords: forest lands, dead forest plantations, fires, pests, diseases, protection and protection of forests.

По площади земель лесного фонда Вологодская область занимает 4 место среди десяти регионов Северо-Западного федерального округа, уступая Республике Коми, Архангельской области и Республике Карелия. Доля лесов Вологодской области в общей структуре СЗФО составляет 10,16 %. За последние 10 лет данный показатель практически не изменился, но в целом площадь земель лесного фонда сократилась на 3,9 тыс. га.

Целью нашего исследования стал анализ статистических данных о динамике площадей лесных насаждений.

Актуальность работы заключается в изучении основных причин сокращения площадей лесных земель в Вологодской области.

По отчетным данным Федерального агентства лесного хозяйства РФ [1], за период с 2012 по 2022 гг. площадь лесных земель по СЗФО сократилась на 0,16 % (с 86 768,4 до 86 625,5 тыс. га), по Вологодской области динамика данного показателя составила -0,24 %

(с 10 160,4 до 10 136,9 тыс. га). Изменение площади погибших насаждений по регионам Северо-Западного федерального округа представлена на рисунке 1.

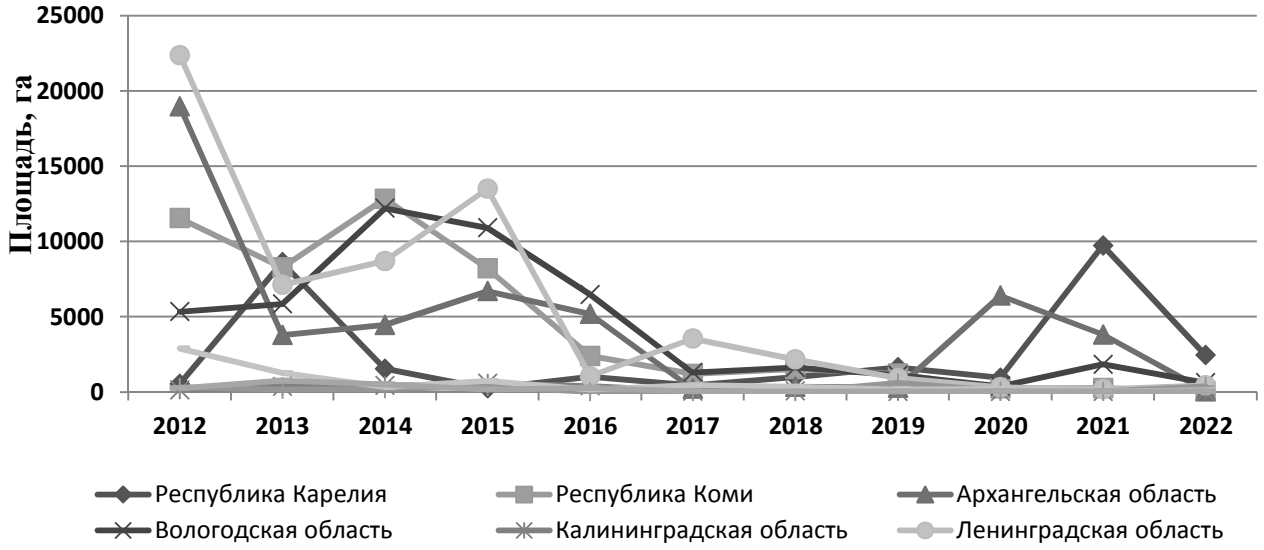


Рис. 1. Площадь погибших лесных насаждений по регионам СЗФО

Анализируя данные, можно отметить, что за десятилетний период увеличение площадей погибших насаждений по большинству регионов округа отмечалось в 2014–2015 и 2021 годах. По данным Росстата [2], основной причиной гибели лесных насаждений в СЗФО были лесные пожары антропогенного происхождения (рис. 2).

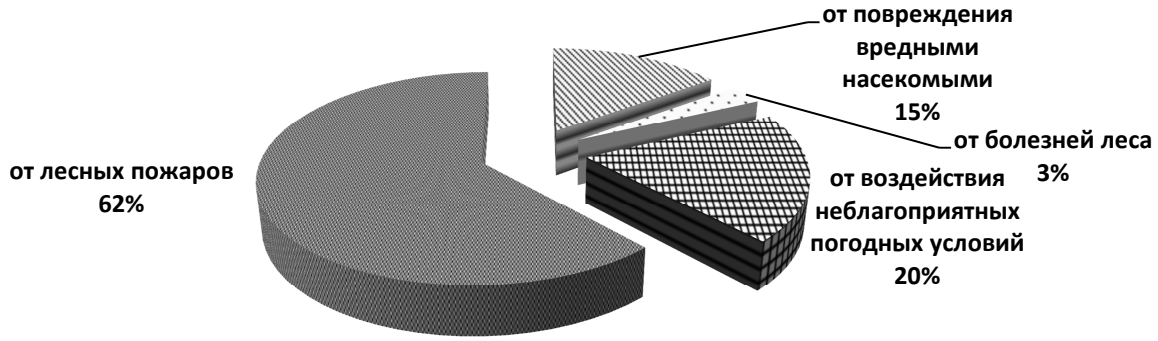


Рис. 2. Причины гибели лесных насаждений по СЗФО за 2012–2022 гг.

По Вологодской области за анализируемый период от лесных пожаров погибло лишь 3,92 %, а от болезней и вредителей – 19,12 % лесных насаждений от их общей площади (рис. 3). По данным показателям можно сделать вывод, что работа по своевременному выявлению и пресечению распространения лесных пожаров, очагов болезней и вредителей леса в области ведется на высоком уровне.



Рис. 3. Динамика площадей погибших насаждений в Вологодской области

Основными видами болезней и вредителей, наносящих ущерб вологодским лесам, являются короед-типограф (*Ips typographus* L.) и корневая губка (*Heterobasidion annosum* (FR.)). Причиной свыше 68 % лесных пожаров является антропогенный фактор, а совокупный ущерб от воздействия всех неблагоприятных факторов на леса значительно превышает величину общих расходов на их охрану, защиту и воспроизводство. По усредненным данным Департамента лесного комплекса Вологодской области [3], за изучаемый период основное количество лесных пожаров возникло по вине граждан – 83 %, по вине лесозаготовительных организаций – 2 %, гроза – 5 %, переход огня с земель категорий – 1 %, другие причины – 9 %.

Среди регионов СЗФО, территории которых были затронуты лесными пожарами, в 2022 г. Вологодская область заняла 5 место по наименьшей площади, пройденной ими. Доля площадей лесного фонда Вологодской области, пройденных лесными пожарами, от общей площади по СЗФО за десятилетний период не превышает 6 %.

Таблица

Статистика лесных пожаров в Вологодской области

Показатель	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Количество пожаров, по СЗФО шт.	1 816	813	848	406	1 452	799	729	1 380	966
По Вологодской обл., шт.	157	46	55	6	46	41	13	111	34
Процент	8,6	5,6	6,5	1,5	3,2	5,1	1,6	8,0	1,4
Площадь пожаров по СЗФО, га	7 231,0	1989,8	4056,0	13247,0	15560,0	1775,4	2111,7	23 996,7	62 454,6
По Вологодской обл., шт.	266,4	26,6	42,98	3,72	26,48	41,25	9,11	1397,7	37,07
Процент	3,7	1,4	1,1	-	0,2	2,4	0.4	5,9	-
Средняя площадь пожара, га	1,6	0,6	0,78	0,62	0,58	1,0	0,7	12,6	1,1

Окончание таблицы

Показатель	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Ущерб от лесных пожаров, тыс. руб.	22 480,5	1807,2	4391,7	239,7	1484,6	3251,7	1598,2	1 222 765	4641,0
В т.ч. затраты на тушение пожаров, тыс. руб.	9211,9	1648,2	2265,1	196.6	162,7	2204,3	491,6	58 489,4	3984,0

Таким образом, по результатам анализа статистических данных можно отметить, что за период 2012–2022 гг. показатели работы Департамента лесного комплекса Вологодской области находятся на высоком уровне. Эффективность работы по сохранению лесных насаждений подтверждаются незначительными объемами их сокращения.

Литература

1. Федеральное агентство лесного хозяйства : сайт. – URL: http://www. rosleshoz.gov.ru/ (дата обращения: 20.11.2023). – Текст : электронный.

2. Федеральной службы государственной статистики : сайт. – URL: https://rosstat. gov.ru/storage/mediabank/Ochrana_okruj_sredi_2022.pdf (дата обращения: 20.11.2023). – Текст : электронный.

3. Департамент лесного комплекса Вологодской области : сайт. – URL: https://dlk. gov35.ru/ (дата обращения: 20.11.2023). – Текст : электронный.

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ БОРОВОЙ ДИЧИ В ОБЩЕДОСТУПНЫХ ОХОТНИЧЬИХ УГОДЬЯХ

А.А. Карбасников
Россия, Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина
г. Вологда, с. Молочное

Аннотация. В статье рассматривается боровая дичь как охотничий ресурс, а ежегодные маршрутные учеты – как систематический мониторинг. На основании данных изучена динамика численности глухаря, тетерева, рябчика и белой куропатки. Подробно рассмотрены условия их обитания. Сделаны заключения о возможных причинах снижения или роста численности популяций. Так, численность глухаря и рябчика за трехлетний период выросла, но все равно остается не достаточно большой. Среди изучаемых птиц большая численность у тетерева (более 1000 особей). Критически снизилась популяция белой куропатки. В 2022 году насчитывается лишь 30 особей этой птицы. По результатам выполненного анализа предложены мероприятия по улучшению ситуации.
Ключевые слова: динамика численности, популяция, лимитирующий фактор.

Annotation. The article considers wild game as a hunting resource, and annual route records as systematic monitoring. Based on the data, the dynamics of the number of capercaillie, grouse, grouse and white partridge were studied. The conditions of their habitat are considered in detail. Conclusions are made about possible causes of population decline or growth. So the number of grouse and

grouse has grown over a three-year period, but still remains not large enough. Among the studied birds, the grouse has a large number (more than 1000 individuals). The population of the white partridge has critically decreased. In 2022, there are only 30 individuals of this bird. Based on the results of the analysis, measures to improve the situation are proposed.
Keywords: population dynamics, population, limiting factor.

Динамика численности популяции охотничьих ресурсов является важнейшей ее характеристикой. В первую очередь она взаимосвязана с внешними факторами среды и межвидовыми взаимоотношениями.

Благодаря учету численности в охотхозяйствах ведется систематический мониторинг. Его данные позволяют оценить степень влияния естественных и антропогенных факторов на вид, степень его приспособления и выявление биологических закономерностей [1, 2, 3].

Цель исследования заключается в изучении динамики численности боровой дичи и ее анализе в общедоступных охотничьих угодьях Верховажского муниципального округа.

Для проведения исследований использовались материалы зимних маршрутных учетов (ЗМУ), выполняемых по утвержденной методике. Согласно данным, по ведомостям ЗМУ на территории Верховажского муниципального округа боровая дичь представлена тетеревом, рябчиком, глухарем и белой куропаткой.

Площадь общедоступных охотничьих угодий, в пределах которых проводилось исследование, составляет 87 тыс. га (рис. 1) [4].

Большую часть территории занимают леса, в которых преобладают лиственные породы (84 %), болота составляют всего 9 %, и на поля приходится 7 %.

Местообитания глухаря – это сосновые и смешанные хвойно-мелколиственные леса. Наиболее благоприятны зеленомошные сосняки, граничащие с сосняками сфагновыми, так как по окраинам таких болот он часто устраивает токовища. Лесов с преобладанием лиственных пород глухарь избегает.

Рябчик также лесная птица, она может обитать практически в любом типе леса. Предпочитает густые смешанные леса вдоль лесных рек и ручьев, в составе которых ель, береза и ольха [3].

Для глухаря и рябчика больше всего благоприятных угодий на исследуемой территории, тем не менее, численность их не высока (рис. 2).

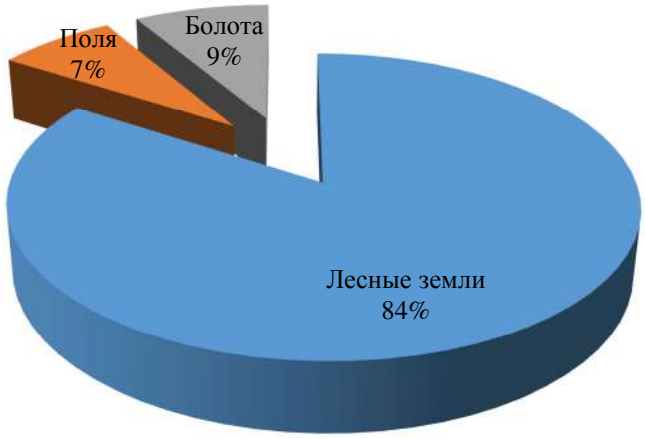


Рис. 1. Распределение общедоступных охотничьих угодий по категориям

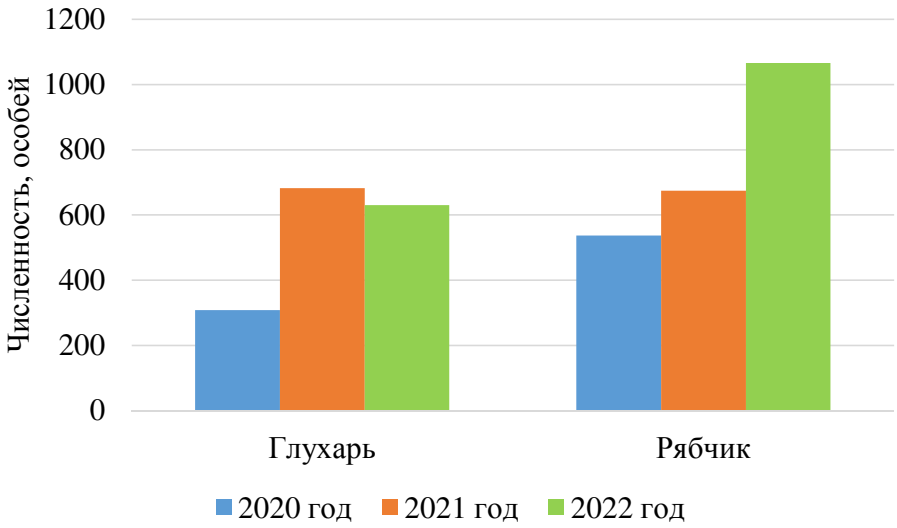


Рис. 2. Динамика численности глухаря и рябчика за период 2020–2022 гг.

Наблюдается увеличение численности рябчика в общедоступных охотничьих угодьях Верховажского муниципального округа за трехлетний период на 49,5 %. По сравнению с другими территориями Вологодской области район занимает лишь 22 место (из 26 районов) по численности данной птицы.

Популяция глухаря за трехлетний период в целом увеличилась на 51 %, но в последний год наблюдается незначительный спад числа особей на 7,6 %, что находится в пределах статистической ошибки. Район занимает 17 место в области. Основным показателем, снижающим численность лесных видов птиц, является снижение площади их мест обитания и кормовой базы. Преимущественно это сосновые и смешанные древостои. Отмечающийся рост спровоцирован снижением темпов лесозаготовки в рассматриваемый период времени из-за экономической ситуации.

Тетереву необходимы для обитания рощи и перелески, преимущественно березовые, в сочетании с открытыми пространствами. Также его часто можно встретить по окраинам верховых болот, долинах крупных рек и сельскохозяйственных угодьях, на вырубках и гарях. Темнохвойных лесов избегает.

Белая куропатка предпочитает обитать на болотах с зарослями ивняка, а также может населять поля и луга, но полностью открытых пространств избегает [3].

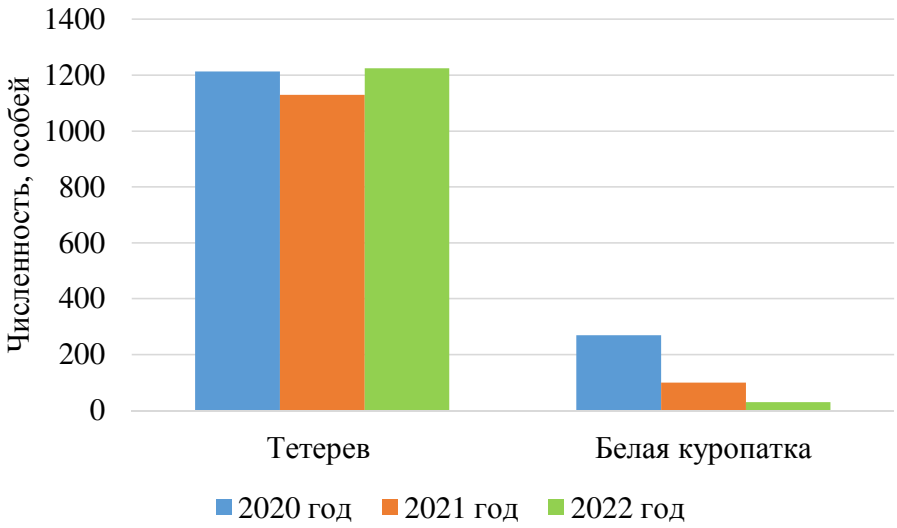


Рис. 3. Динамика численности тетерева за период 2020–2022 гг.

Численность тетерева находится на стабильно высоком уровне. Вариация значений в пределах 1–8 %. Стабильно высокая плотность популяции тетерева объясняется большим количеством зарастающих сельскохозяйственных угодий, которые благоприятны для обитания птицы. По поголовью данной птицы Верховажский муниципальный округ занимает 15 место.

Численность белой куропатки в исследуемом районе снижается. За трехлетний период фиксируется критическое уменьшение особей в 9 раз. Верховажский муниципальный округ занимает 23 место по числу этой птицы. Несмотря на то что для данного вида характерны циклические колебания числа особей, темп снижения очень значительный. Основным лимитирующим фактором для белой куропатки является хищничество. Спровоцировать такое значительное снижение мог рост популяции енотовидной собаки в последние годы и распространение ворон в населенных пунктах, которые охотятся как на взрослых птиц, так и разоряют гнезда.

В целом надо отметить незначительную численность боровой дичи на территории Верховажского муниципального округа. В связи с чем можно рекомендовать проведение ряда мероприятий по улучшению ситуации. Среди мер предлагаем проводить беседы с местным населением для снижения фактора беспокойства птиц во время сбора грибов и ягод, снижать число хищников и бродячих собак, запретить самовыгул собак, создавать больше галечников и порхалищ.

Литература

1. Бекмуратова, Д. М. Динамика численности животных как важный объект экологического мониторинга / Д. М. Бекмуратова // Экономика и социум. – № 6. – 2018. – С. 164–167.

2. Черкас, Н. Д. Динамика численности и основные факторы, вызывающие сокращение численности рябчика в Беловежкой пуще / Н. Д. Черкас // Лесной вестник. – 2006. – № 1. – С. 41–46.

3. Карбасников, А. А. Динамика численности боровой дичи в Верховажском районе Вологодской области / А. А. Карбасников, Е. С. Байдаков // Ростки науки : сборник статей бакалавров и магистрантов по материалам научной конференции (10 декабря 2020 г.). – Вологда ; Молочное, 2021. – С. 3–6.

4. Байдаков, Е. С. Динамика численности куньих в Верховажском районе Вологодской области / Е. С. Байдаков // Практические аспекты ведения хозяйства и использования лесов. – Вологда ; Молочное, 2023. – С. 240–244.

ЗООЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКАЗНИКИ КАК ЭФФЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО ПО СОХРАНЕНИЮ ПОПУЛЯЦИИ ОХОТНИЧЬИХ ЖИВОТНЫХ

А.А. Карбасников
Россия, Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина
г. Вологда, с. Молочное

Аннотация. В статье рассматривается роль зоологических (охотничьих) заказников на территории Вологодской области. Анализ их значения в сохранении и восстановлении популяций промысловых животных. Рассмотрена текущая ситуация в изучаемом регионе. До 2020 года в области имелось тринадцать заказников, рассматриваемого вида имеющие региональное значение. К 2025 году их число должно сократиться до двух. Значительными темпами снижаются площади, находящиеся под государственной охраной. Новых заказников не создается. При этом некоторые промысловые виды имеют низкую численность.
Ключевые слова: заказник, промысловые животные, сохранение, восстановление.

Annotation. The article discusses the role of zoological (hunting) sanctuaries on the territory of the Vologda region. Analysis of their significance in the conservation and restoration of commercial animal populations. The current situation in the region under consideration is considered. Until 2020, there were thirteen nature reserves in the region, of the type in question having regional significance. By 2025, their number should be reduced to two. The areas under state protection are decreasing significantly. No new reserves are being created. At the same time, some commercial species have low numbers.
Keywords: wildlife sanctuary, commercial animals, conservation, restoration.

В 2020 году на территории Вологодской области было зарегистрировано 13 зоологических (охотничьих) заказника, которые занимали площадь 424,3 тыс. га. Основная доля заказников была создана в конце 20 века. Задачи у них были разные, но цель одна. Она заключалась в охране хозяйственно ценных животных, в первую очередь относящихся к объектам охоты и восстановлении их популяции.

Так, самый старый Великоустюгский заказник был создан в 1963 году, площадь составляла 17,935 тыс. га, организован с целью реакклиматизации речного бобра. В реку Луженьга было выпущено 40 особей, привезенных из Воронежской области. Великоустюгский заказник стал первым на территории области объектом по расселению данного вида в северо-западные районы. Через 10 лет поголовье бобров увеличилось в 10 раз, а статус заказника был переведен в общевидовой. Охраняемая территория преимущественно занята сосновыми лесами. Благодаря запрету проведения всех видов охот на его территории, а также проводимыми биотехническими мероприятиями, здесь обитали – лоси, зайцы-беляки, куницы, белки, горностаи, ласки, боровая дичь, волки, рыси. В 2020 году заказник был ликвидирован. По численности горностая, куницы и рыси Великоустюгский район находится на среднем уровне.

Также для расселения бобра были созданы заказники Чарозерский Кириловского района (один из старейших и самый большой по площади, 1963–2006 гг.), Юзский Бабушкинского района (1974–1997 гг.), Никольский Никольского района (2001–2009 гг.). Они выполнили свои функции и были реорганизованы, но необходимо отметить, что помимо бобра на территории этих заказников в благоприятных условиях обитали и другие охотничьи виды, что указывается в литературных источниках [1, 2, 3].

В середине 90-х годов прошлого столетия на территории Вологодской области наблюдалось значительное снижение численности лося. Основной причиной этому явилось ухудшение кормовой базы этого копытного животного, в связи со снижением объемов рубок и увеличением численности популяции волков, которые наносили ощутимый ущерб. В связи с этим были организованы зоологические заказники, целью которых стало сохранение ценного охотничьего ресурса – лося. Одним из таких стал Кемский заказник Никольского района, который был организован в 2000 году на площади 23,2 тыс. га. На его территории были организованы биотехнические сооружения, солонцы и подкормочные площадки, а для дичи оборудованы порхалища и галечники. Все эти мероприятия сыграли существенную роль в увеличении поголовья лося и боровой дичи в районе, и в 2021 году заказник был ликвидирован. Кичменгско-Городецкий заказник также был организован в 1996 году на площади 28,2 тыс. га с целью охраны лося как основного ресурса. Условия местности, хорошая кормовая база, проведенные биотехнические мероприятия обеспечили восстановление численности сохатого в регионе. Значительный ущерб популяции наносят хищники, численность которых в данном районе высока. Кроме лося, на территории успешно обитают глухарь, куница, выдра, рысь и заяц беляк. Заказник ликвидирован в 2020 году.

Вожегодский заказник выполнял функцию комплексного, но основным охраняемым видом также стал лось. На момент его создания в 2000 году лосей на территории района оставалось всего 35 особей. Благодаря охранным и биотехническим мероприятиям (на пло-

щади 16,249 тыс. га было создано 15 солонцов). Кроме лося, под охрану попадали глухарь, тетерев, рябчик, белая куропатка и даже кабан и бурый медведь. В 2020 году заказник был реорганизован.

Для охраны боровой дичи в области также создавались заказники. Они были одними из самых больших по площади. Так, в 1971 году на площади в 93,4 тыс. га создан Тотемский государственный зоологический заказник. Большую часть его площади занимали благоприятные условия для обитания боровой дичи, поэтому целью создания являлось сохранение и восстановление численности глухаря, тетерева и водоплавающей дичи. Под строгой охраной находились места их обитания и гнездования. Заказник ликвидирован в 2020 году. Ковжинский зоологический комплексный заказник был создан в 1997 году на площади 75,8 тыс. га в Вытегорском районе. Создавался с целью охраны всей охотничьей фауны района, но благодаря хорошей кормовой базе и наличию рек и озер наиболее благоприятными условия стали для водоплавающей и боровой дичи. Также ликвидирован в 2020 году [4]. Еще два комплексных заказника Лесютинский Нюксенского района (2009–2019 гг.) и Туфановский Грязовецкого района (2009–2019 гг.) были ликвидированы в связи с истечением установленного срока функционирования.

В настоящий момент на территории Вологодской области функционирует пять зоологических (охотничьих) заказников (табл.), из которых три будут ликвидированы в 2024 годы: Усть-Рецкий (Сямженский муниципальный округ), Шемогодский (Великоустюгский муниципальный округ) и Белозерский (Белозерский муниципальный округ). В 2025 году останется только два заказника. За последние 13 лет не создано ни одного регионального зоологического заказника.

Таблица

Действующие зоологические (охотничьи) заказники Вологодской области

№ п/п	Наименование заказника	Дата создания	Район	Площадь, тыс. га	Цель создания	Обитаемые виды животных
1	Бабушкинский заказник	08.07.1997	Бабушкинский муниципальный округ	21,7	изначально охрана речного бобра, в настоящий момент охрана всех охотничьих видов	глухарь и другая боровая дичь, белка, лисица, норка, куница, рысь
2	Белозерский заказник	26.11.1964	Белозерский муниципальный округ	31,7	изначально охрана речного бобра, в настоящий момент охрана всех охотничьих видов	белка, заяц-беляк, куница, лисица, лось, тетерев, рябчик, белая куропатка
3	Нижне-Кубенский заказник	21.10.1997	Харовский муниципальный округ	19,1	комплексный общевидовой	разнообразные виды птицы
4	Усть-Рецкий заказник	16.10.1969	Сямженский муниципальный округ	31,9	комплексный общевидовой	бобр, ондатра, норка, медведь, рысь, белка, заяц, лось, кабан, боровая дичь

Окончание таблицы

№ п/п	Наименование заказника	Дата создания	Район	Площадь, тыс. га	Цель создания	Обитаемые виды животных
5	Шемогодский заказник	16.11. 1967	Великоустюгский муниципальный округ	20,9	изначально охрана речного бобра, в настоящий момент охрана всех охотничьих видов	лось, лисиц, волк, заяц-беляк, куница, рысь, охотничье-промысловые птицы

По данным на 2023 год, зоологические заказники занимают 125,3 тыс. га, в ближайшее время сократится площадь на 67 %. Создание новых зоологических (охотничьих заказников) не планируется.

Среди заказников, подлежащих ликвидации, Белозерский заказник, созданный с целью охраны речных бобров, а в настоящее время общевидовой. Имеет высокую численность популяции лося, несмотря на то, что расположен вблизи шоссе Белозерск – Череповец, которое является фактором беспокойства животных.

Усть-Рецкий заказник, расположен на территории Сямженского муниципального округа, здесь обитают разнообразные виды животных, в числе которых норка и рысь – виды, численность которых в Вологодской области незначительная. Также здесь довольно большие популяции бобра, ондатры, медведя, белки, зайца, лося, кабана, боровой дичи. Факторами беспокойства являются автодорога Вологда – Архангельск, проходящая вдоль границы заказника, и большое число сборщиков ягод и грибов.

Шемогодский зоологический заказник Великоустюгского муниципального округа был также создан как видовой бобровый, а в настоящий момент является общевидовым. Сосновые спелые леса благоприятно влияют на увеличение численности редких для региона видов куницы и рыси. Также здесь довольно много лосей, лисиц, волков, зайца-беляка и промысловых птиц.

Площади, занятые перечисленными выше заказниками, после ликвидации в связи с истечением установленного срока функционирования переведутся в статус общедоступных охотничьих угодий, и на них будет разрешена охотхозяйственная деятельность.

В Вологодской области остается два заказника Бабушкинский и Нижне-Кубенский, которые имеют бессрочную деятельность. Общевидовой Бабушкинский заказник имеет многочисленную популяцию боровой дичи и пушных зверей (лисицы, куницы, рыси, белки, норки).

Нижнекубинский заказник расположен в Сямженском муниципальном округе. Здесь на площади 19,1 тыс. га обитает большое количество птицы, как боровой, так и водоплавающей. Этому способствуют водные пространства (река Сить, река Вондожь) и хвойные древостои. Среди промысловых птиц здесь наиболее многочисленны глухарь, тетерев, рябчик, утка, гусь. Охотничьи животные представлены белкой, зайцем-беляком и лосем. Обитают и хищники: бурый медведь, волк, красная лиса, рысь.

В целом необходимо отметить, что зоологические (охотничьи) заказники хорошо выполняют свои функции. Промысловые животные увеличивают свою численность не только на данных территориях, но и распространяются на соседние. Тем не менее, в области остаются малочисленными популяции некоторых видов животных, таких как росомаха (16 особей, зарегистрированных в 3 районах), заяц-русак (16 особей, зарегистрированных в 3 районах), рысь (928 особей), хорь (1758 особей) [5]. В некоторых районах малочисленным стал кабан (Харовский район (49 особей), Вологодский (77 особей), Грязовецкий (81 особь), Вожегодский (94 особи)). Необходимо рассмотреть возможность создания на этих территориях новых охотничьих заказников.

Литература

1. Особо охраняемы природные территории, растения и животные Вологодской области / под редакцией Г. А. Воробьева. – Вологда, 1993. – 256 с.

2. Природа Вологодскойобласти / главный редактор Г. А. Воробьев. – Вологда, 2007. – 440 с.

3. ООПТ России : сайт. – URL: http://www.oopt.aari.ru/ (дата обращения: 20.11.2023). – Текст : электронный.

4. Яковлева, О. А. Обзор особо охраняемых природных территорий Вытегорского района Вологодской области / О. А. Яковлева // Молодые исследователи агропромышленного и лесного комплексов – регионам. Сборник научных трудов по результатам работы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Вологда ; Молочное, 2023. – С. 305–310.

5. Байдаков, Е. С. Динамика численности куньих в Верховажском районе Вологодской области / Е. С. Байдаков // Практические аспекты ведения хозяйства и использования лесов. – Вологда ; Молочное, 2023. – С. 240–244.

ТРОФИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ ЛОСЯ (*ALCES ALCES* L.) НА ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВУЮ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ТИПИЧНЫХ МЕСТООБИТАНИЙ ВОЛОГОДЧИНЫ

И.А. Комаров, Е.Н. Пилипко
Россия, Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина
г. Вологда, с. Молочное

Аннотация. Кратко рассмотрен запас доступных кормов и полнота их использования в разных лесных экосистемах для самого крупного фитофага Вологодской области – лося (*Alces alces* L.). Дана оценка влияния лося на древесно-кустарниковую растительность на территории типичных мест обитаний животного. В результате исследований было выявлено, что наиболее посещаемые территории – вырубки с молодой древесно-кустарниковой растительностью, преимущественно лиственной – рябина, осина, ива, береза. Вырубки разной давности образуют необходимую для лося мозаичность местообитания. Следовательно, лось не испытывает дефицита кормов и обеспечен благоприятными условиями для нормальной жизнедеятельности на территории Вологодской области.
Ключевые слова: лось, вырубки, трофика.

Annotation. The stock of available feeds and the completeness of their use in different forest ecosystems for the largest phytophagus of the Vologda region – elk (Alces alces, L) is briefly considered. An assessment of the influence of the moose on the woody and shrubby vegetation on the territory of typical animal habitats is given. As a result of the research, it was revealed that the most visited areas are cuttings with young tree and shrub vegetation, mainly deciduous – rowan, aspen, willow, birch. Cuttings of different ages form the mosaic of habitat necessary for the moose. Consequently, the moose does not experience a shortage of feed and is provided with favorable conditions for normal life on the territory of the Vologda region.
Keywords: moose, logging, trophics.

Введение. Лось – наиболее крупный представитель фитофагов на территории Вологодской области. Влияние лося на древесно-кустарниковую растительность зависит от запаса и

доступности кормовой базы для животного. Известно, что сокращение кормовой емкости угодий приводит к увеличению повреждаемости других, нередко более ценных пород. Недостаток кормов, в конце концов, ведет популяцию к депрессии и сокращению численности [6, 7]. Поэтому важен постоянный мониторинг кормовой базы и емкости угодий для лося с целью своевременного выявления проблемных ситуаций и принятия эффективных решений, обеспечивающих снижение негативного влияния на лесные экосистемы и в то же время поддерживающих численность Вологодской популяции лося.

Результаты исследований и их обсуждение. В северо-таежной зоне зимний период потребления веточного корма составляет 220–230 дней. Суточная потребность в веточном корме одного лося составляет от 7 до 20 кг в зависимости от возраста и, в меньшей степени, от пола животного. Таким образом годичное потребление одним лосем зимнего древесно-веточного корма в нашей зоне составляет 3 тонны. Эта цифра принята большинством исследователей [1, 2, 3]. За период наблюдения, нами было выявлено предпочтение лосем конкретных экосистем. Обнаружено, что практически во все периоды года животное предпочитает молодняки, что, возможно, связано с легким обкусыванием и сгрызанием ветвей и побегов у молодых растений осенью и зимой и с доступностью свежих, сочных вновь появившихся листьев весной. Таким образом, молодняки характеризуются обилием древесно-веточных кормов, наличием грибов и ягод в весеннее-летнее-осенний периоды и наличием хороших защитных условий. Было выявлено, что наиболее посещаемые территории с молодой древесно-кустарниковой растительностью, преимущественно лиственной, – рябина (до 15 лет), осина (до 15 лет), ива (до 10 лет), береза (до 12 лет), ольха серая (до 12 лет) и подрост сосны (до 10 лет). В подросте ели лось, прежде всего, предпочитает примеси лиственных. В основном лось, находясь в подросте ели, избирательно обкусывал ветки и побеги молодых деревьев осины, ивы и иногда березы, очень редко сосны. На некоторых площадях наблюдалось единичное повреждение ели преимущественно в виде обдира коры. Повреждение было зафиксировано свежее – весной этого года, очевидно в период сокодвижения, когда кора хорошо отходит от древесины. Лось обдирает кору целыми лоскутами, причем подгрызает ее внизу и, ухватив, тянет кверху.

Запас доступных кормов для лося в различных экосистемах рассчитывается по таблицам А.А. Козловского (1971) и зависит от среднего состава древостоя и класса возраста [5]. Запасы доступных кормов на территории разных экосистем (табл.) были рассчитаны нами по методике Е.Н. Мартынова по усредненным показателям, взятым из таблиц А.А. Козловского, с учетом среднего состава молодняков и преобладающей сомкнутости.

Таблица

Запасы доступных кормов для лося на пробных площадях, рассчитанные Мартыновым по таблицам Козловского (1971)

Тип лесных экосистем	ПП площадь, га	Класс возраста	Запас доступных кормов	
			т/га	т на данной ПП, ***F***
Лиственные средневозрастные	4,0	3	0,4	1,6
Лиственные средневозрастные	18,0	3	0,4	7,2
Лиственный спелый, подрост ели	13,0	9	0,2	2,6
Лесные культуры	5,0	2	0,6	3,0
Лиственные средневозрастные	24,0	3	0,4	9,6
Лиственные молодняки	13,0	2	0,5	6,5
Еловые молодняки	9,0	1	0,5	4,5
Вырубка Лиственные молодняки	11,0	1	0,5	5,5

Окончание таблицы

Тип лесных экосистем	ПП площадь, га	Класс возраста	Запас доступных кормов	
			т/га	т на данной ПП, ***F***
Лиственный спелый, подрост ели	4,0	8	0,2	0,8
Еловые молодняки	15,0	1	0,5	7,5
Вырубка Лиственные молодняки	3,0	1	0,5	1,5
Лиственный спелый, подрост ели	22,0	8	0,2	4,4
Лиственные молодняки	4,0	1	0,5	2,0
Еловые молодняки	2,0	1	0,5	1,0
Еловый спелый, подрост ели	6,0	6	0,3	1,8
Лиственный спелый, подрост ели	3,0	9	0,2	0,6
Лиственные средневозрастные	10,0	4	0,3	3,0
Лиственные молодняки	4,0	2	0,5	2,0
Лиственные молодняки	2,0	2	0,5	1,0

Летняя кормовая емкость угодий зависит от запаса кормов в зоне досягаемости лося. Это хвойные и лиственные молодняки в пределах I класса возраста, а также подлесочные кормовые породы во всех классах возраста древостоев. Различные древесные и кустарниковые породы имеют для лося неодинаковую кормовую ценность, в связи с чем и повреждаются им в различной степени.

Определение наиболее часто поедаемых кормов проводилось нами на наших пробных площадках глазомерно. Подсчитывались наиболее поврежденные экземпляры, определялись порода, вид повреждения, после чего по шкале Жаркова (1959) [4] определялось процентное соотношение обилия и степень использования (поедаемость) растений на площади.

Наиболее посещаемая площадь в летний период – это 4-летняя лиственная вырубка, так как молодняки притягивают лося своей кормовой базой и относительно невысокими размерами. В зимний период, наоборот, лось больше посещает смешанные (сосново-лиственные и елово-лиственные) молодняки, так как в зимнее время отсутствует листва, из-за чего лось избегает открытых пространств и выходит только к стене леса. Смешанные молодняки, ввиду своих размеров (4–6 метров) являются убежищем и кормовой базой в зимнее время.

Анализ соотношения кормов по породному составу лиственных растений выявил, что 47,3 % приходится на рябину, 34,1 % – на иву, далее следует осина – 14,5 %, оставшиеся 4,1 % приходятся на березу, крушину и клен остролистный. На территории вырубки восьмилетней давности количество поврежденных деревьев несколько меньше, так как данная территория посещалась реже.

В первые пять лет идет бурное зарастание вырубок корневыми отпрысками осины и ивы, что является благоприятными кормовыми условиями для лося. В результате интенсивного многолетнего объедания лосем побегов и коры, осина и ива могут выпасть из состава древостоя, тогда как мало повреждаемая береза и ель займут господствующее положение. В насаждениях старших возрастов осина и ива могут встречаться лишь в виде примеси к березе, ели и другим слабо повреждаемым лосем породам [9].

С лесохозяйственной точки зрения замена неустойчивых, пораженных гнилью осинников на здоровые березняки является положительным фактором, о чем пишут и некоторые авторы [10, 11], но предпочтение лосем осинников является причиной удержания лося на вырубках только до определенного возраста. Таким образом, влияние лося на возобновление сплошных вырубок осиной, ивой и березой, заращиваемых естественным путем, не может иметь большого значения при достаточной кормовой емкости территории.

При исследовании предпочтения кормов было выявлено, что наиболее посещаемые вырубки с молодой древесно-кустарниковой растительностью, преимущественно лиственной, – рябина, осина, ива, береза до 15–20-летнего возрастного периода.

В результате исследований характера повреждений, нами были установлены наиболее повреждаемые породы – рябина, осина и ива, на долю которых приходится более 50 % повреждений. Среди основных повреждений выделены объедание побегов, листвы и хвои, залом вершин и обдир коры.

По мнению Теплов В.П. (1952), допустимая норма изъятия годового прироста для многоярусных лиственных лесов может составлять до 60–70 % годового прироста древесно-кустарниковой растительности основных кормовых пород [8]. Мы в результате исследований выявили, что для оптимального восстановления нарушенной после рубок экосистемы, изъятие продуцентов не должно превышать 40 % от годового прироста древесно-кустарниковой растительности.

Литература

1. Данилов, П. И. Охотничьи звери Карелии: экология, ресурсы, управление, охрана / П. И. Данилов. – Москва : Наука, 2005. – 340 с.

2. Данилов, П. И. Распространение и численность копытных в Карелии / П. И. Данилов // Копытные фауны СССР. – Москва : Наука, 1975. – С. 80–82.

3. Дунин, В. Ф. Оценка кормовой базы лося в лесных угодьях / В. Ф. Дунин, А. Д. Янушко. – Минск : Уражай, 1979. – 234 с.

4. Жарков, И. В. О методах, применяемых в США при изучении роли копытных в лесу / И. В. Жарков // Сообщение института леса АН СССР. – 1959. – Вып. 13. – С. 32–43.

5. Козловский, А. А. Лесные охотничьи угодья / А. А. Козловский. – Москва, 1971. – 159 с.

6. Перовский, М. Д. Методы управления популяциями охотничьих животных России / М. Д. Перовский. – Москва : «Лион», 2003. – 251 с.

7. Смирнов, К. А. Использование лосем (*Alces Alces*) кормовых ресурсов в южной тайге при высокой плотности популяции / К. А. Смирнов // Зоологический журнал. – 1986. – Т. LXV, вып. 3. – С. 436–443.

8. Теплов, В. П. Методы учета численности и географического распределения наземных позвоночных / В. П. Теплов. – Москва, 1952. – 234 с.

9. Федоров, Ф. Ф. Влияние лося на лесовосстановительные процессы на вырубках в центральной части зоны хвойно-широколиственных лесов / Ф. Ф. Федоров. – 1983. – 178 с.

10. Федорчук, В. Н. Изменение показателей лесных биогеоценозов на начальных этапах восстановительной сукцессии после сплошных рубок (по материалам постоянных наблюдений) / В. Н. Федорчук, М. Л. Кузнецов // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отделение биологии. – 1995. – Т. 100, вып. 2. – С. 85–99.

11. Уланова, Н. Г. Механизмы сукцессий растительности сплошных вырубок в ельниках южной тайги / Н. Г. Уланова // Актуальные проблемы геоботаники : материалы III Всероссийской школы-конференции. – Петрозаводск : Карельский научный центр РАН. –2007. – С. 198–211.

ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ЗЕЛЕНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПО МАГИСТРАЛЬНЫМ УЛИЦАМ Г. ВОЛОГДЫ

Д.М. Корякина, О.А. Васильева, Е.В. Цыпилева, А.Д. Головкина
Россия, Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина
г. Вологда, с. Молочное

Аннотация. В статье отражены результаты количественной и качественной оценки жизненного состояния зеленых насаждений на основных магистральных улицах г. Вологды, разработаны и предложены мероприятия по их содержанию. В общей сложности, по результатам инвентаризационных работ, в санитарную рубку назначено 225 экземпляров, что составляет 8 % от общего числа учтенных деревьев. В доминирующем большинстве удалению подлежат экземпляры березы повислой (47 экз.) и липы мелколистной (47 экз.). Среди мероприятий по восстановлению основными являются уходы за стволом (732 экз.) и кронами растений (400 экз.). Среди древесных пород, нуждающихся в проведении уходов, лидирующее положение занимает липа мелколиственная (127 экз.). Имеется необходимость в удалении части стволов у многоствольных форм деревьев. Эти мероприятия позволят снизить фаутность и аварийность.
Ключевые слова: инвентаризация, зеленые насаждения, древесные и кустарниковые растения, санитарное и жизненное состояние, санитарно-оздоровительные мероприятия.

Annotation. The article reflects the results of a quantitative and qualitative assessment of the vital condition of green spaces on the main main streets of Vologda, and measures for their maintenance have been developed and proposed. In total, according to the results of inventory work, 225 specimens were assigned to sanitary felling, which is 8 % of the total number of trees recorded. In the dominant majority, specimens of drooping birch (47 specimens) and small-leaved linden (47 specimens) are subject to removal. Among the restoration measures, the main ones are caring for the trunk (732 specimens) and crowns of plants (400 specimens). Among tree species in need of care, the leading position is occupied by small-leaved linden (127 specimens). There is a need to remove part of the trunks of multi-stemmed trees. These measures will help reduce accidents and accidents.
Keywords: inventory, green spaces, trees and shrubs, sanitary and living conditions, sanitary and health measures.

Зеленые насаждения г. Вологды находятся в довольно своеобразных условиях, значительно отличающихся от природных. Здесь совершенно иной световой и тепловой режим, нарушен водный баланс, специфичны почвенно-грунтовые условия. Воздушная среда также характеризуется наличием примесей загрязнителей. В связи с этим большое внимание должно уделяться благоустройству территорий и уменьшению количества вредных выбросов и пыли в атмосферу. Огромную роль в этом отношении играют древесные и кустарниковые растения, которые выполняют не только декоративные, но и санитарно-гигиенические функции.

Объект исследования – зеленые насаждения по магистральным улицам г. Вологды (ул. Чернышевского, ул. Зосимовская, ул. Герцена, ул. Набережная 6 Армии, ул. Пречистенская набережная, ул. Предтеченская, ул. Горького, ч. ул. Карла Маркса (от ул. Чернышевского до ул. Комсомольской), ч. ул. Некрасова (от ул. Чернышевского до ул. Комсомольской).

Цель исследования: выполнить инвентаризацию зеленых насаждений и комплексную оценку их жизненного состояния на основных магистральных улицах г. Вологды.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: разработать программу и методические подходы; организовать и провести обучающие занятия по организации и проведению инвентаризационных работ для задействованных лиц; выполнить обследование и оценить жизненное состояние зеленых насаждений; разработать и оформить техническую документацию; оформить аналитическую записку по результатам выполненных работ.

Исследования выполнены в рамках реализации муниципального проекта «Зеленый каркас» города Вологды по созданию комфортной городской среды посредством создания условий для увеличения площади озеленения и качества работ по его благоустройству.

В ходе комплексного исследования проведена оценка жизненного состояния зеленых насаждений на основных магистральных улицах. Инвентаризации подлежали древесные растения и кустарники, произрастающие вдоль улиц (пространства между дорогой и пешеходным тротуаром, между полосами дорог), при этом учитывались следующие метрические параметры: деревья, имеющее на высоте 1,3 м (уровень груди), диаметр более 6,1 см (полное описание); молодые деревья, не достигшие диаметра (на высоте 1,3 м) 6,1 см; выпавшие (отсутствующие или погибшие) растения. При выполнении инвентаризационных работ идентифицировался видовой состав древесных и кустарниковых растений, определялось: долевое участие растений в составе зеленых насаждений, диаметр ствола, высота штамба для деревьев и класс высоты [1–5].

В камеральных условиях рассчитывались средние таксационные показатели (табл. 1). В основе оценки санитарного состояния зеленых насаждений лежало отнесение составляющих его деревьев и кустарников к той или иной категории жизненного состояния по шкале, приводимой в «Санитарных правилах в лесах Российской Федерации» [6]. На основе этой оценки назначались деревья к удалению. В зависимости от выявленных повреждений проектировались уходы. При наличии сухих ветвей в кроне (более 15 % от числа скелетных ветвей), несформированной кроны рекомендованы мероприятия по уходу за кроной. Если фиксировалось наличие дупел, трещин, ран или других поражений были предложены рекомендации по уходу за стволом. При наличии поросли, уплотнения почвы в приствольном круге (отсутствует растительность), намечались уходы в приствольных кругах.

В настоящее время магистральных улицах г. Вологда произрастают древесные и кустарниковые растения как искусственного, так и естественного происхождения. В доминирующем большинстве это лиственные деревья и кустарники. Основной древесной породой является вяз гладкий. Его долевое участие в составах зеленых насаждений по 9 улицам составляет до 6 единиц.

В ходе подеревной инвентаризации в общей сложности учтено 2546 растений. В целом породный состав дендрофлоры на этой территории представлен 33 видами, в том числе 19 – древесные растения и 14 – кустарники. Среди деревьев доминантными породами являются вяз гладкий (24,6 %), береза повислая (21,3 %), липа мелколистная и крупнолистная (23,1 %). Единично (до 2 %) встречаются ель обыкновенная, клен приречный, ясенелистный; рябина обыкновенная, сосна обыкновенная, тополь дрожащий, черемуха обыкновенная, яблоня сортовая. Кустарниковые растения характеризуются следующим составом (количеством экземпляров): ул. Набережная 6 Армии (карагана древовидная – 5; боярышник кроваво-красный – 3, дерен белый – 5; бузина черная – 1; сирень обыкновенная – 5; шиповник – 1); ул. Предтеченская (кизильник блестящий – 3.); ул. Герцена (кизильник блестящий – 1; сирень обыкновенная – 12; шиповник – 1); ул. Карла-Маркса (ч.) (боярышник кроваво-красный – 1; сирень обыкновенная – 12); ул. Чернышевского (боярышник кроваво-красный – 30; жимолость татарская – 2; сирень обыкновенная – 1). Среди обследованных видов растений 1 классом высоты характеризуются береза повислая, тополь бальзамический (табл. 2). Самыми низкими древесными растениями являются экземпляры кленов, яблони сортовой.

Максимальное значение по среднему диаметру определено для тополя бальзамического (49,6 см).

Таблица 1

Ландшафтно-таксационные паспорта зеленых насаждений

Название улицы	Состав	Средние		Количество древесных и кустарниковых растений, экз.	Количество утративших жизнеспособность древесных и кустарниковых растений, экз.
		Д, см	Класс высоты		
Герцена	6В4Лп ед $Кл_о$ +Б, $Л_{сб}$, Т, $Я_о$	23,7	2	403	129
Горького	4Б2В2Лп1Т1 Яс + $К_о$ ед Д, $Кл_я$, Рб, Ос, $Ч_о$	27,2	2	490	128
Зосимовская	6 В2Лп1Б1Яс + Яб ед $К_о$, Т, Ос, $Кл_я$	26,3	2	290	29
Карла Маркса (ч.)	4Лп3Т1Б1В1$Р_б$ ед Д, Ив, $К_о$, $К_я$	29,0	2	67	3
Набережная 6 Армии	6Лп3Б1$Кл_о$+ Т, $В_г$, Д, Ив, $Кл_я$, Яс ед $Ол_с$, Рб, $Ч_о$,	34,6	2	479	145
Некрасова (ч.)	4С3Б2Яб1В	23,6	3	10	13
Предтеченская	3Б3Д1$В_г$1Лп1$Кл_о$1Лц + $К_{пр}$, С, Т, Яб, Яс ед Ив, $К_к$,	32,8	2	173	52
Пречистенская набережная	3В3Т2$К_я$2Ос+ Яс ед Ив	28,0	2	20	-
Чернышевского	3Ив2Т2Яс2В1$К_о$, +Д, Е, Лп, С ед Яб	31,2	2	614	638
			Итого	2546	1137

В ходе оценки древесных и кустарниковых растений по категориям санитарного состояния большая часть из них (83 % от общего количества) отнесена к первым 3 категориям (1–3), т.е. признаны здоровыми, без признаков сильного ослабления, с зеленой, блестящей листвой (хвоей), густой кроной, хорошим приростом и отсутствием вредителей и болезней. У них имеются незначительные механические повреждения и небольшое количество усохших ветвей.

Сильно ослабленными и усыхающими являлись в большинстве своем деревья ясеня обыкновенного, клена остролистного, тополя дрожащего и липы мелколистной. К древесным растениям, характеризующимся неудовлетворительным жизненным состоянием, отнесены экземпляры вяза гладкого (заселен энотомовредителями) и тополя бальзамического. Молодые посадки в доминирующем большинстве сильно повреждены: облом вершин, сухие сучья, механические повреждения.

В ходе обследования выявлено 16 разновидностей повреждений. Наиболее распространенными являются сухие сучья и механические повреждения. Среди древесных пород наибольшее их количество зафиксировано у липы мелколистной и вяза гладкого.

Таблица 2

Сводная ведомость подеревной инвентаризации древесных растений

Породный состав	Долевое участие		Распределение по классам высоты, %				Средний диаметр ствола, см
	экз.	%	1	2	3	среднее	
Береза повислая (*Betula pendula)*	519	21,3	23	69	8	1,9	28,7
Вяз гладкий (*Ulmus laevis)*	599	24,6	2	44	54	2,4	22,4
Дуб черешчатый (*Quercus robur)*	59	2,4	6	59	35	2,3	36,9
Ель обыкновенная (*Picea abies)*	4	0,2	-	75	25	2,2	17,5
Ива (виды) (*Salix)*	152	6,2	-	15	85	2,8	29,0
Каштан конский (*Aesculus hippocastanum)*	2	0,1	-	-	-	-	-
Клен остролистный (*Acer platanoides)*	103	4,2	-	5	95	2,9	16,4
Клен приречный (*Acer ginnala)*	9	0,4	-	-	100	3,0	11,5
Клен ясенелистный (*Acer negundo)*	15	0,6	7	40	53	2,5	25,4
Липа мелколистная и крупнолистная (*Tilia cordata, platyphyllos)*	562	23,1	9	64	27	2,2	31,8
Лиственница сибирская (*Larix sibirica)*	9	0,4	11	89	-	1,9	25,6
Ольха серая (*Alnus incana)*	1	0,0	-	-	-	-	-
Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia)*	14	0,6	-	14	86	2,9	11,7
Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris)*	15	0,6	-	53	47	2,5	24,5
Тополь бальзамический (*Populus balsamifera)*	201	8,3	82	14	4	1,2	49,6
Тополь дрожащий (*Populus tremula)*	9	0,4	-	67	33	2,3	21,8
Черемуха обыкновенная (*Padus avium)*	3	0,1	-	-	100	3,0	17,7
Яблоня сортовая (*Malus)*	12	0,5	-	17	83	2,8	17,8
Ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior)*	146	6,0	1	60	39	2,8	24,7
Итого	2425	100,0	-	-	-	-	-

В результате дендрометрической и санитарной оценки жизненного состояния древесных и кустарниковых растений выполнено детальное описание 2546 экземпляров растений. На основании выполненных инвентаризационных работ определены объемы работ по удалению растительности, а также запланированы мероприятия по уходу за сохраняемой частью зеленых насаждений.

При этом следует отметить, что все рекомендации должны быть выполнены комплексно, желательно в один календарный год. По результатам санитарной оценки часть древесных и кустарниковых растений подлежит удалению. Это в первую очередь растения, характеризующиеся 4 и 5 категориями. В общей сложности в санитарную рубку назначено 225 экземпляров, что составляет 8 % от общего числа учтенных деревьев. В доминирующем большинстве удалению подлежат экземпляры березы повислой (47 экз.) и липы (47 экз.).

В ходе оценки выявлены древесные и кустарниковые растения, нуждающиеся в уходе. Среди этих мероприятий основным является уход за стволом (формирование штамба растений, 732 экз.) и кронами растений (удаление сухих сучьев, а также формирование компактной кроны, 400 экз.). Кроме этого, требуется удаление части стволов у многоствольных деревьев, что позволит снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций. В целом необходимо удаление 274 стволов, уборка поросли в приствольных кругах – у 232 деревьев.

Литература

1. Карбасникова, Е. Б. Зеленые насаждения, как объект культурного наследия / Е. Б. Карбасникова, Д. М. Корякина // НИРС – шаг в науку : сборник трудов магистрантов и аспирантов по материалам научно-практической конференции. – Вологда ; Молочное : ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА, 2017. – 128 с.

2. Корякина, Д. М. К вопросу сохранения и сбережения зеленых насаждений на объектах культурного наследия / Д. М. Корякина, Ф. Н. Дружинин, Ю. И. Макаров // Научная жизнь. – 2017. – № 8. – С. 72–82.

3. Соколов, В. И. Вологда: история строительства и благоустройства / В. И. Соколов. – Вологда : Северо-Западное книжное издательство, 1977. – 159 с.

4. Методика инвентаризации городских зеленых насаждений. – Москва : Академия коммунального хозяйства имени К. Д. Памфилова, 1997. – 15 с.

5. Травникова, Г. И. Основы лесопаркового хозяйства : методические указания по проведению учебной практики и сбору дипломного материала / Г. И. Травникова. – Архангельск : АГТУ, 2003. – 12 с.

6. Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах : Постановление Правительства РФ от 09 декабря 2020 г. № 2047. – Текст : электронный // КонсультантПлюс : сайт. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_370645/?ysclid=lpipon5rt5374920 (дата обращения: 20.11.2023).

МОДЕЛЬ ОБРАЗУЮЩЕЙ СТВОЛОВ ДЕРЕВЬЕВ ЕЛИ КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-76-01016, https://rscf.ru/project/23-76-01016/.

А.В. Лебедев, В.В. Гостев
Россия, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева г. Москва

Аннотация. Аппроксимацию диаметра дерева на любой высоте возможно производить посредством применения моделей образующей древесного ствола. Рассмотрено апробированное на региональных данных наиболее корректно предсказывающее изменение диаметра с высотой трехпараметрическое уравнение образующей древесного ствола, применение которого позволит упростить процедуру сортиментации еловых древостоев Костромской области.
Ключевые слова: форма ствола, образующая ствола, регрессионные модели, еловые древостои, Костромская область.

Annotation. It is possible to approximate the diameter of a tree at any height by using a stem taper model. The three-parameter equation of the generatrix of the stem taper, tested on regional data and most correctly predicting the change in diameter with height, is considered, the use of which will simplify the procedure for sorting spruce stands in the Kostroma region.
Keywords: trunk shape, trunk forming, regression models, spruce stands, Kostroma region.

Модели образующей древесного ствола получили широкое распространение в лесохозяйственных исследованиях [1–3]. Уравнения образующей служат для оптимизации выявления сортиментной структуры стволов и древостоев. Для Костромской области, относящейся

к южнотаежному району европейской части России, ранее не предпринимались попытки моделирования образующей стволов [4–6]. Целью исследования являлось обоснование модели образующей древесного ствола с одним уравнением, наиболее корректно описывающей изменение диаметра с высотой в древостоях ели Костромской области.

Экспериментальными материалами послужили данные анализа стволов 2160 деревьев ели. По результатам полевых работ и архивным материалам удалось составить базу данных, содержащих 21 296 измерений диаметра на различных высотах стволов. Диапазон диаметров на высоте 1,3 м полученной выборки составил от 3,2 до 44,7 см, высот – от 4,1 до 36 м. Возраст измеренных модельных деревьев составил от 10 до 126 лет. При сборе экспериментального материала учитывались господствующие и согосподствующие деревья из древостоя. График рассеяния относительной высоты (h / H) по относительному диаметру (d / D) представлен на рисунке 1.

Расчеты производились в Python с применением пакета scipy.optimize.curve_fit v. 1.10.1.

Наиболее адекватно образующую стволов деревьев ели в условиях Костромской области аппроксимирует трехпараметрическое уравнение Garcia [7], имеющее следующий вид:

$$d_i = \sqrt{D^2 \left(\frac{H - h_i - b_0 + b_0 \exp\left(-\frac{(H - h_i)}{b_0}\right) + b_1 (H - h_i) \exp\left(-\frac{h_i}{b_2}\right)}{H - 1{,}3 - b_0 + b_0 \exp\left(-\frac{(H - 1{,}3)}{b_0}\right) + b_1 (H - 1{,}3) \exp\left(-\frac{1{,}3}{b_2}\right)} \right)},$$

где d_i – диаметр дерева на высоте h_i, см;

D – диаметр дерева на высоте 1,3 м, см;

H – высота дерева, м;

b – параметры модели.

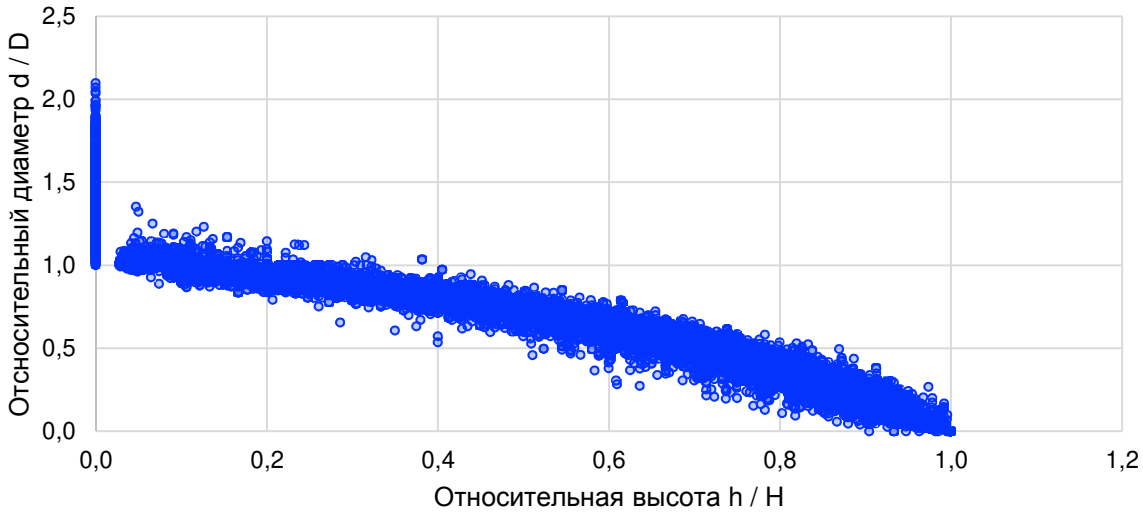


Рис. 1. График рассеяния относительной высоты (h / H) по относительному диаметру (d / D)

Для полученной модели рассчитаны критерии достоверности [8, 9]: квадратный корень из среднеквадратической ошибки (RMSE = 1,521), средний абсолютный процент ошибки (MAPE = 10,184), средняя абсолютная ошибка (MAE = 0,910), среднее смещение остатков (MBE = -0,071), коэффициент детерминации (R^2 = 0,975). Анализ распределения остатков и оценки метрик качества говорят о хорошей обобщающей способности рассматриваемого уравнения.

На рисунке 2 представлена прогнозируемая по уравнению образующая стволов ели, построенная по предсказанным значениям диаметров, в сравнении с фактическими для дерева средней величины из выборки с таксационным диаметром 21,2 см и высотой 21,9 м. Модель адекватно описывает образующую комлевой, центральной частей ствола и вершины.

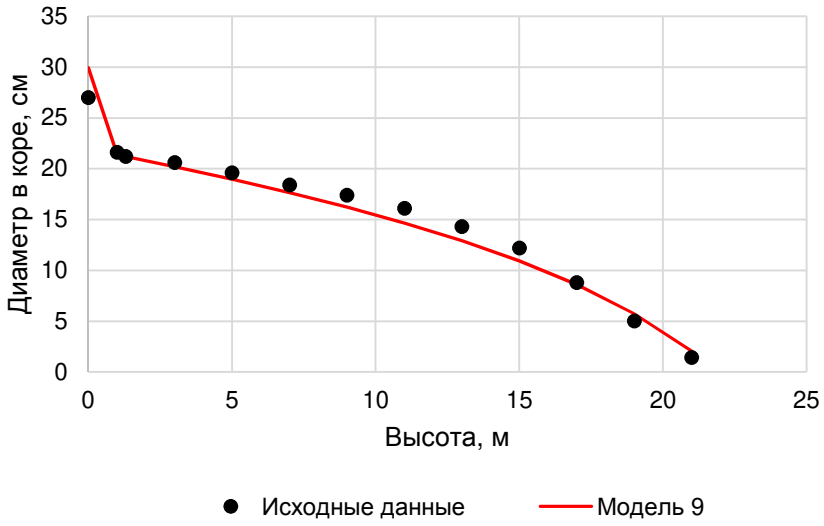


Рис. 2. Образующая ствола, построенная при помощи модели и фактические значения диаметров для дерева средней величины (D = 21,2 см, H = 21,9 м)

Рассматриваемая трехпараметрическая регрессионная зависимость образующей может применяться для оценки сортиментной структуры отдельных стволов и древостоев в сочетании с моделями распределения деревьев по толщине в условиях Костромской области. Для получения качественных региональных таксационных материалов требуются дальнейшая разработка моделей сортиментной структуры, основывающихся на предложенном уравнении образующей ствола.

Литература

1. Батурин, К. В. Анализ математических моделей образующих древесных стволов / К. В. Батурин, А. В. Стариков // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – № 3 (5). – С. 23–26. – DOI: 10.12737/16198.

2. Kozak, A. My last words on taper equations / A. Kozak // Forestry Chronicle. – 2004. – № 80. – P. 507–515. – DOI:10.5558/tfc80507-4.

3. Забавская, Л. Н. Параметры образующей функции “Harris” и форма нижней части деревьев сосны / Л. Н. Забавская, А. А. Вайс // Хвойные бореальной зоны. – 2021. – № 39 (2). – С. 95–101.

4. Кузьмичев, В. В. Закономерности изменения размеров и качества древесины деревьев в лесах Европейской России (по материалам А. А. Крюденера) / В. В. Кузьмичев, А. В. Лебедев. – Кологрив : Государственный природный заповедник «Кологривский лес», 2022. – 96 с.

5. Петровский, В. С. Моделирование параметров древесных стволов в насаждении / В. С. Петровский, В. В. Малышев, Ю. В. Мурзинов // Лесотехнический журнал. – 2012. – № 4 (8). – С. 18–22.

6. Кузьмичев, В. В. Образующая стволов деревьев сосны в таблицах А. А. Крюденера / В. В. Кузьмичев, А. В. Лебедев, В. В. Гостев // Материалы V Национальной конференции по итогам научной и производственной работы преподавателей и студентов в области лесного

дела, ландшафтной архитектуры, мелиорации и экологии, посвященной 100-летию со дня рождения профессора М. А. Дудорева : сборник материалов конференции (Саратов, 15–19 мая 2023 г.). – Саратов : Общество с ограниченной ответственностью «Амирит», 2023. – С. 153–156.

7. Garcia, O. Dynamic modelling of tree form / O. Garcia // Mathematical and Computational Forestry and Natural-Resource Sciences. – 2015. – № 7. – P. 39–15.

8. Дубенок, Н. Н. Регрессионные модели смешанных эффектов зависимости высоты от диаметра ствола в сосновых древостоях европейской части России / Н. Н. Дубенок, А. В. Лебедев, В. В. Гостев // Лесной вестник – Forestry Bulletin. – 2023. – Т. 27, № 5. – С. 37–47. – DOI: 10.18698/2542-1468-2023-5-37-47.

9. Two-parameters single equa-tion stem taper models of Pinus sibirica in Si-beria, Russia / A. Lebedev, V. Gostev, A. Gemonov [et al.] // E3S Web of Conferences EBWFF 2023. – International Scientific Conference Ecological and Biological Well-Being of Flora and Fauna (Part 1). – 2023. – Vol. 420. – DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342001024.

ГИБРИДНАЯ ФОРМА БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ И БЕРЕЗЫ ПУШИСТОЙ

М.А. Новикова, Л.А. Новикова
Россия, Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет им. С.М. Кирова
г. Санкт-Петербург

Аннотация. Гибриды *Betula pendula* × *pubescens*, зачастую отличающиеся быстрым ростом, прочной устойчивой к гнилям древесиной, декоративностью, и являются перспективным материалом для селекционной работы, в том числе с использованием биотехнологических методов. Для исследований были отобраны 3 модельных дерева, хорошо демонстрирующие признаки обоих видов березы, березы повислой (*Betula pendula* Roth) и березы пушистой(*Betula pubescens* Ehrh.), произрастающих в южной тайге. Были выявлены основные морфологические признаки гибридной формы березы.
Ключевые слова: береза повислая, береза пушистая, гибрид, естественное возобновление.

Annotation. *Betula pendula* × *pubescens hybrids*, often characterized by rapid growth, durable rot-resistant wood, decorative and are a promising material for breeding work, including using biotechnological methods. For the research, 3 model trees were selected that well demonstrate the characteristics of both types of birch: pendent birch (*Betula pendula* Roth) and silver birch (*Betula pubescens* Ehrh.), growing in the southern taiga. The main morphological features of the hybrid form of birch were identified.
Keywords: pendent birch, silver birch, hybrid, natural renewal.

Береза (*Betula* L.) является одной из распространенных лесообразующих пород на территории Восточно-Европейского региона. Среди полнодревесных форм доминирующее положение занимают береза повислая (*B. pendula* Roth) и береза пушистая (*B. Pubescens* Ehrh.). Береза повислая является важнейшим образователем березовых формаций в лесах нашей страны. Это дерево – одно из самых быстрорастущих отечественных лесообразующих пород [5].

Часто береза рассматривается лесоводами как предшественник хвойных пород – сосны, кедра, пихты и ели, а также как «порода-нянька» для них. Однако возобновительный процесс под пологом болотных березняков во многом неоднозначен [3] и результат его зачастую непредсказуем. В ходе проведения полевых и камеральных работ было замечено, что

есть промежуточная форма березы, которую трудно отнести к одному конкретному виду, так как она сочетала в себе признаки как березы повислой (*Betula pendula* Roth), так и березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.). Гибриды *Betula pendula* × *pubescens*, зачастую отличающиеся быстрым ростом, прочной устойчивой к гнилям древесиной, декоративностью, и являются перспективным материалом для селекционной работы, в том числе с использованием биотехнологических методов [4]. С практической точки зрения особую актуальность представляет направление селекции берез, включающее вопросы наследуемости и проявления полигенных признаков в гибридном потомстве, гетерозиса, особенности системы скрещивания и др. [2].

Актуальность работы заключается в определении гибридных форм березы, так как доказано, что гибриды березы отличаются быстрым ростом, а следовательно, являются перспективным материалом для селекционных работ.

Цель: определить признаки гибридной формы березы в естественных насаждениях.

Объект исследования. Заброшенные сельхозземли в Бежецком районе Тверской области вблизи села Моркины Горы. Учет подроста и оценка успешности естественного возобновления проводили на учетных площадках. Кроме этого, на каждом объекте определены таксационные характеристики древостоев по общепринятой методике. Для обследования молодого поколения закладывались круговые учетные площадки с постоянным радиусом 178,5 см [1]. На них учитывали живой напочвенный покров, подрост, подлесок. На данном объекте были отобраны 3 модельных дерева, хорошо демонстрирующие признаки обоих видов березы, березы повислой (*Betula pendula* Roth) и березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.), произрастающих в южной тайге.

Результаты исследования.

Модельное дерево № 1. Преимущественные признаки у данной модели от березы повислой (*Betula pendula* Roth), в основном они проявились в форме кроны и листьях, кора же и побеги соответствуют березе пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.). Полное описание модели № 1 таково: высота 20 м, возраст 15 лет, кора белая с редкими слущиваниями (показатель березы пушистой), крона со свисающими ветвями, что является признаком березы повислой, листья ромбовидные, липкие, гладкие, побеги опушены с редкими бородавками.

Модельное дерево № 2. Преобладающими признаками у данной модели являются признаки березы пушистой. Они также проявляются в кроне, побегах и форме листа, а вот кора соответствует березе повислой (*Betula pendula* Roth). Полное описание модели № 2: высота 15 м, возраст 15 лет, кора трещиноватая (показатель березы повислой), крона широковетвистая, продолговатая, что является признаком березы пушистой, листья яйцевидной формы, липкие, гладкие, побеги опушенные.

Модельное дерево № 3. Данная модель проявляет признаки как березы повислой, так и березы пушистой в равной степени. Полное описание модели № 3: высота 5 м, возраст 10 лет, кора белая, гладкая (это является признаком березы пушистой), крона со свисающими ветвями, листья яйцевидные, гладкие, имеют опушение, побеги липкие, бородавчатые

Выводы. Таким образом, в ходе полевых и камеральных работ удалось выявить основные признаки гибридной формы березы, опираясь на внешние морфологические признаки, такие как листья, ветви, кора и форма кроны. Гибридная форма встречается редко, но есть исключения, рассмотренные выше.

Литература

1. Грязькин, А. В. Возобновительный потенциал таежных лесов (на примере ельников Северо-Запада России) / А. В. Грязькин. – Санкт-Петербург, 2001. – 188 с.

2. Гроздова, Н. Б. Береза / Н. Б. Гроздова. – Москва : Лесная промышленность, 1979. – 81 с.

3. Жильцова, С. Г. Оценка возобновительного процесса в болотных березняках междуречья Оби и Томи / С. Г. Жильцова, С. П. Ефремов // Вестник ТГУ. – 2003. – № 7. – С. 97–105.

4. Константинов, А. В. Анализ морфологических параметров посадочного материала сомаклональных генотипов межвидового гибрида *Betulapendula x pubescens* / А. В. Константинов // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов, 2014. – С.139–141.

5. Погиба, С. П. Гибридологический анализ сибсов березы повислой по коре / С. П. Погиба, Е. В. Казанцева // Лесной вестник. – 2014. – № 4. – С. 6–12.

ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ ОТ СЕЗОНА РУБКИ В ОСИНОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Г.А. Петрова, Н.М. Ятманова, И.К. Сингатуллин
Россия, Казанский государственный аграрный университет
г. Казань

Аннотация. Цель исследования является изучение зависимости возобновления после проведения сплошных рубок осиновых лесов от сезона рубки, проведенных в осиновых насаждениях лесостепной зоны Республики Татарстан. Проведено обследование возобновления после вырубок в осиновых насаждениях в разное время года в двух лесничествах лесостепной зоны Республики Татарстан. Установлено, что имеются различия в количестве и составе подроста в зависимости от сезона рубки. Наибольшее количество подроста осины вегетативного происхождения имеется на вырубках зимнего и осеннего периода, наименьшее – при летней рубке осины. Кроме осины на всех участках присутствуют подрост липы и клена вегетативного происхождения. Наибольшую высоту на всех объектах имеет подрост осины и липы, меньше у клена.
Ключевые слова: рубка, осина, подрост, возобновление, состав, рубка.

Annotation. The purpose of the research is to study the dependence of regeneration after clear cutting of aspen forests on the cutting season carried out in aspen plantations in the forest-steppe area of the Republic of Tatarstan. A survey of regeneration was carried after logging in aspen plantations at different times of the year out in two forest districts in the forest-steppe area of the Republic of Tatarstan. It has been established that there are differences in the quantity and composition of undergrowth depending on the logging season. The largest amount of aspen regrowth of vegetative origin is found in winter and autumn period, and the smallest amount is found in summer aspen cuttings. In addition to aspen, linden and maple undergrowth of vegetative origin are present in all areas. Aspen and linden undergrowth has the highest height on all objects, and maple has less.
Keywords: aspen, undergrowth, renewal, composition, felling.

Цель исследования: изучить процесс возобновления в осинниках после проведения сплошных рубок, проведенных в разное время года.

Осина является самой распространеной породой в Республике Таттарстан. Обладая высокой корнеотпрысковой способностью к возобновлению, она после рубки занимает всю площадь, происходит смена пород [1–2]. При создании лесных культур на вырубках осина, появляясь в большом количестве и обладая высоким приростом в первые годы жизни, заглушает ценные породы, при несвоевременном проведении уходов культуры погибают. Поэтому одна из задач лесозаготовителей при проведении рубок в древостоях с участием осины уменьшить порослевую способность осины, увеличив участие в составе древостоя более ценных пород деревьев [3].

Оценка возобновления проводилась на вырубке закладкой по диагонали учетных площадок размером 5×5 м с подразделением по породам по категориям крупности [3].

Объектами исследований явились вырубки осины и состояние возобновления этих площадей после проведения сплошных рубок в разные годы в разное время года:

1 Объект. Квартал 52 Чернореченского участкового лесничества ГКУ «Алькеевское лесничество»: Состав до рубки 8Ос2Б+Лпн. Тип леса – осинник ясменниковый, ТЛУ – Д2. Вырубка: февраль 2017 г. Площадь 1,36 га. Вырубка: июль 2017 г. Площадь 2,06 га. Вырубка: июль 2016 г. Площадь 3 га.

2 Объект. Квартал 84 Чебоксарского участкового лесничества ГКУ «Аксубаевское лесничество»: Состав до рубки 10Ос+Лпн. Тип леса – осинник ясменниковый, ТЛУ – Д2. Вырубка: июль 2016 г. Площадь 7,2 га. Вырубка: июль 2016 г. Площадь 2,7 га.

На части площадей осинника на первом объекте, подвергнувшемся усыханию после засухи 2010 года, в 2019–2020 гг. были проведены сплошные рубки, после проведения которых появился подрост [6].

На объекте № 1 учет подроста с определением его состава был проведен не только на вырубках, но и под пологом осинников, где рубка еще не была проведена (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика естественного возобновления по породам на объекте № 1 под пологом (шт/уч. пл.)

Н, м	Осина	Липа	Клен	Всего
0,51–1,5м	15,2	2,4	9,6	27,2
Более 1,5м	78	14	11	103
Итого, приведенная	93,2	16,4	70,6	130,2

Среднее количество подроста на данном страте составит Nстр= Nвыб±mx= 3644 ± 215 шт/га, под пологом древостоя формируется естественное насаждение смешанного состава 7Ос2Кл1Лп.

После усыхания осина не теряет порослевой способности, и после вырубки она в течение года занимает освободившуюся площадь, за год достигая высоты более 1,5 м, перерастая и вытесняя другие породы. Проведенные нами ранее исследования выявили динамику смены пород в смешанных осиново-березовых насаждениях, подвергшихся усыханию. Одним из негативных результатов усыхания смешанных осиновых насаждений является формирование чистых осинников порослевого происхождения с низкими товарными качествами без участия березы [4].

Проведем сопоставление количества подроста на первом объекте после проведения рубки в 2019–20 гг. в разное время года (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительная характеристика естественного возобновления по породам на исследованных объектах по количеству и составу в ГКУ «Алькеевское лесничество»

Показатели	Вырубка 2019 г. февраль	Вырубка 2020 г. июль	Вырубка 2020 г. июль
Количество, шт/га	63916 ±6810	25352 ± 4056	35640 ± 4276
Состав после рубки	8Ос1Лп1Б+Кл	7Ос2Лп1Кл	6Ос3Лпн1Кл
Коэффициент существенности различия t		1.7	3.5

Как видно из полученных результатов, есть различия в количестве подроста на лесосеках разных годов, проведенных в разное время, – на лесосеке февраля 2019 года количество подроста больше, чем на лесосеках лета 2020 года, участия в составе осины выше при зимней рубке. Кроме осины в составе подроста представлены липа и клен порослевого происхождения.

Есть существенные различия в распределении подроста по категориям крупности, что связано с биологией породы – на 2–3 год после проведения рубки преобладает осина и липа в категории крупный, клен большей частью средний и мелкий (табл. 3).

Таблица 3

Сравнительная характеристика естественного возобновления по категориям крупности на первом объекте

Н, м	Вырубка 2017	Вырубка 2017	Вырубка 2016
До 0,5 м	95	-	58
0,51–1,5 м	788	85	341
1,51 и выше	741	821	332

Вырубка древостоя проводилась на втором объекте в течение нескольких лет, поэтому на 2-м объекте была видна разница в количестве и высоте подроста, появившегося после вырубки, учет подроста проводился по каждой вырубке раздельно. Для определения зависимости количества подроста и его состава под пологом и на вырубках от года и сезона вырубки проведем сопоставление полученных данных (табл. 4).

Таблица 4

Сравнительная характеристика естественного возобновления по породам на исследованных объектах по количеству и составу в зависимости от сезона рубки в ГКУ «Аксубаевское лесничество»

Показатели	Под пологом	Вырубка осенью 2018 г.	Вырубка летом 2019 г.	Вырубка зимой 2020 г.
Количество, шт/га	4644 ±1215	8667 ±1907	2160 ±683	8200 ±1279
Состав	7Ос2Кл1Лп	7Ос3Лп1Кл	3Лп3Кл3Ос1В	9Ос1Кл +Лп
Коэффициент существенности различия t	-	0,5	5,2	0,4

Как видно из полученных результатов, есть различия в количестве подроста под пологом леса и на лесосеках различных годов, есть различие в составе подроста – на лесосеке 2019 года, проведенного летом, количество подроста меньше, в составе в одинаковой степени представлены липа, клен и осина. Под пологом и на лесосеках осени 2018 года и зимы 2020 года преобладает осина порослевого происхождения, различия по количеству существенны.

Есть существенные различия в распределении подроста по категориям крупности, что связано с биологией породы – большую высоту имеет подрост осины и липы порослевого происхождения, меньшую клена и вяза (рис.).

Вывод. Проведенные исследования показали, что имеются существенные различия в количестве подроста в зависимости от года и сезона рубки – при летней рубке осины она возобновляется слабее, увеличивается доля сопутствующих пород. После естественного воз-

обновления вырубок необходимо проводить уход в первую очередь за ценными для данных условий породами – дубом, липой и березой.

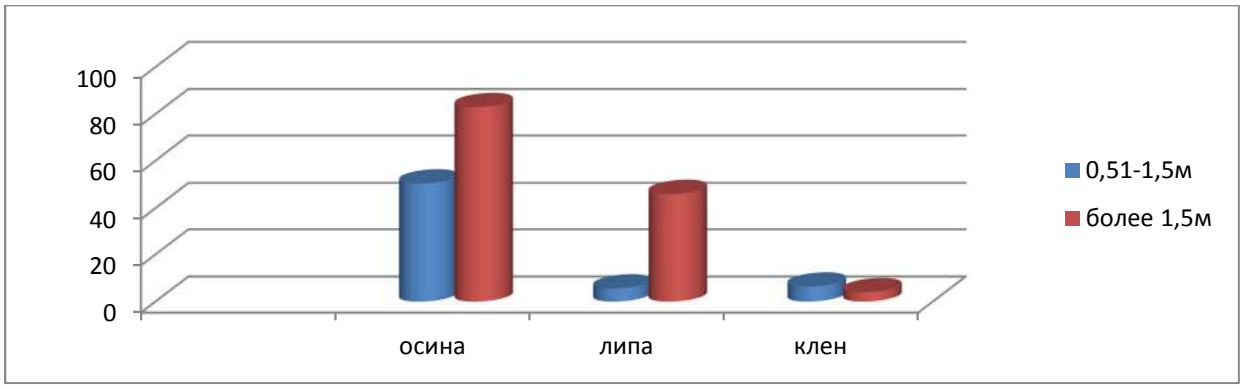


Рис. Распределение подроста по породам по количеству по категориям крупности при зимней вырубке 2020 года

Литература

1. Сингатуллин, И. К. Состояние осинников Республики Татарстан после засухи 2010 года / И. К. Сингатуллин // Вестник Казанского аграрного университета. – 2016. – № 3. – С. 40–45.

2. Глушко, С. Г. Динамика лесов как фактор изменения условий существования лесной биоты среднего Поволжья / С. Г. Глушко, И. Р. Галиуллин // Актуальные проблемы развития лесного комплекса : материалы XVIII Международной научно-технической конференции (Вологда, 01 декабря 2020 г.). – Вологда : Вологодский государственный университет, 2020. – С. 19–21. – EDN CVUUQV.

3. Гизитдинов, А. И. Состояние возобновления в осинниках и березняках после проведения сплошной рубки в ГКУ «Алькеевское лесничество» Республики Татарстан / А. И. Гизитдинов, И. К. Сингатуллин // Современные достижения аграрной науки : научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 80 летию доктора сельскохозяйственных наук, профессора, член-корреспондента РАН, почетного члена АН РТ, академика АИ РТ, трижды Лауреата Государственных и Правительственной премии в области науки и техники, Заслуженного деятеля науки РФ, Заслуженного работника сельского хозяйства РТ Мазитова Назиба Каюмовича (Казань, 02 ноября 2020 г.) / Казанский государственный аграрный университет. – Казань : Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 634–639.

4. Сингатуллин, И. К. Анализ возобновления после засухи 2010 года в Закамском ландшафтном районе Республики Татарстан / И. К. Сингатуллин // Устойчивое развитие сельского хозяйства в условиях глобальных рисков : материалы научно-практической конференции. – Казань : КазГАУ, 2016. – С. 562–567.

БИОТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ КАК ОСНОВА РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В ОХОТОВЕДЕНИИ

[1] Е.Н. Пилипко, [2] М.Г. Дворников
[1]Россия, Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина
г. Вологда, с. Молочное
[2]ВНИИ охотничьего хозяйства и звероводства РАН им. Б.М. Житкова
г. Киров

Аннотация. Дана оценка биотехническим мероприятиям с позиции рационального природопользования и прикладной экологии. Рассмотрена роль некоторых приемов биотехнии в сохранении, охране и увеличении численности животных на примере кабана (*Sus scrofa* L.) в охотхозяйствах Вологодской области. Выявлено, что такие биотехнические мероприятия, как засев кормовых полей, обустройство удобных для разного возраста животных подкормочные площадки, искусственное регулирование численности в виде отстрелов, уничтожение хищников, предотвращение заболеваний и борьба с браконьерством, являются неотъемлемой частью эффективной работы охотхозяйства и важными мерами в области рационального природопользования, необходимыми как для Вологодской области, так и для страны в целом.
Ключевые слова: биотехния, рациональное природопользование, кабан.

Annotation. The assessment of biotechnical measures from the perspective of rational nature management and applied ecology is given. The role of some biotechnical techniques in the conservation, protection and increase in the number of animals is considered on the example of wild boar (Sus scrofa, L) in hunting farms of the Vologda region. It is revealed that such biotechnical measures as sowing of fodder fields, arrangement of feeding grounds convenient for different ages of animals, artificial regulation of the number in the form of shootings, destruction of predators, prevention of diseases and fight against poaching are an integral part of the effective work of the hunting farm and important measures in the field of rational nature management, necessary both for the Vologda region and for the country, in general.
Keywords: biotech, rational nature management, wild boar.

Введение. Общеизвестно, что рациональное природопользование основывается на принципах использования и восстановления возобновляемых ресурсов биосферы, которые носят прикладной экологический характер. Они построены на основе сложнейших взаимосвязей, существующих в природе. Можно бесконечно долго спорить об определении и перечне задач охотоведения, его наиболее актуальных проблемах, но один факт не может вызывать никаких сомнений – охотоведение, как и все отраслевые науки природопользования, должно прочно стоять на экологической основе, базироваться на научных принципах и методах [2]. Только полноценное использование эколого-популяционных закономерностей позволит поднять охотничье хозяйство до уровня передовой отрасли народного хозяйства [6].

Одним из основных направлений рационального природопользования в охотоведении является разработка и проведение биотехнических мероприятий на постоянной основе. Биотехнические мероприятия в охотничьих хозяйствах представляют собой прикладной аспект научной дисциплины – охотничьей биотехнии, являющейся самостоятельным разделом охотоведения, в задачи которого входит научная разработка вопросов сохранения, приумножение и качественного улучшение охотничьего фонда.

Нами был рассмотрен спектр биотехнических мероприятий на примере кабана (*Sus scrofa* L.) на территории охотхозяйств Вологодской области.

Результаты исследований и их обсуждение. Биотехнические мероприятия, направленные на охрану и увеличение численности популяции кабана, сводятся в первую очередь к уничтожению хищников, к созданию устойчивой кормовой базы для животных во все периоды года, к борьбе с браконьерством и к регулированию численности популяции парнокопытных.

Кормовые поля. На них возделывают обычные сельскохозяйственные культуры (пшеницу, картофель, корнеплоды), кормовые культуры (люпин, вику, горох и т.д.), высевают специальные виды растений (топинамбур). Наиболее выгоден посев на кормовых полях многолетних растений, которые могут быть использованы животными на корню в весенний и зимний периоды. В охотугодьях Вологодской области на этих полях в основном возделывается пшеница, овес (рис. 1А) и картофель. На полях с овсяно-гороховой смесью дикие свиньи кормятся с сентября по ноябрь включительно. На картофельные поля они выходят с сентября по январь.

Кормовые поля располагаются в пределах постоянного обитания животных, но в то же время они не должны вызывать их массовой концентрации. Поэтому чаще засеваются небольшие участки (лесные поляны) в 0,1–0,2 га, равномерно распределенные по всей территории угодий, но доступные для механизированной обработки. Поля должны располагаться на расстоянии не менее 3 км от сельскохозяйственных угодий. Это убережет их от набегов кабанов.

На кормовых полях целесообразно устанавливать охотничьи вышки (рис. 1Г), с которых удобно наблюдать за животными, изучать их повадки, а также вести селекционный отстрел. Под селекционным отстрелом следует понимать выбраковку животных с явными признаками заболеваний (мало упитанных, хромых и т.д.), а также малорослых животных. То есть происходит частичная подмена естественного отбора искусственным [4].

Подкормочные площадки. Расположение подкормочных площадок в принципе аналогично требованиям к размещению кормовых полей, за исключением того, что к ним должна быть проложена дорога, допускающая движение имеющегося в хозяйстве транспорта с целью бесперебойного подвоза кормов. Устраиваются на расчищенных от растительности местах, куда возможен подвоз кормов, но не ближе 1 км от населенного пункта. При выборе места для подкормочной площадки необходимо предусмотреть возможность скрытого подхода кабанов. Корм высыпают на землю в нескольких местах равномерно по площади 10–20 м^2, что дает возможность кормиться одновременно разновозрастным животным. На землю выкладывают корнеплоды, картофель, пищевые отходы, которые содержат различное количество питательных и минеральных веществ. Концентрированные корма помещаются в специальные длинные корыта. Одна подкормочная площадка для кабана рассчитывается на 10 голов. Необходимое условие – наличие сомкнутых хвойных насаждений, где кабанам легче передвигаться в многоснежье. Кормовое место может быть оборудовано навесом для обеспечения непромокаемости корма (рис. 1Б) или «клеткой» для подкормки молодняка. «Клетка» предназначена для того, чтобы поросята в нее могли залезть, а взрослые особи – нет (рис. 1В). При таком способе кормления поросята всегда остаются сыты и не травмируются взрослыми.

Животные способны переносить недостаток других кормов, но обходиться без таких минеральных элементов, как натрий, кальций, фосфор, они не в состоянии [1]. Протеины необходимы им для процессов развития, роста и размножения. Углеводы поддерживают энергетический обмен. Значение жиров тесно связано с возможностью их преобразования в организме в углеводы (пока в этом нет необходимости, они накапливаются в виде жировых отложений). Минеральные элементы, витамины имеют существенное и разнообразное зна-

чение. Таким образом, животные должны получать не просто определенное количество корма, но и определенный комплекс питательных веществ.

Продолжительность периода подкормки зависит от погодных условий и может составлять 180–190 дней. Сроки подкормки во многом зависят от погодных условий. При ранней и теплой весне их следует сократить, при поздней весне – продлить на 10–20 дней, для чего в хозяйстве имеется резерв кормов. Для этого используются комбикорма, картофель, мясные и рыбные отходы. При выкладке сочных кормов следует учесть, что мороженые плоды зверь поедает менее охотно и может поранить десны [5]. Поэтому кормушку вкапывают в землю на всю глубину, а выложенную подкормку сверху укрывают сеном. В засушливые годы недалеко от мест кормежки необходимо устраивать водопои и купальни.



А) Созревший овес на кормовом поле



Б) Кормовое место с навесом



В) «Клетка» для подкормки молодняка



Г) Охотничья вышка на кормовом поле

Рис. Основные виды биотехнических мероприятий, проводимые для кабана

Летом в обычной пище кабанов содержится до 70 % воды. Зимой ее содержание в естественных кормах снижается примерно до 40 %, а необходимое минеральное питание животные получают в основном с пищей и питьевой водой. При недостатке воды зимой они вынуждены поедать снег, и тем больше, чем меньше воды содержится в пище. Однако снег почти лишен солей и на его плавление требуются дополнительные энергозатраты [3]. В связи с этим для подкормки следует использовать не только сухой (веточный) корм, но и сочный (например, картофель, топинамбур), а также предусмотреть создание искусственного водопоя.

Вблизи подкормочных площадок, в защищенных от ветра и осадков участках ельников устраиваются искусственные лежки для животных. Для этого в подстилке разрывается овальная яма глубиной 10–20 см и диаметром 2,0–2,5 м, которая устилается сломанными вершинами елей, ветвями, соломой. В хорошо сооруженных лежках семья кабанов, если ее не беспокоят, может жить более месяца.

Регулирование численности кабана. Биологически полноценную популяцию с хозяйственно целесообразной структурой легко сформировать, проводя своевременный отстрел. Соотношение полов при этом должно быть 1 : 1. В нормально развивающейся популяции на 100 копытных должно приходиться 33 самца в возрасте старше 2 лет. Отстрел взрослых самцов нужно строго контролировать, как и отстрел свиней, которые составляют основу семейного союза. Только благодаря разумному отстрелу можно создать и сохранить полноценную популяцию как с биологической, так и с охотхозяйственной позиций.

Уничтожение хищников кабана. Серьезный вред кабану причиняют волки и одичавшие собаки. Волки наносят кабаньим стадам особенно сильный урон в холодные многоснежные зимы, когда истощенные от бескормицы и холодов животные сильно худеют и утрачивают всякую способность к сопротивлению. По большей части погибают от хищников свиньи и молодняк. В прошлом, по данным некоторых исследователей [1, 3, 5], волки уничтожали до 60 % молодняка кабана. Поэтому признано необходимым повсеместное интенсивное истребление волка. Бродячие собаки могут быть переносчиками различных заболеваний, поэтому они подлежат круглогодичному отстрелу.

Ветеринарный контроль. Важным фактором, влияющим на численность популяции кабана, являются инфекционные заболевания. Кабан подвержен многим инфекционным заболеваниям. Он болеет ящуром, болезнью Ауески (ложным бешенством), чумой свиней, пастереллезом, туляремией, сибирской язвой, рожей свиней и туберкулезом свиней. Кроме того, среди кабанов, возможно, будут найдены и такие заболевания, как инфлюэнца свиней. Многие из этих заболеваний опасны и для человека. С целью предотвращениях массового заражения животных, в том числе домашних, вызывающих мор и падёж, заражения человека в охотхозяйствах проводится санветконтроль с регулярным отбором проб крови и ткани животных на лабораторный анализ. В корма подмешиваются медикаменты, снижающие риск заражения. При выявлении больных животных производится их отстрел с последующим сжиганием туши.

Борьба с браконьерством. Сохранению кабана, как охотничьего животного, способствует усиление государственного контроля за ведением охотничьего хозяйства. Борьба с браконьерством приобрела более эффективные приемы. Минсельхозом России проводится стратегия жесткого ограничения квот добычи животных в период негативного действия природных и социальных факторов, а также в периоды жизненно-важных процессов животных – гон, спаривание, роды, выращивание потомства. В результате применения щадящих квот была исключена опасность перепромысла кабана и значительно уменьшен отход от браконьерства под прикрытием лицензий. В охотхозяйствах области охрана животных от браконьеров ведется собственными силами егерей и охотников с помощью патрулирования территории, установки камер и фотоловушек, обустройства препятствий и баннеров при въезде на территорию охотхозяйства.

Таким образом, спектр биотехнических мероприятий на территории Вологодской области достаточно широк и сводится к одному наиболее важному принципу разумного хозяйствования – к рациональному природопользованию, что впоследствии положительно отразиться на биоразнообразие охотфауны на только области, но и всей страны.

Литература

1. Данилов, Д. Н. Повышение продуктивности охотничьих угодий / Д. Н. Данилов // Научные основы охраны природы. – Москва, 1973. – Вып. 2. – С. 142.

2. Дежкин, В. В. Охота и охотничье хозяйство мира / В. В. Дежкин. – Москва : Лесная промышленность, 1983. – 391 с.

3. Дунишенко, Ю. М. Мероприятия по восстановлению и увеличению численности диких копытных животных / Ю. М. Дунишенко. – Хабаровск, 2004. – 40 с.

4. Лихацкий, Ю. П. Практикум по основам биотехнии : учебное пособие / Ю. П. Лихацкий, Н. М. Киреев. – Воронеж, 2000. – 92 с.

5. Харченко, Н. Н. Охотоведение : учебник / Н. Н. Харченко. – Москва : МГУЛ, 2002. – 370 с.

6. Шварц, С. С. Теоретические основы рационального использования охотничье-промысловых животных / С. С. Шварц, К. В. Михеева // Зоология позвоночных. – Москва, 1976. – Т. 8. – С. 125–1132.

ХАРАКТЕРИСТИКА СРЕДНЕВОЗРАСТНЫХ БЕРЕЗНЯКОВ НА ПОСТАГРОГЕННЫХ ЗЕМЛЯХ ВОЛОГОДСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО ОКРУГА ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

[1] О.С. Попов, [2] А.С. Новоселов, [1] С.В. Третьяков

[1]Россия, Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова
г. Архангельск
[2]Россия, Вологодский государственный университет
г. Вологда

Аннотация. В статье представлены результаты изучения березовых молодняков на природно-антропогенных землях. Анализировались березняки на бывших сельскохозяйственных угодьях и на участках, где ранее велись работы по добыче торфа. Деревья на бывших сельскохозяйственных землях и контрольный древостой растут на минеральном типе почвы, березняк после торфоразработки произрастает на торфяных почвах низинного типа. Все изучаемые древостои представлены чистыми березняками, за исключением контрольного объекта, в котором в качестве сопутствующих пород определены ель и осина. Особенности формирования и структуры деревьев анализировались в зависимости от их близости к осушительному каналу. Лесотаксационные характеристики древостоя определялись с помощью суммы площадей сечений с использованием регионального справочника. Керны древесины брались на высоте 1,3 м от шейки корня дерева в минимальном количестве 10 штук на каждую пробную площадь.

Ключевые слова: березовые насаждения, сельскохозяйственная мелиорация, насаждения после торфоразработки, макроструктура древесины березы, прирост древесины березы.

Annotation. The article presents the results of studying birch saplings on natural-anthropogenic lands. Birch stands on former agricultural lands and in areas previously used for peat extraction were analyzed. The trees on former agricultural lands and the control stand grow on a mineral soil type, while the birch forest after peat extraction thrives on lowland peat soils. All examined stands are pure birch forests, except for the control plot, where spruce and aspen were identified as accompanying species. The peculiarities of tree formation and structure were analyzed depending on their proximity to the drainage canal. The forest-taxonomic characteristics of the stand were determined by calculating the sum of the section areas using the regional handbook. Wood cores were taken at a height of 1.3 meters from the root collar of the tree in a minimum quantity of 10 pieces per sample area.

Keywords: birch plantations, agricultural melioration, plantations after peat extraction, birch wood macrostructure, birch wood growth.

Введение. Из-за начавшегося социально-экономического кризиса, как в Российской Федерации, так и за ее пределами, в начале XXI века начался количественный рост заброшенных сельскохозяйственных угодий [1]. Прекращение использования таких территорий по их назначению происходит по разным причинам, включая: уменьшение плодородия почв, экономическую нерентабельность, миграцию населения в города, удаленность от населенных пунктов, прекращение деятельности сельскохозяйственных предприятий и других факторы. Активное уменьшение использования сельскохозяйственных угодий за последние 20–25 лет характерно для всех регионов страны [2]. К первому июля 2006 года, согласно данным всероссийской сельскохозяйственной переписи, площади сельскохозяйственных угодий, используемых по их прямому назначению, сократились до 33 % или же до 54,4 млн га.

Рост лесных насаждений на постагрогенных землях значительно отличается от аналогичных древостоев в естественных условиях. Процесс лесовосстановления на таких угодьях обычно начинается сразу после завершения агротехнических работ. Направленность формирования фитоценозов определяется в основном их начальной стадией, когда происходит первичное образование лесной растительности.

Территории, которые ранее были задействованы в сельском хозяйстве, изменяются под воздействием как естественных, так и антропогенных процессов: формирование почв, зарастание лесом, задернение, залужение и других процессов и явлений. В южно-таежном районе подобные территории на залежных землях постепенно естественно зарастают в основном мягколиственными породами, такими как береза повислая (*Betula pendula* Roth) и ольха серая (*Alnus incana* (L.) Moench). Иногда на таких угодьях могут формироваться и ценные для хозяйства породы, например сосна обыкновенная (*Pinus Sylvestris* L.).

Исследования, направленные на изучение особенностей роста и строения березняков Европейского Севера, важны для улучшения процесса инвентаризации лесов. Древесина березы имеет меньшую ценность для промышленного использования по сравнению с хвойными породами и, следовательно, менее подвергалась всестороннему изучению. При определенных условиях использования древесины этой породы, таких как ее использование в целлюлозно-бумажной промышленности, древесина березы при добавлении в оптимальных количествах в композицию к хвойной целлюлозе придает бумаге дополнительные положительное свойства. При таком добавлении уменьшается различие между продольными и поперечными направлениями из-за образования большей связи между волокнами. Древесина распространенных березовых видов имеет широкое применение для производства лущеного шпона и фанеры, изготовления ружейных лож, лыж и других изделий. Сырье может использоваться для создания строительных деталей, древесностружечных и древесноволокнистых плит, некоторых видов паркета, а также для получения фурфурола и других лесохимических продуктов.

На данный момент информация в научной литературе о формировании средневозрастных березовых насаждений на мелиорируемых землях на территории южно-таежного района ограничена, что затрудняет разработку научно обоснованных систем использования лесных ресурсов на таких землях.

Цель исследования – выявить особенности формирования средневозрастных березовых насаждений на мелиорируемых бывших сельскохозяйственных землях в Вологодском округе Вологодской области.

Для достижения цели были сформулированы следующие *задачи*:

1. Отграничить временные пробные площади (ВПП) ленточного типа и провести лесотаксационные работы с последующим составлением таксационной характеристики опытных березняков.

2. Проанализировать полученное распределение березовых деревьев по естественным и относительным ступеням толщины.

3. Определить особенности формирования радиального прироста древесины березы на изучаемых объектах за весь период их роста, а также суммарный прирост по пятилетиям.

4. Рассчитать сортиментную структуру опытных березовых древостоев.

Материалы и метод. Изучались березовые насаждения в Вологодском округе Вологодской области. Для исследования были отобраны древостои на бывших сельскохозяйственных угодьях (вблизи поселка Фетинино) и лесные территории, на территории которых ранее проводилась добыча торфа (к востоку от микрорайона Лоста в городе Вологде). Контрольный березняк в естественных условиях роста изучался в западной части Вологодского района (территория лесного фонда) – в Кипеловском уч. лесничестве кв. 48, выд. 25.

Древесные насаждения на бывших хозяйственных угодьях представлены исключительно молодыми чистыми березняками, за исключением контрольного древостоя, в котором определены такие сопутствующие породы, как ель и осина. Контрольный березняк и фитоценоз на бывших сельскохозяйственных угодьях произрастают на минеральных почвах. Древостои на территории бывшей торфоразработки расположены на торфяных почвах с характерной низинной структурой торфяных отложений.

В подлеске березовых насаждений, расположенных рядом с поселком Фетинино, определен можжевельник, в древостоях около микрорайона Лоста обнаружено большое количество папоротника. На всех объектах исследования отмечена кислица, развивающаяся в условиях обследованных пробных площадей.

Для проведения исследования отграничивались временные пробные площади ленточного типа, длинной стороной вдоль сельскохозяйственного канала. Объекты исследования изучались в приканальном и межканальном положениях искусственно-дренируемого пространства. Для определения лесотаксационных характеристик применялся региональный справочник [3]. Керны древесины всех установленных пород отбирались на каждой ВПП на высоте 1,3 м от шейки корня дерева с помощью возрастного бурава «Haglof». Для изучения макроструктуры древесины березы проводилось сканирование образцов в высоком разрешении (1200 dpi), после чего они покрывались раствором марганцовки для более четкого отображения годичных колец древесины и последующего расчета основных макроструктурных показателей. Статистическая обработка данных, включая вариационный и корреляционный анализы, проводилась с использованием программного пакета MS Excel.

Результаты и их обсуждение. Средние высота и диаметр по березе (в исследовании доминировала береза пушистая) выше в контрольном древостое по сравнению с насаждениями на бывших хозяйственных угодьях (на 33 и 22 %, соответственно). Диаметр берез, расположенных рядом с поселком Фетинино вблизи канала, на 28 % выше, чем в центре осушаемого пространства, что статистически подтверждено на самом высоком уровне значимости ($t_{факт} \geq t_{st}$; 5,62 > 3,29). Древостои в приканальном положении на территории бывшей торфоразработки характеризуются большим средним диаметром по сравнению с насаждениями в центре осушаемого пространства (на 9 %), что подтверждено на 90 % уровне значимости ($t_{факт} \geq t_{st}$; 1,86 > 1,64).

В контрольном березняке сырорастущий запас древесины несколько ниже (< 2 %), чем среднее значение в фитоценозах на бывших сельскохозяйственных угодьях. Наибольшая разница в запасе была определена в приканальном положении березняка около микрорайона Лоста, где запас превысил контрольный объект более чем на 20 % или же 51,7 $м^3$/га.

В березняках на бывших хозяйственных угодьях преобладают березы с диаметром 12 см, составляющие 35 % от общего числа деревьев. Следующим по преобладающей распространенности стволы берез с диаметром 8 и 16 см (по 22 % представленности от общего числа деревьев). В межканальном положении березняка рядом с поселком Фетинино деревья с диаметром 8 и 12 см составляют 81 % от всех диаметров деревьев. В целом в насаждениях на бывших хозяйственных угодьях преобладают деревья с диаметрами до 16 см, составляющие 73 % от общего числа деревьев всех диаметров.

В контрольном древостое наиболее распространены березы с диаметрами 20 и 24 см (составляющие 23 и 27 % соответственно), при этом количество деревьев в срединных ступенях диаметра уменьшается.

Во всех опытных фитоценозах наблюдается распределение диаметров древесных стволов по естественным ступеням толщины, соответствующее нормальному, описанному А.В. Тюриным. На ВВП 1 и 5 отмечаются некоторые отклонения, связанные с низким значением диаметров стволов в ступенях толщины от 0,9 до 1,1. В целом во всех насаждениях преобладающее количестве древесных стволов по естественным ступеням определено в срединных ступенях толщины.

Определив количество годичных слоев в одном сантиметре древесины березы, необходимо сделать вывод о самой высокой их концентрации в контрольном березняке – в среднем 3,6. Деревья, растущие на бывших сельскохозяйственных угодьях, характеризуются меньшим количеством слоев древесины в одном сантиметре (в среднем 2,35 слоя в одном см), что указывает на более быстрый радиальный прирост стволов. Оптимальные условия для роста берез отмечаются в насаждениях на территории бывших агроугодий, что указывает на лучшие условия для их развития среди всех изученных.

Наибольшая средняя ширина годичного кольца (ШГК) отмечается в приканальном положении насаждений, произрастающих на бывших агроугодьях – 0,39. Это значение на 12 % превышает среднее значение по всех древостоям на бывших хозяйственных угодьях. В березняке, расположенном на территории бывшей торфоразработки, средняя ШГК идентичная как в приканальной, так и в межканальной дислокациях – 0,32.

Наилучшая взаимосвязь ШГК установлена в межканальном положении березняка, растущего на территории бывшей торфоразработки – 0,43. Рост древесины по радиусу на ВПП 3 у большинства деревьев протекает единообразно, что свидетельствует о лучшей общей реакции деревьев на воздействии различных факторов. В контрольном древостоев коэффициент автокорреляции наименьший – 0,08, за исключением березняка в межканальном положении вблизи поселка Фетинино – -0,02.

В березовом древостое, в приканальной его части на бывших сельскохозяйственных угодий, отмечены флуктуации приростов древесины с 2012 по 2018 годы. За период наблюдений, охватывающий 12 лет, усредненный радиальный прирост древесины снизился на 0,1 см. Деревьям в межканальном положении характерен более плавный радиальный прирост без резкий колебаний в значениях. Снижение прироста здесь также составляет 0,1 см за отмеченный период (12 лет).

В насаждениях, развивающихся на территории бывшей торфоразработки, уменьшение усредненного прироста древесины березы установлено в два раза более значительным, как в приканальном, так и в межканальном положениях. Большое количество флуктуаций усредненного прироста наблюдается в березняках вблизи осушительного канала. В контрольном древостое зафиксировано наименьшее уменьшение усредненного прироста древесины (< 0,1 см за отмеченный период роста).

Радиальные приросты древесины берез, растущих на территории бывшей торфоразработки, на 34 % выше в период с 2008 по 2012 годы, по сравнению с древостоями на минеральных почвах. Приросты деревьев в насаждениях вблизи канала за этот период на 6 % ниже по сравнению с древостоями, расположенными в центре осушаемого пространства.

С 2013 по 2017 годы наибольший радиальный прирост древесины березы отмечен в насаждениях на ВПП 1. В древостоях на бывшей торфоразработке значения приростов одинаковы как в приканальной, так и в межканальной дислокациях березняков. Усредненный прирост древесины за выделенный пятилетний период в контрольном древостое на 28 % ниже, чем в древостоях на бывших агроугодьях.

С 2018 по 2022 самый большой радиальный прирост древесины березы зафиксирован в приканальной части бывших сельскохозяйственных угодий, на 8 % превышая прирост в

межканальной дислокации. Общий прирост древесины за этот временной период на 24 % выше в насаждениях на бывших хозяйственных угодьях, чем в контрольном древостое.

На всех исследованных объектах отмечается отсутствие крупной категории деловой древесины. В фитоценозах на бывших хозяйственных угодьях преобладает мелкая категория древесины, в среднем составляющая 64 %. В межканальном расположении березового насаждения на бывших агроугодьях не было выявлено средней категории крупности. В контрольном древостое доминирует средняя категория деловой древесины, представляя наибольший процент об общего количества делового сырья на всех ВПП.

В приканальном положении березняка, растущего около поселка Фетинино, деловая древесина на 55 $м^3$ (или 31 %) превалирует, относительно межканального расположения. Схожие результаты были получены в древостоях на бывшей территории торфоразработки: количество деловой древесины на 55 $м^3$ (или 26 %) выше в фитоценозах рядом с каналом, по сравнению с центром осушаемого пространства.

Основные выводы. Проведено исследования высокобонитетных средневозрастных березняков в возрасте от 14 до 20 лет для территориально расположенных на бывших хозяйственных угодьях и контрольный древостой в возрасте 31 год. Средний диаметр березовых деревьев в приканальном положении на 28 % выше в насаждениях на бывших агроугодьях и на 9 % в фитоценозах на территории бывшей торфоразработки.

В контрольном древостое наиболее распространены стволы берез со ступенями толщины 20 и 24 см, представленностью 23 и 27 % соответственно. Анализ по относительным ступеням толщины указывает на лучшие условия роста в приканальном положении березняка после торфоразработок. Распределение деревьев по естественным ступеням толщины соответствует нормальному распределению.

С 2008 по 2012 годы радиальные приросты березовых деревьев, растущих на территории бывшей торфоразработки, на 34 % выше по сравнению с приростами берез, растущих на минеральных почвах. В последующие годы, в частности с 2018 по 2022 годы, прирост древесины деревьев на 24 % выше на бывших хозяйственных угодьях по сравнению с контрольным древостоем.

В сортиментной структуре березняков отсутствует крупная категория деловой древесины на всех объектах исследования. На бывших хозяйственных угодьях преобладает мелкая категория деловой древесины, составляющая в среднем 64 %. В контрольном древостое доминирует средняя категория деловой древесины. Отмечается превалирование диаметров березовых деревьев в насаждениях на бывших хозяйственных угодьях до 16 см, составляющие 73 % от всех диаметров, что характеризуется наибольшей представленностью в сортиментной структуре березняков.

Литература

1. Голубева, Л. В. Лесоводственно-экологическая трансформация постагрогенных земель на карбонатных отложениях в подзоне южной тайги Архангельской области: 06.03.02 «Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Голубева Любовь Владимировна; Северный (арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова. – Архангельск, 2015. – 20 с.

2. Новоселова, Н. Н. Формирование древесной растительности на бывших сельскохозяйственных угодьях : монография / Н. Н. Новоселова, С. В. Залесов, А. Г. Магасумова. – Екатеринбург : Уральский государственный лесотехнический университет, 2016. – 106 с.

3. Третьяков, С. В. Полевой лесотаксационный справочник : научное издание / С. В. Третьяков ; под общей редакцией С. В. Третьякова, С. В. Ярославцева, С. В. Коптева – Архангельск : САФУ, 2016. – 245 с.

ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ РУБОК ОБНОВЛЕНИЯ В СОСНЯКАХ НЕГОРЕЛЬСКОГО УЧЕБНО-ОПЫТНОГО ЛЕСХОЗА

А.А. Прищепов, К.В. Лабоха
Беларусь, Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Аннотация. Для проведения исследований в августе 2023 года были обследованы четыре участка в лесном фонде Центрального лесничества Негорельского учебно-опытного лесхоза, где в период с 2016 г. по 2020 г. был проведен первый прием рубки обновления. Было установлено, что проведение первого приема рубки обновления в сосняках орляковых не дало положительный лесоводственный эффект. Все исследуемые участки нуждаются в проведении дополнительных мероприятий по содействию естественному возобновлению сосны.
Ключевые слова: сосна, сосняк орляковый, рубка обновления.

Annotation. To carrying out the research, in August 2023, four areas were examined in the forest fund of the Central Forestry of the Negorelsky Training and Experimental Forestry Enterprise, where the first step of renovation felling was carried out in the period from 2016 to 2020. It was found that the first step of renovation felling in *Pinetum pteridiosum* did not give a positive silvicultural effect. All study areas require additional measures to promote the natural regeneration of pine.
Keywords: pine, *Pinetum pteridiosum*, renovation felling.

В соответствии с Правилами рубок леса в Республики Беларусь [1], рубки обновления проводятся в приспевающих, спелых и перестойных насаждениях путем удаления отдельных спелых и перестойных деревьев с одновременным проведением ухода за оставшимся древостоем в целях создания условий для образования нового поколения леса.

Считается, что проведение рубок обновления должно создавать благоприятные условия для естественного возобновления целевых пород, соответствующих условиям произрастания [2, 3]. Однако зачастую после проведения рубки происходит возобновление менее ценными породами, либо породами, которые нежелательны в конкретных условиях произрастания.

Для оценки успешности естественного возобновления леса после проведения первого приема рубки обновления были заложены четыре пробные площади (ПП) на участках лесного фонда Центрального лесничества Негорельского учебно-опытного лесхоза, пройденных данным видом рубок в период с 2016 г. по 2020 г.

Общая характеристика исследуемых участков представлена в таблице 1.

Таблица 1

Общая характеристика исследуемых участков

Номер пробной площади	Лесхоз лесничество	Квартал/выдел	щадь участка,	Тип леса эдафотоп	Бонитет	Год рубки	Интенсивность рубки, %	Полнота после первого приема рубки
1	Негорельский Центральное	50/26	0,8	С. ор. B_2	I	2019	20	0,44
2	Негорельский Центральное	54/8	2,8	С. ор. B_2	I	2016	20	0,54
3	Негорельский Центральное	54/9	2,8	С. ор. B_2	I	2020	20	0,56
4	Негорельский Центральное	38/1	1,0	С. ор. B_2	I	2016	30	0,37

Из таблицы 1 видно, что все участки имеют схожие условия произрастания: тип леса – сосняк орляковый, эдафотоп – В2. Интенсивность рубки составила 20–30 %.

Далее на данных пробных площадях проводился учет подроста.

Распределение учтенного подроста по высоте и категориям качества на пробной площади № 1 представлено в таблице 2.

Таблица 2

Распределение подроста по высоте и категориям качества на пробной площади № 1

Группа высот	Ель				Дуб
	здоровый	угнетенный	мертвый	всего	здоровый
0,10–0,50 м	2100	200	–	2300	–
0,51–1,60 м	2000	100	–	2100	–
1,61 м и более	100	–	–	100	400
Всего	4200	300	–	4500	400

После проведения первого приема рубки обновления на пробной площади № 1 происходит активное возобновление ели с примесью дуба (табл. 2). Коэффициент встречаемости ели – 0,90. Сосновый подрост полностью отсутствует.

Распределение учтенного подроста по высоте и категориям качества на пробной площади № 2 представлено в таблице 3.

Таблица 3

Распределение подроста по высоте и категориям качества на пробной площади № 2

Группа высот	Сосна				Береза
	здоровый	угнетенный	мертвый	всего	здоровый
0,10–0,50 м	2600	600	100	3300	600
0,51–1,60 м	–	–	–	–	1200
1,61 м и более	–	–	–	–	500
Всего	2600	600	100	3300	2300

Как видно из таблицы 3, после первого приема рубки обновления на пробной площади № 2 происходит возобновление сосны. Весь имеющийся подрост сосны относится к категории «мелкий» [4], а коэффициент встречаемости составляет 0,52. Также на данном участке имеется значительное количество березы (коэффициент встречаемости – 0,70).

Распределение учтенного подроста по высоте и категориям качества на пробной площади № 3 представлено в таблице 4.

Таблица 4

Распределение подроста по высоте и категориям качества на пробной площади № 3

Группа высот	Сосна				Ель
	здоровый	угнетенный	мертвый	всего	здоровый
0,10–0,50 м	100	–	–	100	–
0,51–1,60 м	800	1000	–	1800	300
1,61 м и более	600	100	–	700	1100
Всего	1500	1100	–	2600	1400

На пробной площади № 3 также происходит возобновление сосны, однако значительная его часть находится в угнетенном состоянии (табл. 4). Коэффициент встречаемости сосны – 0,40. Наряду с сосной здесь присутствует подрост ели (коэффициент встречаемости – 0,60).

Распределение учтенного подроста по высоте и категориям качества на пробной площади № 4 представлено в таблице 5.

Таблица 5

Распределение подроста по высоте и категориям качества на пробной площади № 4

Группа высот	Ель			
	здоровый	угнетенный	мертвый	всего
0,10–0,50 м	500	–	–	500
0,51–1,60 м	400	100	–	500
1,61 м и более	–	–	–	–
Всего	900	100	–	1000

После проведения первого приема рубки обновления на пробной площади № 4 возобновление сосны не происходит (табл. 5). Присутствует незначительное количество подроста ели (коэффициент встречаемости – 0,34).

Проанализировав таблицы 2–5, можно сделать вывод, что естественное возобновление сосны на исследуемых участках следует считать неудовлетворительным.

На ПП 1, ПП 3 и ПП 4 после проведения первого приема рубки обновления наблюдается тенденция к смене пород. Учитывая, что данный тип лесорастительных условий (эдафотоп B_2) более благоприятный для произрастания сосны, наблюдаемую тенденцию к сукцессии сосны елью можно считать нежелательной, особенно в лесах, подверженных рекреационным нагрузкам, так как ель является менее устойчивой [5]. Поэтому здесь необходимо проведение мероприятий по содействию естественному возобновлению сосны.

На ПП 2 необходимо регулировать численность подроста березы, который непременно будет угнетать имеющийся мелкий подрост сосны.

Заключение. Данными исследованиями установлено, что проведение первого приема рубки обновления в сосняках орляковых Центрального лесничества Негорельского учебно-опытного лесхоза не дало положительный лесоводственный эффект. Все исследуемые участки нуждаются в проведении дополнительных мероприятий по содействию естественному возобновлению сосны.

Литература

1. Правила рубок леса в Республике Беларусь : Постановление № 68 от 19 дек. 2016 г. Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь. – URL: https://pravo.by/upload/docs/op/W21631584_1483131600.pdf (дата обращения: 17.09.2023). – Текст : электронный.

2. Рекомендации по проведению рубок обновления и переформирования насаждений различного целевого назначения Республики Беларусь. – Минск : Минлесхоз, 1999. – 22 с.

3. Лабоха, К. В. Лесоводство : учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-75 01 01 «Лесное хозяйство» / К. В. Лабоха, Д. В. Шиман. – Минск : БГТУ, 2015. – 440 с.

4. Лабоха, К. В. Лесоведение : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальности «Лесное хозяйство» / К. В. Лабоха. – Минск : БГТУ, 2018. – 264 с.

5. Юшкевич, М. В. Рекреационное лесоводство : учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-75 01 01 «Лесное хозяйство» специализации 1-75 01 01 01 «Лесоведение и лесоводство» : в 2 книгах / М. В. Юшкевич, Д. В. Шиман, А. С. Клыш. – Минск : БГТУ, 2021. – Кн. 1. – С. 96.

ВЛИЯНИЕ АГРОХИМИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЧВ НА ЖИВОЙ РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ В ХВОЙНЫХ ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ СОСНЫ И ЕЛИ

Д.Э. Раупова, Д.А. Данилов, С.А. Суворов
Россия, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова
г. Санкт-Петербург

Аннотация. В данной работе рассматривается влияние верхних горизонтов почвенного комплекса на обилие растительных видов в смешанных культурах сосны и ели. Методы исследования включают классические агрохимические методики анализа органического вещества почвы и актуальной кислотности почвы. Результаты представлены в таблицах 1 и 2.
Ключевые слова: живой напочвенный покров, опадочно-подстилочный коэффициент, смешанные культуры сосны и ели.

Annotation. This paper examines the influence of the upper horizons of the soil complex on the abundance of plant species in mixed crops of pine and spruce. Research methods include classical agrochemical techniques for analyzing soil organic matter and actual soil acidity. The results are presented in Tables 1 and 2.
Keywords: live ground cover, sediment-litter coefficient, mixed crops of pine and spruce.

Введение. Живой напочвенный покров является одним из элементов большого и малого круговорота веществ в лесном фитоценозе. В искусственных насаждениях восстановление живого напочвенного покрова имеет важное значение в индикации почвенного плодородия местопроизрастания деревьев [1].

В связи с этим целью исследования было изучение влияния верхних горизонтов почвенного комплекса на обилие растительных видов в смешанных культурах сосны и ели.

Объекты исследования. Первичная густота посадки в лесных культурах 6000 шт/га, схема смешения порядная, густота 3000 шт/га сосны и 3000 шт/га ели. В дальнейшем доля сосны и ели на опытных участках стала иметь различные показатели.

Методы исследования. Для агрохимической характеристики исследуемых образцов использовались методики анализа гумуса по Тюрину [2] и актуальной кислотности почвы

Результаты исследования. Таксационные характеристики объектов исследования приведены в таблице 1. По полученным данным можно видеть, что на объектах исследования с возрастом древостоя наблюдаются как различный состав насаждения, так и количество деревьев в зависимости от доли участия породы.

Показатели агрохимической характеристики почв представлены в таблице 2.

Обсуждения и выводы. Исходя из предоставленных данных, можно определить, что агрохимические показатели почвы и состав древостоя являются взаимовлияющими факторами, что выражается в том числе в подкислении верхнего горизонта опадом. Оба вышеприведенных фактора влияют на состав живого напочвенного покрова [3].

Содержание гумуса имеет среднее или выше среднего значения для лесных почв по всем рассматриваемым горизонтам. В большинстве случаев актуальная кислотность соответствует кислым растворам, за исключением ПП6, где реакция близка к нейтральной. Влияние содержание гумуса и кислотность почвы на живой напочвенный покров представлены в рисунках 1 и 2.

Таблица 1

Средние таксационные показатели смешанных культур сосны и ели

№ ПП	Состав	Порода	N, шт/га	Dср, см	Hср, м	G, м^2/га	Мэл. леса, м^3/га	Мобщ, м^3/га
ПП1	5Е4С	С	424	21,7	20,4	15,7	38,3	85,9
		Е	1056	16,8	16,8	23,3	47,6	
ПП2	7Е3С	С	172	23,7	25,9	7,5	21,9	82,7
		Е	1532	14,3	15,9	23,8	60,8	
ПП3	5Е5С	С	256	25,0	20,2	12,6	30,5	64,6
		Е	920	13,4	18,2	12,6	34,2	
ПП4	5Е4С	С	284	24,7	29,1	13,7	49,9	113,9
		Е	728	18,7	23,2	20,2	63,9	
ПП5	9Е1С	С	104	26,7	24,0	5,8	16,0	114,4
		Е	980	20,8	21,7	33,0	98,4	
ПП6	5Е2С2Б1Ос	С	133	29,0	23,6	8,8	26,5	138,7
		Е	893	19,6	19,9	26,4	76,1	
		Б	278	19,6	21,5	8,3	24,6	
		Ос	96	23,1	22,6	4,0	11,5	
ПП14(У)	6С4Е	С	166	26,0	22,8	38,0	104,2	188,0
		Е	183	23,9	20,3	32,8	83,8	
ПП14(К)	5С5Е	С	122	26,5	23,8	27,4	75,0	146,3
		Е	140	26,0	22,0	29,6	71,3	

Таблица 2

Агрохимическая характеристика почв

№ ПП	Состав	Горизонт	Гумус, %	pH
ПП1	5Е4С	А2	0,49	4,26
ПП2	7Е3С	А2	0,58	4,38
ПП3	5Е5С	А1	2,08	3,79
		А2	0,98	4,66
ПП4	5Е4С	А1	3,45	3,86
		А2	1,07	4,45
ПП5	9Е1С	А1	4,88	3,74
		А2	1,54	4,42
ПП6	5Е2С2Б1Ос	А1	3,01	5,49
		А2	0,58	6,80
ПП14 (У)	6С4Е	А1	4,19	3,66
ПП14 (К)	5С5Е	А1	4,34	3,52

На рисунке 3 представлена встречаемость живого напочвенного покрова на опытных объектах. На ПП6 с составом древостоя 5Е2С2Б1Ос в основном присутствует кислица и практически отсутствуют мхи, по сравнению с другими опытными объектами.

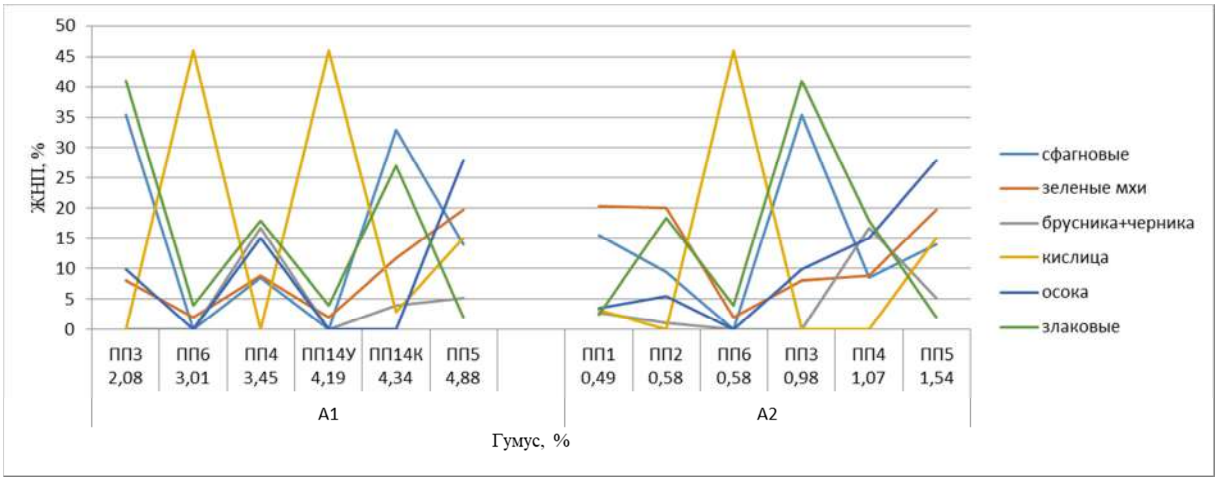


Рис. 1. Влияние содержания гумуса в почве
на состав живого напочвенного покрова на опытном объекте

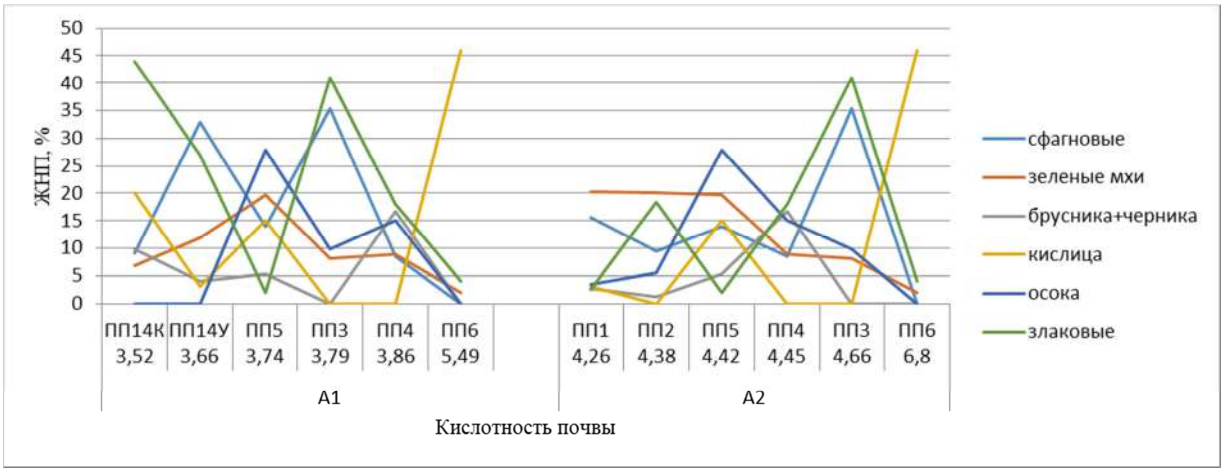


Рис. 2. Влияние кислотности почвы
на состав живого напочвенного покрова на опытном объекте

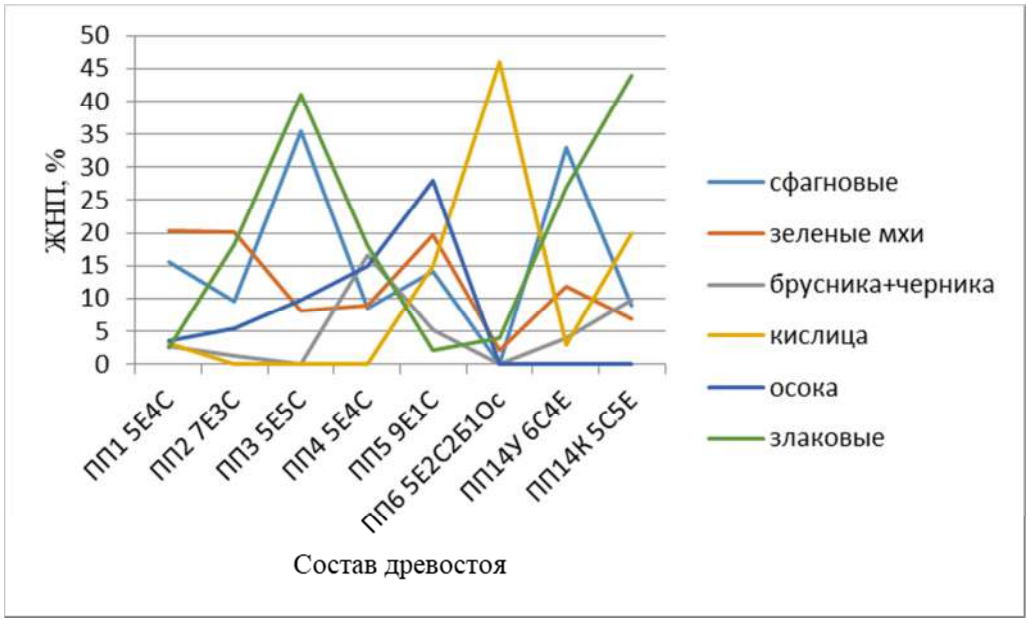


Рис. 3. Встречаемость живого напочвенного покрова
в зависимости от состава насаждения на опытном объекте

Полученные результаты показали зависимость живого напочвенного покрова от древостоя и агрохимических показателей. Наиболее ярко это проявляется в случае с кислицей: при высокой кислотности почвы, на что, в свою очередь, влияет состав древостоя, ее количество невысоко, однако при становлении среды нейтральной, ее количество вырастает крайне значительно. Зеленые мхи же, напротив, при нейтральных условиях среды куда менее конкурентоспособны. Злаковые наиболее ярко представлены на бедных кислых почвах, однако фактически не привязаны к составу древостоя.

Таким образом, не вызывает сомнений тот факт, что в искусственных насаждениях состав древостоя прямо влияет на состав живого напочвенного покрова и агрохимические показатели почвы. Также агрохимические показатели прямо влияют на разнообразие и состав живого напочвенного покрова.

Литература

1. Напочвенный покров старых усадебных парков окрестностей Москвы и Санкт-Петербурга / Г. А. Полякова, Р. А. Ротов, А. Н. Швецов, Б. М. Каплан // Бюллетень Главного ботанического сада. – 1995. – Вып. 171. – С. 89–94.

2. ГОСТ 26213-2021. Почвы. Методы определения органического вещества. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2021. – 11 с.

3. Новоселова, Н. Н. Формирование древесной растительности на бывших сельскохозяйственных угодьях : монография / Н. Н. Новоселова, С. В. Залесов, А. Г. Магасумова. – Екатеринбург : Уральский государственный лесотехнический университет, 2016. – 106 с.

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ СОХРАННОСТИ И РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА КЛИМАТИЧЕСКИХ ЭКОТИПОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУРАХ

[1] С.В. Ребко, [1] Л.Ф. Поплавская, [1] П.В. Тупик
[1] И.Т. Ермак, [1] П.В. Боровик, [2,3] П.Г. Мельник
[1]Беларусь, Белорусский государственный технологический университет
г. Минск
[2]Россия, Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана
г. Мытищи
[3]Институт лесоведения РАН
с. Успенское

Аннотация. Проведена оценка динамики сохранности деревьев различных климатических экотипов сосны обыкновенной, произрастающих в географических лесных культурах Негорельского учебно-опытного лесхоза Минской области Беларуси. Также изучена динамика изменения радиального прироста деревьев разных климатических экотипов сосны обыкновенной в различные возрастные периоды роста и развития деревьев (1–15 лет, 16–30 лет, 31–45 лет, 46–60 лет).
Ключевые слова: сосна обыкновенная, климатический экотип, сохранность, радиальный прирост, географические лесные культуры.

Annotation. The dynamics of the preservation of trees of various climatic ecotypes of scots pine growing in geographical forest cultures of the Negorelsky educational and experimental forestry of the Minsk region of Belarus has been assessed. The dynamics of changes in the radial growth of trees of different climatic ecotypes of scots pine in different age periods of growth and development of trees (1–15 years, 16–30 years, 31–45 years, 46–60 years) was also studied.
Keywords: pine ordinary, climatic ecotype, preservation, radial growth, geographical forest crops.

Важным показателем успешности адаптации деревьев к новым условиям среды является сохранность растений в географических лесных культурах. Проведенные исследования показали, что культуры разного географического происхождения характеризуются различной сохранностью и энергией роста.

Проведенные в различные годы исследования по учету сохранности географических культур сосны обыкновенной, созданных в 1959 г. на территории Негорельского учебно-опытного лесхоза, представлены в таблице 1.

На ранних периодах роста лучшей сохранностью отличались местные, юго-западные и северные климатипы, удаленные от местного климатипа на ±3° с.ш. и до 20° в.д. Сохранность у этих климатипов составляла от 70 до 90 %. Низкая сохранность в этом возрасте отмечалась у юго-восточных климатипов, а также у северного (архангельского), произрастающего северней 61° с.ш.

Таблица 1

Сохранность климатических экотипов сосны обыкновенной в географических лесных культурах в различном возрасте

Климатип	Координаты		Сохранность деревьев, %		
	с.ш.	в.д.	1970 г.	2008 г.	2020 г.
Архангельский	62	43	41	7,0	2,8
Ленинградский	61	34	82	10,9	4,4
Томский	60	85	45	–	6,0
Вологодский	59	36	83	7,1	4,5
Эстонский	58	27	81	3,8	3,4
Латвийский	57	22	80	10,6	6,0
Витебский	55	29	83	4,8	3,4
Минский	54	27	88	5,3	4,4
Ульяновский	54	46	81	6,1	5,7
Башкирский	54	58	18	3,9	3,1
Гродненская	53	24	76	6,8	6,6
Курский	51	34	73	7,6	6,5
Белгородская	51	38	81	6,2	5,3
Волгоградская	51	42	–	8,4	3,8
Ростовский	50	42	48	6,1	3,7
Хмельницкая	50	27	81	8,4	7,9
Полтавская	49	33	67	7,8	5,7

Во втором классе возраста, в период начала дифференциации деревьев, сохранность отдельных климатипов снизилась на 20–60 % и составила в пределах 27–60 %. Наиболее интенсивное снижение сохранности отмечено у быстрорастущих южных климатипов (волынский, хмельницкий, полтавский), это объясняется более напряженной внутривидовой конкуренцией у быстрорастущих популяций в новых для нее условиях.

В третьем классе возраста средневозрастные насаждения подвергаются наиболее сильной дифференциации, и происходит резкое снижение сохранности от 1,8 до 7,9 %. Сохранность ниже 3 % наблюдается у юго-восточных климатипов из Южно-Уральского, Средне-Уральского, Поволжского и Центрально-Черноземного лесосеменных районов.

В настоящее время сосновые насаждения географических культур перешли в разряд приспевающих и в основном закончили свое формирование. В результате проведенных исследований оказалось, что часть климатипов имеют очень низкую сохранность и представляют собой расстроенные насаждения с полнотой ниже 0,4. Резкое снижение сохранности наблюдается у северных климатипов. Так, у ленинградского и архангельского климатипов за последние 12 лет отпад деревьев составил более 50 %. В настоящее время эти климатипы находятся на стадии распада. Это может свидетельствовать о том, что северные климатипы оказались неприспособленными к изменившимся климатическим условиям. Более высокая сохранность у климатипов из Полесского лесосеменного района (хмельницкий), а также Днепровского левобережного и Верхнеднепровского (брянский).

Имея различную сохранность, географические культуры различаются по интенсивности прироста по диаметру в различные возрастные периоды, о чем свидетельствует динамика радиального прироста, представленная в таблице 2.

Таблица 2

Динамика изменения радиального прироста у различных климатических экотипов сосны обыкновенной по периодам

Климатип	Средний радиальный прирост по возрастным периодам, см			
	1–15 лет	16–30 лет	31–45 лет	46–60 лет
Архангельский	0,212	0,258	0,252	0,080
Ленинградский	0,299	0,244	0,232	0,280
Томский	0,269	0,316	0,345	0,233
Вологодский	0,152	0,197	0,248	0,165
Эстонский	–	0,362	0,201	0,171
Латвийский	0,296	0,229	0,285	0,265
Витебский	0,312	0,317	0,330	0,292
Минский	0,293	0,211	0,221	0,233
Ульяновский	0,267	0,192	0,199	0,174
Башкирский	0,342	0,232	0,169	0,114
Гродненский	0,330	0,242	0,169	0,123
Курский	0,427	0,347	0,168	0,106
Белгородский	0,326	0,276	0,145	0,113
Волгоградский	0,325	0,198	0,180	0,113
Ростовский	0,255	0,204	0,170	0,156
Хмельницкий	0,215	0,175	0,191	0,196
Полтавский	0,341	0,359	0,261	0,148

В первые годы, в период от 1 до 15 лет, большим радиальным приростом (более 0,3 см) характеризовались местные (витебский, гродненский) и юго-восточные (курский, полтавский, белгородский, волгоградский, башкирский) климатипы. Более низкий прирост был у северных (вологодский, архангельский) и южного (хмельницкий) климатипов.

Во втором 15-летнем периоде большинство климатипов снизили радиальный прирост за исключением витебского, томского, полтавского, архангельского и вологодского климатипов. Наиболее высоким приростом в этот период отличались эстонский, витебский, пол-

тавский, курский и томский климатипы, у которых радиальный прирост был более 0,3 см. Следует отметить что у томского, архангельского, вологодского, а также полтавского климатипов в этот период роста радиальный прирост по сравнение с первым 15-ти летним периодом увеличился на 5–29 %). Если полтавский климатип показал незначительное увеличение прироста (5 %), то северные (томский, архангельский и вологодский) климатипы показали значительное увеличение на 17–29 %. В возрасте от 30 до 45 лет наблюдается значительное снижение радиального прироста у юго-восточных лесостепных и степных климатипов (курский, башкирский, ростовский, белгородский, волгоградский), снижение составило от 9 % у волгоградского до 51 % у курского. У северных вариантов (архангельский, ленинградский) также произошло снижение, однако по сравнению с юго-восточными оно незначительное и составило от 2,5 до 4,9 %. Максимальный прирост в этот период был у витебского и томского климатипов. Увеличение прироста, хотя и незначительное, наблюдалось у латвийского, вологодского, минского и хмельницкого климатипов.

Географические культуры сосны обыкновенной в третьем классе возраста в большинстве своем снизили радиальный прирост и наибольшее снижение отмечено у северного архангельского (68 %) и степного волгоградского (37 %) климатипа. У минского, хмельницкого и ленинградского климатипов отмечено увеличение радиального прироста на 2,5–17,1 %. Анализируя весь период исследования, можно отметить более стабильный прирост у латвийского, витебского, томского и хмельницкого климатических экотипов сосны обыкновенной.

Исследования 61-летних географических культур сосны на территории Негорельского учебно-опытного лесхоза показали, что у данных экотипов сосны обыкновенной также наблюдается наибольший выход эфирного масла – 1,7–2,0 % [1], а также для некоторых из этих экотипов характерны одни из самых высоких показателей плотности древесины при ее 12-й влажности (латвийский и витебский экотипы – соответственно 503 и 521 кг/м^3) и прочности древесины при сжатии вдоль волокон (латвийский и витебский экотипы – соответственно 47 и 49 МПа). Исключение из этой группы составляет томский климатип, который характеризуется самыми низкими показателями: плотность древесины при 12-й влажности составляет всего 423 кг/м^3, прочность древесины при сжатии вдоль волокон – 33 МПа [2].

Литература

1. Анализ содержания основных компонентов эфирного масла в хвое различных климатипов и подвидов сосны обыкновенной / С. В. Ребко, П. Г. Мельник, С. А. Ламоткин [и др.] // Resources and Technology, 2021. – Т. 18, № 3. – С. 17–36. – DOI: 10.15393/j2.art.2021.5783.

2. Сравнительная оценка физико-механических свойств древесины различных климатипов сосны обыкновенной / С. В. Ребко, П. Г. Мельник, А. В. Козел [и др.] // Известия вузов. Лесной журнал. – 2023. – № 4. – С. 26–40.

ОПЫТ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ПОСАДКИ СЕЯНЦЕВ С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ В РАЗЛИЧНЫХ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ДВИНСКО-ВЫЧЕГОДСКОГО ТАЕЖНОГО РАЙОНА

Публикация подготовлена по результатам НИР, выполненных в рамках государственного задания ФБУ «СевНИИЛХ». Регистрационный номер темы: 122020100319-9.

[1] Н.А. Романов, [1] Н.С. Черкасов, [2] А.С. Ильинцев
[1]Россия, Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова
[2]Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства
г. Архангельск

Аннотация. Целью исследования является оценка состояния лесных культур, созданных механизированным способом. Исследования провели на 6 лесокультурных площадях в различных лесорастительных условиях. Обработка почвы и посадка сеянцев закрытой корневой системой была произведена посадочным агрегатом Bracke P11.a. В 2023 году провели оценку лесных культур в соответствии с общепринятыми методами. Результаты исследования показывают, что сохранность 5-летних культур ели составляет 61–73 %. Сохранность 3- и 4-летних культур сосны составила 61–75 %. Средняя высота, диаметр у шейки корня и средний прирост по высоте в 5-летних культурах ели в черничном типе леса существенно выше, чем в долгомошном типе леса. Рассматриваемые параметры в 4-летних культур сосны в брусничном типе леса достоверно выше, чем в черничном типе леса. Не установлено различий в параметрах 3-летних культур сосны, что, скорее всего, связано с адаптационными особенностями сеянцев ЗКС в первые годы посадки. Существует потребность в разработке рекомендаций по экскаваторной обработке почв и механизированной посадки сеянцев для лесокультурной практики.
Ключевые слова: искусственное лесовосстановление, механизированная посадка, экскаваторы.

Annotation. The purpose of this study is to assess the state of forest crops created by a mechanized method. We conducted research on six areas in various forest-growing conditions. Tillage and planting of containerised seedlings were carried out by the Bracke P11.a. In 2023, forest crops were evaluated in accordance with commonly accepted methods. The results show that the survival rate of 5-year-old spruce crops was 61–73 %. The survival rate of 3- and 4-year-old pine crops was 61–75 %. The average height, diameter at the root collar and heigh increment in 5-year-old spruce crops were significantly higher in the blueberry forest type than in the haircap-moss forest type. The studied parameters in 4-year-old pine crops were significantly higher in the cranberry forest type than in the blueberry forest type. No differences were found in the parameters of 3-year-old pine crops, which is most likely due to the adaptive features of containerised seedlings in the first years of planting. There is a need to develop guidelines tillage using an excavator and mechanised planting of seedlings for silviculture practice.
Keywords: artificial reforestation, mechanised planting, excavators.

Обработка почвы и посадка сеянцев, в том числе с улучшенными генетическими свойствами, считаются частью интенсивного лесопользования и требуют первоначальных инвестиций [1, 4, 5, 8]. Искусственное лесовосстановление приводит как к увеличению производительности насаждений, так и к росту деревьев [6]. Эти факторы важны для снижения содержания углекислого газа в атмосфере, увеличения поглощения и хранения углерода в лесах, так и будущего доступа к лесосырьевым базам предприятий.

Во всем мире большинство мероприятий по лесовосстановлению по-прежнему выполняются вручную, кроме обработки почвы [7, 8]. В Канаде деревья высаживаются почти исключительно вручную, в Швеции – в основном высаживается вручную, а в Финляндии –доля механизированной посадки не превышает 5 %. Однако результаты исследований в различных странах показывают, что при механизированной посадке повышается производительность и улучшается качество культур (приживаемость, рост и др.) [7].

В будущем ожидается, что автоматизация лесохозяйственных машин возрастет, поэтому проводятся исследования по оценке практического применения автономных машин в лесовосстановительных мероприятиях [7]. Также требуются дополнительные исследования для оценки эффективности данного оборудования по созданию лесных культур в различных лесорастительных условиях и подготовки научно-обоснованных рекомендаций по механизированной посадке сеянцев.

Целью исследования является оценка состояния лесных культур, созданных механизированным способом, в различных лесорастительных условиях Двинско-Вычегодского таежного района.

В 2023 году провели исследования на территории Вельского и Устьянского лесничеств Архангельской области, которые по лесорастительному районированию относятся к Двинско-Вычегодскому таежному району. Для оценки результативности механизированной посадки в различных условиях произрастания подобрали 6 лесокультурных площадей (табл.). Почвы в черничных и брусничных типах леса представлены типичными подзолистыми, в долгомошном – подзолистыми/скрытоподзолистыми с признаками поверхностного оглеения.

Таблица

Характеристика обследованных лесокультурных площадей и посадочного материала

№	Год посадки	Год вырубки	Площадь, га	Тип леса	Почва	Период обработки почвы и посадки	Посадочный материал	
							Порода	Возраст, лет
1	2018	2016	10,5	Дм.	среднесуглинистая	май-июнь	ель	1
2	2018	2015	15,8	Чер.	среднесуглинистая	май-июнь	ель	1
3	2019	2018	6,1	Чер.	супесчаная	сентябрь	сосна	2
4	2019	2018	10,5	Бр.	супесчаная	июль	сосна	2
5	2020	2017	35,6	Чер.	супесчаная	июль	сосна	1-2
6	2020	2017	19,1	Бр.	супесчаная	июль	сосна	1-2

Лесные культуры ели и сосны были созданы в 2018–2020 гг. механизированным способом с применением посадочного агрегат Bracke Forest P11.a, установленного на кране гусеничного экскаватора. Обработка почвы производилась одновременно с посадкой сеянцев с закрытой корневой системы (ЗКС) путем создания точечных микроповышений. Посадочный агрегат Bracke P11.a формировал микроповышения шириной в среднем 0,5 м (от 0,2 до 0,7 м) и длинной 0,5 м (от 0,3 до 0,7 м). Количество создаваемых микроповышений варьировалось в диапазоне от 1375 до 1975 шт/га (в среднем 1764 шт/га). При посадке лесных культур сеянцами с ЗКС количество высаживаемых растений должно было быть не менее 2,0 тысяч шт/га, но на отдельных площадях наблюдались отклонения в меньшую сторону, которые были связаны с неравномерным размещением посадочных мест на 1 га. Дополнения на участках были проведены сеянцами ЗКС посадочной трубой рядом с посаженными сеянцами. При посадке использовали стандартный районированный посадочный материал в возрасте сеянцев 1–2 года.

При оценке лесных культур использовали общепринятые методы [3]. На пробных площадях, состоящих из учетных площадок 25 на 25 м, произвели перечет посаженных сеянцев

с последующим пересчетом на 1 га площади. Густоту культур установили как число посадочных мест на единицу площади путем учета мест на пробной площади. Приживаемость выражали в процентах на основании количества сохранившихся особей. Провели детальную оценку состояния и роста культур на 20 посадочных местах. Измерили следующие показатели: высоту – от поверхности почвы до верхушечной почки (см), прирост по высоте за последние 2–3 года (см), диаметр стволика на уровне поверхности почвы (мм). У поврежденных растений указывали степень и причины повреждения.

Для сравнения параметров лесных культур использовали критерий Манна – Уитни. Расчеты проводили на 0,05 % уровне вероятности в программе Statistica 12 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA).

Результаты исследования показывают, что густота 5-летних культур ели изменяется в пределах 1125–1250 шт/га (рис. 1).

Наибольшая густота отмечена в черничном типе леса, а наименьшая – в долгомошном. При этом не установлено значительной разницы между участками (z=0,41, p=0,67). Густота отражается на сохранности культур ели, которая составляет на уровне 61–73 %. Достоверные различие в сохранности культур между участками также не установлены (z=0,05, p=1). Некоторые различия могут быть связаны с условиями произрастания на участках исследования. В черничных условиях складываются более благоприятные условия, при формировании микроповышений, как правило, выносится на поверхность иллювиальный горизонт, чаще всего четко переслоенный по горизонтам (BHF + E) с погребением подзолистого под иллювиальным. В долгомошных условиях под культурами ели дерново-грунтово-глеевые почвы, они заболочены и образуется торфяный горизонт средней и сильной степени разложения, вплоть до перегнойного. При формировании микроповышений посадочным устройством захватывается и выносится на поверхность средний суглинок (5–25 см), покрывающий слой перевернутого торфа, контактирующего с лесной подстилкой пасеки. При мощном слое торфа/перегноя, его двойной слой может достигать 30 см. В этом случае минеральная часть почвы не захватывается ковшом, и формируется микроповышение, состоящее из торфа.

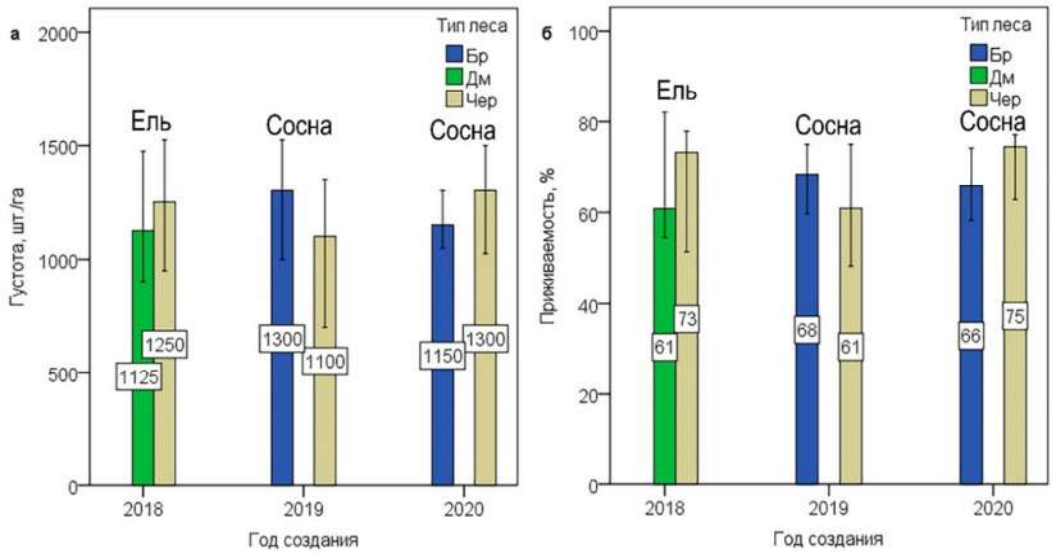


Рис. 1. Густота (а) и приживаемость (б) лесных культур.
Линии «усов» показывают диапазон доверительного интервала для каждой переменной

Густота сосновых культур составляет в диапазоне 1010–1300 шт/га. В 3-летних культурах отмечается наибольшая густота в черничном типе леса (z=0,73, p=0,46), а в 4-летних культурах в брусничном типе леса (z=1,04, p=0,29). Вариации густоты и сохранности могут быть также связаны с лесорастительными условиями участков и с низкой приживаемостью

сеянцев с ЗКС в первый год создания лесных культур. На данных участках проводилось дополнение посадочными трубами. Причинами низкого качество работ, с одной стороны, выступали глубокая заделка сеянцев при посадке, которая связана с настройками посадочного агрегата, а с другой стороны, качество посадочного материла, которое было низким. Таким образом, после проведенных дополнений на момент обследования сохранность лесных культур на 3 и 4 год составила 61–75 %, что считается удовлетворительным.

Параметры 5-летних культур ели в черничном типе леса существенно выше, чем в долгомошном типе леса (рис. 2). Так высота культур в черничном типе леса выше на 17 % (z=1,65, p=0,09), диаметр у шейки корня на 46 % (z=2,85, p=0,004), а средний прирост по высоте на 38 % (z=1,87, p=0,06).

Параметры 4-летних культур сосны в брусничном типе леса существенно выше, чем в черничном типе леса (рис. 2). Так, высота культур в брусничном типе леса выше на 33 % (z=2,04, p=0,04), диаметр у шейки корня – на 45 % (z=3,05, p=0,002), а средний прирост по высоте – на 36 % (z=3,27, p=0,001). Различия скорее всего объясняются характеристиками участков, в брусничном типе леса складываются более благоприятные условия для роста сеянцев. Так микроповышения в брусничном типе леса меньше зарастают травянистой и древесно-кустарничковой растительностью, которая может заглушаться лесные культуры.

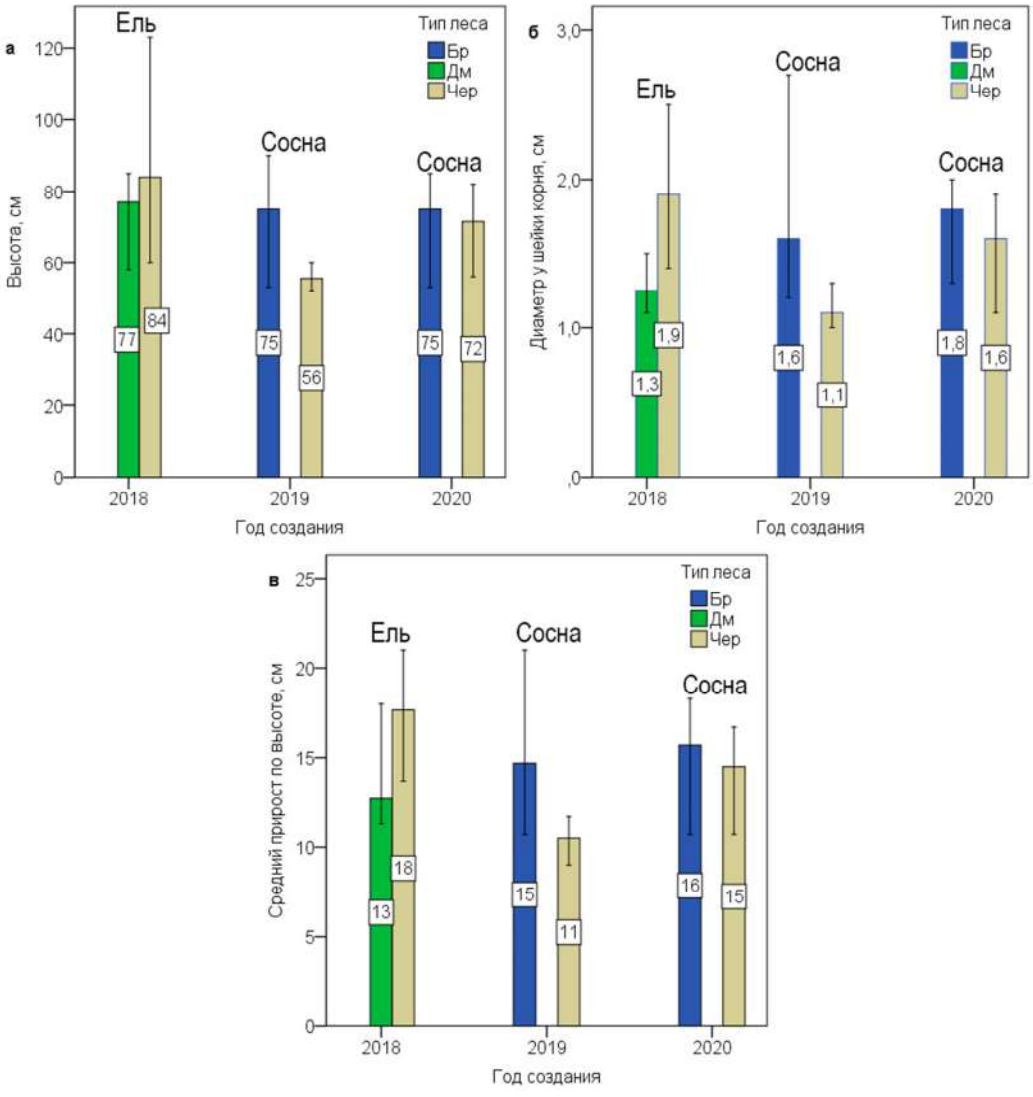


Рис. 2. Параметры лесных культур:
а – высота, см; б – диаметр, см; с – средний прирост по высоте,
см. Линии «усов» показывают диапазон доверительного интервала для каждой переменной

Отсутствует достоверная разница в параметрах 3-летних культур сосны, но в брусничном типе леса высота культур выше на 4 % (z=0,30, p=0,76), диаметр у шейки корня – на 13 % (z=0,86, p=0,39), а средний прирост по высоте – 7 % (z=0,75, p=0,44). Отсутствие достоверной разницы в этом случае может быть связано с тем, что сеянцы ЗКС еще адаптируются к новым условиям среды. Некоторые результаты исследований показывают, что первые 1-2 года после посадки сеянцы ЗКС в большей степени используют питательные вещества кома и не зависят от физических свойств исходной почвы, а также корни сеянцев испытывают стресс и не стремятся выходить за пределы кома [2].

В заключение следует отметить, что механизированная посадка сеянцев ЗКС в различных лесорастительных условиях показала схожие результаты по густоте и сохранности лесных культур. Достоверные различия в параметрах лесных культур сосны и ели прежде всего объясняются особенностями лесокультурных площадей, их почвенными и гидрологическими свойствами. Кроме того, на успех создания лесных культур может повлиять качество обработки почвы и посадочного материала, а также опыт оператора экскаватора по созданию посадочных мест и глубины посадки сеянцев посадочным агрегатом. Таким образом, необходимо разработать научно-обоснованные рекомендации по экскаваторной обработке почв и посадке культур механизированным способом для повышения качества лесокультурных работ и их контроля.

Литература

1. Актуальные проблемы лесовосстановления на европейском севере России в рамках перехода к интенсивной модели ведения лесного хозяйства / Н. А. Бабич, С. А. Корчагов, О. А. Конюшатов [и др.] // Известия вузов. Лесной журнал. – 2013. – № 2. – С. 74–83.

2. Гладинов, А. Н. Сравнительные результаты использования сеянцев сосны обыкновенной с открытой и закрытой корневой системой при искусственном лесовосстановлении в условиях Западного Забайкалья / А. Н. Гладинов, Е. В. Коновалова, С. Ч. Содбоева // Успехи современного естествознания. – 2021. – № 11. – С. 7–12.

3. Малаховец, П. М. Лесные культуры : учебное пособие / П. М. Малаховец. – Архангельск : ИПЦ САФУ, 2012. – 222 с.

4. Мочалов, Б. А. Лесокультурное производство – основа непрерывности лесопользования / Б. А. Мочалов, С. В. Бобушкина // Известия вузов. Лесной журнал. – 2021. – № 4. – С. 80–96.

5. The genetic and economic gains from forest tree breeding programmes in Scandinavia and Finland / G. Jansson, J. K. Hansen, M. Haapanen [et al.] // Scandinavian Journal of Forest Research. – 2017. – Vol. 32, № 4. – P. 273–286.

6. Will intensity of forest regeneration measures improve volume production and economy? / A. Jonsson, B. Elfving, K. Hjelm [et al.] // Scandinavian Journal of Forest Research. – 2022. – № 3. – P. 200–212.

7. Ramantswana, M. Advances in the Mechanization of Regenerating Plantation Forests: a Review / M. Ramantswana // Current Forestry Reports. – 2020. – № 6. – P. 143–158.

8. Influence of mechanical site preparation on regeneration success of planted conifers in clearcuts Fennoscandia – a review / U. Sikström, K Hjelm., K. Holt Hanssen [et al.] // Silva Fennica. – 2020. – Vol. 54, № 2. – P. 1–35.

ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ПРИВЯЗКА ТАКСАЦИОННЫХ ПОСТОЯННЫХ ПРОБНЫХ ПЛОЩАДЕЙ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ МОБИЛЬНОГО GPS-ПРИЕМНИКА

Б.А. Руссаков, В.П. Закутин
Россия, МЦК – Техникум имени С.П. Королева
г. Королев

Аннотация. Геоинформационное картографирование, отражающее взаимосвязь картографии, геоинформатики и дистанционного зондирования и развивающееся как прямое продолжение системного картографирования в геоинформационной среде, открывает новые направления в лесотаксационных исследованиях и лесоустроительном проектировании.
Ключевые слова: геоинформационное картографирование, мобильный GPS-навигатор, географическая привязка, лесотаксационные измерения, ход роста.

Annotation. Geoinformation mapping, reflecting the relationship between cartography, geoinformatics and remote sensing and developing as a direct continuation of system mapping in the geoinformation environment, opens up new directions in forest taxational research and forest management design.
Keywords: geoinformation mapping, mobile GPS navigator, geographical reference, forest taxational measurements, the course of growth.

Применение GPS-навигации на мобильных устройствах открывает новые горизонты в лесотаксационных измерениях и лесоустроительном проектировании. Географическая привязка лесных объектов к космическим снимкам, лесоустроительным картографическим материалам (картам-схемам лесничеств, планам лесонасаждений, лесным планшетам) и сохранение этих данных в виде слоев в информационной системе позволяет расширить возможности, «инструментарий» ретроспективного анализа при изучении возрастной динамики таксационных показателей насаждений лесообразующих пород.

При изучении хода роста древостоев основным теоретическим, методическим вопросом является выбор метода сбора экспериментальных данных, обоснование того, что лесотаксационные измерения, выполненные для древостоев разных возрастов, будут относиться к одному естественному ряду развития, что позволяет в дальнейшем строить линии хода роста древостоев по таксационным показателям.

Все ныне известные методы изучения рядов хода роста насаждений имеют свои «слабые стороны», и их применение позволят построить линии возрастной динамики таксационных показателей древостоев с определенной вероятностью, что характеристики оцениваемых таксационных элементов леса в прошлом и будущем будут расположены именно в границах линий хода роста таксационных таблиц.

Есть только один метод, который обеспечивает 100-процентную точность и надежность результата при изучении рядов возрастной динамики таксационных показателей древостоев и признан всеми исследователями, кто работает в области лесотаксационных измерений. Это метод постоянных пробных площадей. Он не относится к числу экспресс-методов. Сбор результатов лесотаксационных измерений происходит на одних и тех же участках леса (пробных площадях) в течение длительного времени. Но уже материалы, например, трех повторных лесоустройств позволяют выполнять как ретроспективный анализ, так и экстраполировать значения лесотаксационных показателей древостоев на 2–3 класса возраста.

Слабой стороной, недостатком метода постоянных пробных площадей можно считать достаточно длительный срок хранения лесотаксационной информации. Когда экспериментальные данные таксационных измерений и географическая привязка (картирование) лесных объектов и геодезические измерения углов постоянной пробной площади могут быть утеряны.

Применение геоинформационных систем для сбора, хранения и обработки экспериментальных данных лесотаксационных измерений насаждений позволяет снивелировать этот недостаток метода постоянных пробных площадей и сохранить на длительное время как материалы географической привязки лесных объектов, так и сами лесотаксационные измерения в виде базы данных.

Возможности GPS-навигации на мобильных приемниках позволяют сохранять данные геолокации и таксационных измерений деревьев и в целом пробных площадей непосредственно в момент их получения в лесу. Сохранение слоев географической привязки лесотаксационных измерений в информационной системе, возможность наложения этих слоев на космические снимки и лесоустроительные карты, собранные в течение длительного времени накопления опытных данных, делают эти материалы уникальными для изучения хода роста лесных насаждений и в целом лесных сообществ.

Как отмечает И.К. Лурье [1, с. 1], лесная «…карта теперь предстает как образно-знаковая геоинформационная модель действительности. Аналоговые методы создания и использования карт уступают место новым электронным технологиям, основанием при разработке которых служат традиции атласного картографирования и опыт комплексных географических исследований. Основное назначение геоинформационного картографирования – информационно-картографическое моделирование геосистем».

Апробирование географической привязки лесотаксационных измерений в информационной системе мобильного GPS-приемника выполнено с помощью навигатора Garmin и лесоустроительных лесных карт, записанных на мобильном телефоне в виде информационной системы с подключением GPS-навигации. Работы выполнены в Учебно-опытном участковом лесничестве Московского Учебно-опытного филиала ГКУ МО «Мособллес». В 6 лесотаксационном выделе 58 квартала лесничества на площади 1,3 га произрастает уникальное насаждение североамериканского экзота сосны Банкса (рис. 1).



Рис. 1. Уникальное насаждение североамериканского экзота сосны Банкса в Учебно-опытном участковом лесничестве Московского Учебно-опытного филиала ГКУ МО «Мособллес»

Уникальность этого лесного участка заключается в том, что саженцы сосны Банкса были привиты на подвой сосны обыкновенной.

Результаты географической привязки лесотаксационных измерений в насаждении сосны Банкса, выполненные в информационной системе мобильного GPS-приемника, сохраненные как информационный слой, наложены слоем на космический снимок лесничества в поисковой системе Google Earth, результаты показаны на рисунке 2.

Географическая привязка деревьев на постоянной пробной площади выполнена на два мобильных устройства: навигатор Garmin и план лесонасаждений Учебно-опытного лесничества, который записан на мобильном телефоне в виде информационной системы с подключением GPS-навигации.

Наложение двух слоев, полученных с разных устройства GPS-навигации, географической привязки модельных деревьев на план лесонасаждений выполнен в геоинформационной системе Qwantum ГИС и показал совпадение слоев.

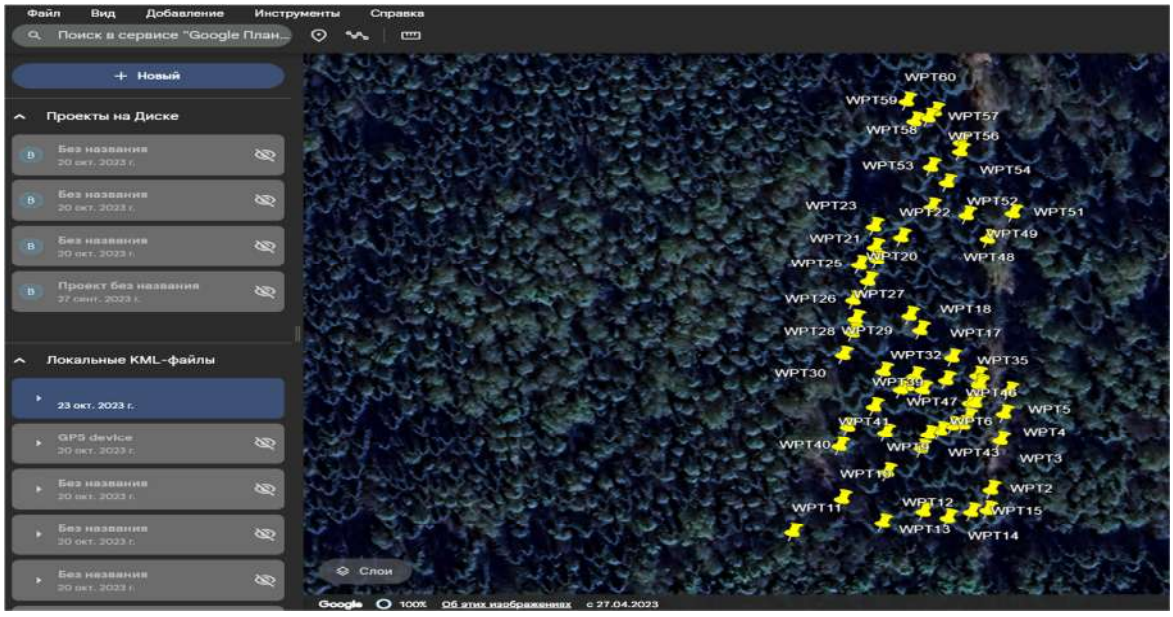


Рис. 2. Привязка точек местоположения модельных деревьев, выставленных с мобильного GPS-устройства, на постоянной лесотаксационной пробной площади в поисковой системе Google Earth

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы. Географическая привязка лесотаксационных измерений на пробной площади может выполняться одним из мобильных GPS-приемников. Сохранение слоев геолокации лесных объектов в геоинформационной системе позволяет сохранить всю информацию, собранную на таксационных постоянных пробных площадях, накапливать ее и проводить как ретроспективный анализ линий хода роста древостоев, так и экстраполировать возрастную динамику таксационных показателей насаждений.

Литература

1. Лурье, И. К. Геоинформационное картографирование / И. К. Лурье. – Москва : КДУ, 2008. – 424 с.

2. Географическая привязка данных: что это такое и как она работает. – Текст : электронный // profanswer.ru : сайт. – URL: https://kurnyavkabox.ru/geograficeskaya-privyazka-dannyx-cto-eto-takoe-i-kak-ona-rabotaet (дата обращения: 20.11.2023).

3. Пространственная привязка и системы координат. – Текст : электронный // ArcGISResources : сайт. – URL: https://resources.arcgis.com/ru/help/gettingstarted/articles/026n0000000s000000.htm (дата обращения: 20.11.2023).

ОХРАНА И ЗАЩИТА ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ С ПОМОЩЬЮ МУЛЬТИКОПТЕРА

Р.А. Сафиуллин
Россия, Уфимский университет науки и технологий
г. Нефтекамск

Аннотация. Для проведения охраны и защиты лесов, учета лесовосстановления в настоящее время активно используются беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Если лесные работы на БПЛА в основном ограничены проведением аэрофотосъемок лесных ресурсов, то использование мультикоптеров (МК) позволяет доставить определенное количество грузов на лесные территории пораженные пожарами, вредителями и болезнями леса. МК будет доставлять определенные грузы, которые будут ориентироваться в пространстве с помощью модулей RpLidar и спутниковых систем.
Ключевые слова: защита леса, охрана леса, БПЛА, лесовосстановление, мультикоптер.

Annotation. Unmanned aerial vehicles (UAVs) are currently being actively used for the protection and protection of forests, accounting for reforestation. If forest work on UAVs is mainly limited to aerial photography of forest resources, then the use of multicopters (MK) allows you to deliver a certain amount of cargo to forest areas affected by fires, pests and diseases of the forest. The MK will deliver certain cargoes that will be oriented in space using RpLidar modules and satellite systems.
Keywords: forest protection, forest protection, UAV, reforestation, multicopter.

В настоящее время основным природным ресурсом экологического ландшафтного потенциала территорий регионов Российской Федерации являются леса, отличительной особенностью которых является их способность к возобновлению. Рекреационная роль лесов чрезвычайно велика в процессах регулирования экологического равновесия биосферы и сохранении биологического разнообразия различных природных и культурных ландшафтов. За последние годы бурного хозяйственного использования лесов, воздействия пожаров и биотических факторов лесной покров претерпел значительную антропогенную трансформацию на определенных территориях. Поэтому природные ресурсы лесов необходимо рассматривать как важнейшие компоненты биосферы, выполняющие определенные природообразующие и средозащитные функции [1].

Многие предшествующие годы лесные ресурсы всегда рассматривались как объекты хозяйственной деятельности, в основном для пользования древесиной как строительным и топливным материалом. Российская Федерация имеет одну четвертую часть всех ресурсов леса и является одним из крупнейших снабженцев в области лесных материалов, поэтому планируется нарастить до 20 % количество использования продуктов домостроения из дерева в объеме строительства к концу 2025 года [2]. Для этого будут созданы стандарты для новых материалов на основе древесины и конструкции из дерева. Будут разработаны нормативно-технические документы по пожарной безопасности домов из дерева.

На сегодняшний день для процессов мониторинга лесных ресурсов используются несколько способов:

1. Обход автотранспортом всей территории лесных угодий.
2. Наличие спутниковых фотоснимков.
3. Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

В последние десять лет во всем мире, а также и в Российской Федерации для дистанционного зондирования лесных ресурсов, лесохозяйства активно начали использовать БПЛА [3]. Особенно актуальным данный вопрос является при выполнении мероприятий:

- таксации лесов и лесоустройстве;

- мониторинге труднодоступных заболоченных и горных хребтов;
- учете площадей пройденных пожарами;
- учете площадей пораженных техногенной деятельностью организаций и незаконной вырубкой;
- учете площадей пораженных вредителями и болезней леса;
- учете зарастания мягколиственными породами деревьев.

Первая из данных терминов «таксация» (от лат. taxatio – «оценка, определение стоимости») – определяет отрасль лесохозяйственных знаний, занимающаяся способами определения объема срубленных и растущих деревьев, запаса насаждений и прироста как отдельных деревьев, так и целых насаждений. В Российской Федерации таксацию проводят при лесоустройстве, отводе лесосек в рубку, инвентаризации леса, согласно документообороту и нормативам. Термин «лесоустройство» связан со специализированным видом лесохозяйственной деятельности, обеспечивающей разработку системы государственных мероприятий, направленных на рациональное использование, повышение продуктивности, воспроизводство, охрану и защиту лесов, повышение культуры ведения лесного хозяйства [4].

Ландшафты заболоченных и горных хребтов являются недоступными лесными участками для проведения мероприятий по лесовосстановлению, их культивируют агротехническим ручным способом. В границах транспортно доступных делянок для проведения мероприятий по лесовосстановлению определяются участки, подходящие по почвенным и лесорастительным условиям для создания лесных культур с перспективными характеристиками лесного фонда.

Учет площадей: пройденных пожарами, пораженных техногенной деятельностью организаций и незаконной вырубкой, пораженных вредителями и болезнями леса, зарастания мягколиственными породами деревьев – также требует транспортной доступности и является трудоемким мероприятием.

В проведении лесных работ в наши дни активно начали использовать спутниковые, аэросъемки и БПЛА фиксации лесных участков и изучении динамики лесовосстановительных процессов. Получение спутниковых снимков и аэрофотосъемки для целей этих работ дороги и не обеспечивают достаточного разрешения полученных фотографий. Более наглядными и информативными получаются картографические и комбинированные фотографии, полученные с помощью БПЛА [3].

Если лесные работы на БПЛА в основном ограничены проведением аэрофотосъемок лесных ресурсов, то использование мультикоптеров (МК) позволяет доставить определенное количество грузов на лесные территории пораженные пожарами, вредителями и болезнями леса [5, 6].

Для летательного аппарата МК, выполняющего функцию автономного полета с доставкой грузов, нужно соответствующее навесное оборудование. Одна из наиболее важных в автономном полете функций – умение ориентации МК в пространстве. За это отвечают два его микропроцессорных модуля – GPS и RpLidar. GPS помогает МК ориентироваться в местности и прокладывать маршрут от начального до конечного адреса. RpLidar в свою очередь позволяет видеть более мелкие препятствия, такие как мелкие ветки деревьев, линии электропередач, то есть позволяет МК безопасно маневрировать в лесной местности, что очень важно при транспортировке груза, чтобы летательный аппарат не разбился и груз остался целым. Обнаружение мелких объектов достигается с помощью лазерных лучей. Lidar считает скорость, с которой отразится луч от объекта и на основании полученных данных понимает, на каком расстоянии находится МК от предмета (по такому же принципу работают парктроники, установленные на современных автомобилях). Ограничением является лишь емкость аккумулятора, которого в среднем хватит на 90 минут плавного полета при идеальных погодных условиях, и электробезопасная эксплуатация. Каждый алгоритм итоговой сборки не

может существовать друг без друга, получается некая последовательность действий, задающаяся специальным программным обеспечением [7–9].

Заряд аккумуляторов для МК можно эффективно восстановить, как это делается для мобильных телефонов, шуруповертов и аккумуляторов автомашин.

Не менее важный компонент МК – это регулятор скорости вращения моторов (ПИД-регулятор), формирующий управляющий сигнал, который является суммой трех слагаемых, первое из которых пропорционально разности входного сигнала и сигнала обратной связи (сигнал рассогласования), второе – интеграл сигнала рассогласования, третье – производная сигнала рассогласования.

Приемник считывает сигнал, получаемый с передатчика аппаратуры, в свою очередь передатчик получает информацию со стиков, которыми управляет пилот. Полученные данные приемник передает на контроллер. Видеопередатчик транслирует картинку с камеры, установленной на квадрокоптере на приемник, встроенный в шлем виртуальной реальности, картинка выводится на дисплей с минимальной задержкой и управляется в реальном времени [9].

Таким образом, такой МК будет эффективно доставлять и распыливать ядохимикаты для лечения больших площадей пораженных вредителями и болезнями леса. Если участки поражены нефтью или другим сырьем техногенной деятельности организаций, то МК могут распылить над данной площадью бактерии, которые со временем восстановят почвенный покров и ландшафт данных лесных территорий.

Литература

1. Назаренко, Е. Б. Восстановление лесов: состояние, способы и перспективы / Е. Б. Назаренко, О. В. Гамсахурдия // Лесной вестник. – 2020. – № 2. – С. 137–141.

2. Вайс, А. А. Современные научные исследования в области лесовозобновления и образования насаждений / А. А. Вайс // Исследования в области естественных наук. – 2015. – № 2.

3. Денисов, С. А. Опыт применения квадрокоптера для мониторинга возобновления леса / С. А. Денисов, А. А. Домрачев, А. С. Елсуков // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2016. – № 4 (32). – С. 34–46.

4. Багинский, В. Ф. Лесная таксация и лесоустройство / В. Ф. Багинский. – Минск : РИПО, 2020. – 290 с.

5. Analysis of unmanned aerial system-based CIR images in forestry – A new perspective to monitor pest infestation levels / J. R. K. Lehmann [et al.] // Forests. – 2019. – Vol. 6, № 3. – P. 594–612.

6. Recent advances in forest insect pests and diseases monitoring using UAV-based data: A systematic review / A. Duarte [et al.] // Forests. – 2022. – Vol. 13, № 6. – P. 911–935.

7. Сафиуллин, Р. А. Обеспечение электро- и пожаробезопасности в электромеханических системах : учебное пособие / Р. А. Сафиуллин. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. – 236 с.

8. Сафиуллин Р. А. Технологии разработки программного обеспечения современных ЭВМ : учебное пособие / Р. А. Сафиуллин. – Уфа : РИЦ УУНиТ, 2018. – 182 с.

9. Сафиуллин, Р. А. Управление движением электромеханического микроробота / Р. А. Сафиуллин // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2020. – Т. 63, № 6. – С. 57–65.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И РОСТА БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ГКУ «АКСУБАЕВСКОЕ ЛЕСНИЧЕСТВО» РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

[1] И.К. Сингатуллин, [2] В.И. Чернов
[1]Россия, Казанский государственный аграрный университет
[2]Россия, Министерство лесного хозяйства Республики Татарстан
г. Казань

Аннотация. Цель исследования – анализ состояния и роста березы повислой различного происхождения в ГКУ «Аксубаевское лесничество» РТ. Проведенные исследования показали, что произошло усыхание березовых насаждений на значительных территориях ГКУ «Аксубаевское лесничество. Причиной усыхания является ослабление березы после засухи 2010 г. и заболевание бактериальной водянкой. На момент исследования береза полностью отпала, древесина сгнила. После отпада березы под пологом древостоя появился подрост, который представлен дубом семенного происхождения, кленом, липой и березой порослевого происхождения. Наибольшее количество подроста приходится на клен и березу в категории «крупный», дуб представлен во всех категориях высот. Состав подроста под пологом леса – 4Б3Кл2Д1Лп. В междурядьях и по бороздам лесных культур подрост представлен дубом семенного происхождения, березой семенного и вегетативного происхождения, кленом, липой порослевого происхождения состава 9Б1Лп+Д, Кл, Ос. При сопоставлении полученных результатов установлено, что есть различия в количестве подроста под пологом леса и на участке лесных культур – под пологом древостоя количество подроста в 2 раза меньше. В составе на участке лесных культур преобладает береза преимущественно семенного происхождения, под пологом состав сравнительно в одинаковой степени представлен березой, кленом, дубом и липой.
Ключевые слова: рубка, береза, состав, возобновление, подрост, дуб.

Annotation. The analysis of the condition and growth of silver birch of various origins in the State Institution “Aksubayevskoye Forestry” of the Republic of Tatarstan. The conducted research has shown that birch plantations have dried out in large areas of the Aksubaevskoye Forestry. The reason for the drying is the weakening of the birch after the drought of 2010 and bacterial dropsy. At the time of the study, the birch tree had completely fallen off and the wood had rotted. After the loss of birch, under the canopy of the tree stand, undergrowth appeared, which was represented by oak of seed origin, maple, linden and birch of coppice origin. The largest amount of undergrowth accounts on maple and birch in the “large” category; oak is represented in all height categories. The composition of undergrowth under the forest canopy is 4B3Kl2D1Lp. In the interrows and furrows of forest crops, the undergrowth is represented by oak of seed origin, birch of seed and vegetative origin, maple, linden of coppice origin with the composition 9B1Lp+D, Kl, Os. When comparing the results obtained, it was established that there are differences in the amount of undergrowth under the forest canopy and in the area of forest crops – under the canopy of the tree stand the amount of undergrowth is 2 times less. The composition of forest crops in the area is dominated by birch, predominantly of seed origin; under the canopy, the composition is relatively equally represented by birch, maple, oak and linden.
Keywords: felling, birch, composition, renewal, undergrowth, oak.

Цель работы: провести анализ состояния и роста березы повислой различного происхождения в ГКУ «Аксубаевское лесничество» РТ.

В настоящее время сильно возросла потребность в древесине березы, в частности при производстве фанеры. В связи с этим развернулось интенсивное лесопользование в березняках всех категорий лесов.

Для исследования состояния роста и естественного возобновления березы в 2021 году были выбраны 2 объекта в 1 и 6 выделах 84 квартала Ибрайкинского участкового лесничества, ГКУ «Аксубаевское лесничество» Республики Татарстан:

1 Объект: Квартал № 84, выдел 1, площадь 4,7 га, Ибрайкинское участковое лесничество. Состав основного насаждения 10Б, возраст 60 лет, полнота 0,6, бонитет 1, запас на 1га – 190 $м^3$/га, на выделе 890 $м^3$, ТЛУ – Д2, тип леса – березняк ясменниковый. Культуры под пологом 7С3Е, возраст 16 лет.

2 Объект: Квартал № 84, выдел 6, площадь 3,9 га, Ибрайкинское участковое лесничество. Лесные культуры березы 2017 года. ТЛУ–Д2, тип леса – березняк ясменниковый.

На первом объекте, пострадавшем от засухи 2010 года, была заложена пробная площадь размером 50*50 м, проведен перечет деревьев по категориям состояния, и проведен учет находящегося под пологом древостоя подроста.

Часть деревьев погибла после засухи 2010 года (46 % от количества и 56 % от объема) [1]. В большей степени пострадали деревья больших ступеней толщины (от 20 до 64 см). После усыхания в течение 2–3 лет произошел отпад березы, полнота насаждения снизилась до 0,4. На сегодняшний день они большей частью сгнили. Деревья в ступенях толщины от 6 до 20 см более молодого возраста, появились после усыхания и вырубки дуба после морозов 1977–78 гг., они не пострадали от засухи. Об этом же свидетельствуют данные статистической обработки – средний объем сухостойного дерева в 2 раза больше, чем здорового. Часть деревьев старшего возраста поражены бактериальной водянкой. Они отнесены к категории «ослабленные» – 11 %, к категории «здоровые» – 43 %, «сухостойные» – 46 %.

На данном объекте береза произрастает в смеси с липой и кленом естественного происхождения, более молодых по возрасту, составляющих второй ярус, под пологом березового древостоя были созданы культуры дуба, которые находятся в хорошем состоянии. Данные по сопоставлению по диаметру березы и сопутствующих пород приводятся в нижеследующей таблице 1.

Таблица 1

Средний диаметр одного дерева березы и сопутствующих пород на первом объекте (см)

Показатели	береза	липа	клен	дуб
Среднее X	32,72	8,62	7,38	7,23
Стандартная ошибка m_x	2,23	0,39	0,43	0,44
Стандартное отклонение Б	18,23	2,62	2,46	2,90
Дисперсия выборки $Б^2$	332,33	6,88	6,05	8,41
Минимум	6	4	4	2
Максимум	64	14	14	14

Учет подроста с определением его состава и количества был проведен под пологом березового насаждения на учетных площадках размером 5×5 м, с разделением по породам, категориям крупности (рис).

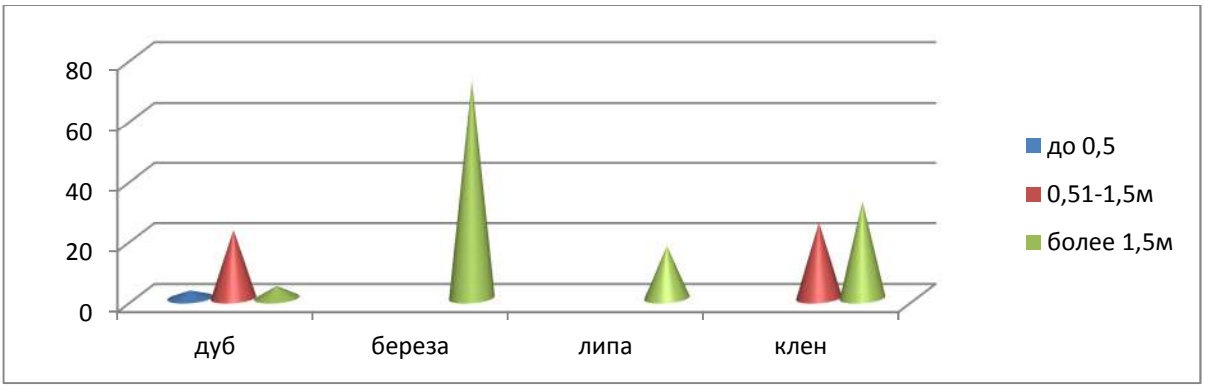


Рис. Распределение подроста по породам на объекте № 1 под пологом

После обработки данных учета естественного возобновления определено, что под пологом древостоя имеется подрост состава 4Б3Кл2Д1Лп – формируется естественное насаждение смешанного состава [6].

На втором объекте после проведения сплошной санитарной рубки березового древостоя были созданы смешанные культуры березы и ели. В междурядьях и по бороздам появилось естественное возобновление. В рядах культур по диагонали участка были заложены учетные отрезки, где определены биометрические показатели: диаметр корневой шейки и высота культур березы и ели. Сопоставление культур березы и ели по диаметру и высоте приводятся в нижеследующей таблице 2.

Таблица 2

Сопоставление культур березы и ели по биометрическим показателям

Показатели	диаметр корневой шейки, см		высота, см	
	береза	ель	береза	ель
Среднее X	1,40	0,66	152,16	45,59
Стандартная ошибка m_x	0,06	0,07	4,65	3,58
Стандартное отклонение Б	0,47	0,28	38,60	14,77
Дисперсия выборки $Б^2$	0,22	0,08	1489,72	218,26
Минимум	0,4	0,3	72	26
Максимум	2,8	1	300	68
Изменчивость V, %	33,4	41,9	25,4	32,4
Точность опыта P, %	4,0	10,2	3,1	7,9

Проведенная сравнительная характеристика биометрических показателей культур березы и ели подтверждает биологические особенности роста данных пород, в первые годы жизни береза имеет больший прирост в высоту и по диаметру [2–3]. На втором объекте различий в росте березы естественного семенного происхождения и в культурах не выявлено, различие имеется в росте березы порослевого происхождения.

Благодаря быстрому росту в первые годы жизни после посадки береза не затеняется травянистой растительностью, отпада его нет, имеет высокую приживаемость. Ель после посадки в первые 2 года имеет малый прирост, но как теневыносливая порода выживает. В то же время при отсутствии достаточного количества агротехнических уходов необходимо проведение оправки весной после таянии снега [4–5].

Учет подроста был проведен в междурядьях и по бороздам по категориям крупности и породам. На данном объекте подрост представлен дубом семенного происхождения, березой семенного и вегетативного происхождения, кленом, липой порослевого происхождения.

При сопоставлении полученных результатов установлено, что есть различия в количестве подроста под пологом леса и на участке лесных культур – под пологом древостоя количество подроста в 2 раза меньше. В составе на участке лесных культур преобладает береза преимущественно семенного происхождения, под пологом состав сравнительно в одинаковой степени представлен березой, кленом, дубом и липой.

Для определения зависимости количества подроста и его состава от местонахождения (под пологом насаждения и на вырубке с созданными лесными культурами) проведем сопоставление полученных данных (табл. 3).

Таблица 3

Сравнительная характеристика естественного возобновления по породам на исследованных объектах по количеству и составу (шт/га)

Показатели	Под пологом	На участке лесных культур
Количество, шт/га	6588 ±1159	11880 ±4122
Состав	4Б3Кл2Д1Лп	9Б1Лп+Д, Ос

Как видно из полученных результатов, есть различия в количестве подроста под пологом леса и на участке лесных культур – под пологом древостоя количество подроста в 2 раза меньше. В составе на участке лесных культур преобладает береза преимущественно семенного происхождения, под пологом состав сравнительно в одинаковой степени представлен березой, кленом, дубом и липой.

Есть существенные различия в распределении подроста по категориям крупности, что связано с биологией породы – большую высоту имеет подрост липы вегетативного происхождения, меньшую высоту имеет дуб семенного происхождения.

При проведении рубки на первом участке необходимо сохранении подроста, который в дальнейшем позволит сформировать смешанное насаждение с участием ценных пород для данного региона – дуба, березы и липы. На втором участке при проведении лесоводственных уходов необходимо проводить уход за естественным возобновлением березы и дуба.

Литература

1. Газизуллин, А. Х. Состояние березняков возвышенного Заволжья Республики Татарстан после засухи 2010 года / А. Х. Газизуллин, И. К. Сингатуллин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2014. – Т. 9, № 2 (32). – С. 99–103.

2. Сингатуллин, И. К. Анализ состояния и роста Betula pendula различных форм в ООПТ «Татарско-Ахметьевское торфяное» Республики Татарстан / И. К. Сингатуллин, Н. М. Ятманова, Г. А. Петрова // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Казанского государственного аграрного университета (Казань, 26–27 марта 2022 г.). – Казань : Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 263–268.

3. Сингатуллин, И. К. Естественное возобновление березы повислой (Betula pendula Roth.) в лесотепной зоне Республики Татарстан / И. К. Сингатуллин, Ш. Ш. Шайхразиев, С. Г. Глушко // Лесной вестник. Forestry Bulletin. – 2021. – Т. 25, № 5. – С. 14–21.

4. Сукцессионные процессы в лесах лесостепной зоны Республики Татарстан / И. К. Сингатуллин, З. Г. Хакимова, В. И. Чернов, Р. А. Давлетшин // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры : Научные труды международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию аграрной науки, образования и просвещения в Среднем Поволжье (Казань, 13–14 ноября 2019 г.). – Казань : Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 388–392.

5. Потапенко, А. М. Оценка лесовозобновительной способности березняков южной части Беларуси / А. М. Потапенко // Леса России и хозяйство в них. – 2017. – № 3 (62). – С. 35–41.

ПРАВОВЫЕ МЕРЫ ОХРАНЫ И ЗАЩИТЫ ЛЕСОВ

А.С. Трапезников, Е.Н. Пилипко
Россия, Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина
г. Вологда, с. Молочное

Аннотация. В данной статье рассмотрены различные правовые инструменты и механизмы, включая лицензирование и контроль, которые национальные и международные организации используют для борьбы с незаконными рубками. Рассмотрены международные соглашения и конвенции, касающиеся охраны и защиты лесов, и их влияние на национальное законодательство. Также в статье сделан акцент на необходимости сотрудничества между государствами и различными заинтересованными сторонами для эффективной охраны и защиты лесов. При этом подчеркнуто значение образования и просвещения для повышения осознанности и понимания общества о важности сохранения лесов. Важно отметить, что такие проекты должны быть устойчивыми и учитывать интересы местного населения, чтобы обеспечить долгосрочное сохранение лесов. В заключение статьи отмечена необходимость усиления международного сотрудничества и совместных усилий всех заинтересованных сторон для эффективной охраны и защиты лесов. Также предложены основные рекомендации для улучшения правовых мер и политик в области охраны и защиты лесов.
Ключевые слова: лес, охрана леса, защита леса, экологическое воспитание, экологические правонарушения.

Annotation. This article will examine the various legal instruments and mechanisms, including licensing and control, that national and international organizations use to combat illegal logging. International agreements and conventions related to forest conservation and protection and their impact on national legislation will be considered. The article will also emphasize the need for cooperation between states and various stakeholders for effective forest protection and conservation. In doing so, the importance of education and awareness will be emphasized in order to increase public awareness and understanding of the importance of forest conservation. It is important to note that such projects must be sustainable and take into account the interests of local communities in order to ensure long-term forest conservation. The article will conclude by emphasizing the need to strengthen international cooperation and joint efforts of all stakeholders for effective forest conservation and protection. Key recommendations for improving legal measures and policies for forest conservation and protection will also be proposed.
Keywords: forest, forest protection, forest protection, environmental education, environmental offenses.

Леса играют важную роль в сохранении экологического баланса планеты. Они выполняют функцию воздушного фильтра, поглощая углекислый газ и выделяя кислород, что является необходимым условием для жизни. Также леса служат амбаром для биоразнообразия, обеспечивая убежище и пищу для множества видов животных и растений.

Охрана лесов является важным аспектом борьбы с изменением климата. Лесные пожары и вырубка деревьев приводят к высвобождению больших количеств углекислого газа в атмосферу, что усиливает парниковый эффект. Поэтому необходимо контролировать деятельность тех, кто занимается вырубкой лесов, и проводить меры по восстановлению вырубленных участков.

Б.К. Быковский: «Деятельность, направленная на сохранение лесов, осуществляется путем охраны лесов от пожаров, защиты лесов от незаконного выруба, нарушений и незаконной деятельности в лесных угодьях, воспроизводства лесов путем посадки новых деревь-

ев и ухода за существующими, а также лесоразведения – планирования и регулирования использования лесных угодий» [1, с. 150].

Под правовой охраной лесов В.Ф. Горбовой понимает систему юридических мер, которые направлены на обеспечение рационального использования лесов и борьбу с лесонарушителями. Эти меры могут быть различными, включая привлечение лесонарушителей к уголовной, дисциплинарной и материальной ответственности [2, с. 30].

Н.Г. Баканева под правовой охраной лесов подразумевается совокупность мер и действий, направленных на предотвращение и пресечение нарушений лесного законодательства, а также защиту лесного фонда от разрушения и ущерба. В рамках правовой охраны лесов осуществляется контроль за соблюдением правил использования лесных ресурсов, проводятся проверки на предмет незаконных рубок и других правонарушений, ведется работа по выявлению и пресечению пожаров и мерам по защите лесов от вредителей и болезней [3, с. 13].

По Н.Н. Абаниной, охрана лесов включает в себя не только защиту и безопасность лесов и их общей территории, но и предотвращение истощения, загрязнения и разрушения лесного комплекса. Это также включает защиту от загрязнения атмосферного воздуха, вод и почв, регулирование численности животного мира, рациональное использование лесов и земель, а также меры по их воспроизводству [4, с. 33].

Согласно стратегии экологической безопасности России до 2025 года, на данный момент состояние окружающей среды РФ характеризуется как неблагополучное.

Согласно закону о защите окружающей среды [5], воспроизводство и рациональное использование природных ресурсов являются неотъемлемыми условиями для обеспечения благоприятной окружающей среды и экологической безопасности. Этот принцип является одним из основных принципов охраны окружающей среды в рамках государственной политики в области экологического развития Российской Федерации до 2030 года [6].

Лес представляет собой комплекс лесной растительности, почвы, животного мира и других элементов природной среды, обладающий значительным экологическим, экономическим и социальным значением [7, с. 273]. Согласно статье 5 ЛК РФ, лес является не только важнейшим природным ресурсом, но и экологической системой [8]. Важно отметить, что в каждой экологической системе происходит обмен веществами между живыми и неживыми компонентами. Можно провести параллель между лесом и человеческим организмом, поскольку оба они представляют собой целостные системы, в которых элементы взаимосвязаны. Экологическое значение леса заключается в его влиянии на множество процессов, происходящих в природе. Социальное значение леса проявляется в его роли как важного элемента в историческом развитии народов, поскольку лес является источником ресурсов, необходимых для выживания человека.

Загрязнение окружающей среды и лесов является проблемой, вызванной деятельностью человека. Некоторые люди небрежно относятся к природе, выбрасывая мусор на улицы, сжигая отходы, используя опасные химические вещества и т.д. Однако существуют и те, кто специально загрязняет окружающую среду для получения выгоды или с целью вредить другим. Неправомерная вырубка деревьев, незаконная рыбалка и охота, необдуманные строительства дорог и туристических объектов – все это ведет к разрушению лесных экосистем. Это не только приводит к потере животных и растительных видов, но и ухудшает качество воздуха, понижает уровень эффективности почвы и увеличивает риск возникновения пожаров. Улучшение качества правовых мер охраны и защиты лесов является важным шагом для предотвращения дальнейшего загрязнения и разрушения. Такие меры могут включать в себя введение строгих норм и правил, контроль за соблюдением этих норм, обязательство компенсации вреда при нарушении правил охраны лесов, поощрение устойчивого лесопользования и разработку программа по лесовосстановлению. Леса имеют огромное значение для жизни человека и природы. В целом проблемы загрязнения окружающей среды и лесов требуют комплексного подхода и усилий со стороны правительств, лесных хозяйств, общества и каждого отдельного человека [9].

Поскольку рациональное использование древесины является основным способом защиты и охраны лесов, совершенствование лесного законодательства и более строгая регламентация понятия «незаконная рубка» в Российской Федерации являются важными мерами правовой защиты лесов. Причем страдают не только лесные насаждения, но и животные, которые на них обитают. Незаконные вырубки также приводят к изменению экосистемы и, как следствие, к нарушению водного режима и изменению климата. Ужесточение контроля за оборотом древесины, а также повышение ответственности за незаконные вырубки могут способствовать снижению уровня таких правонарушений и подтолкнуть людей к более ответственному отношению к окружающей среде и живым существам, которые в ней обитают.

Необходимо повысить эффективность расследования преступлений, связанных с поджогом лесов в целях скрытия незаконной рубки. Около 80 % лесных пожаров происходят из-за человеческого вмешательства. Пожары играют ключевую роль в гибели лесов в России и являются основной причиной их уничтожения.

Пожары в лесах приводят к серьезному загрязнению воздуха и почвы. Сгорание больших объемов древесины может вызвать появление кислотных дождей, что отрицательно сказывается на почвенном составе и водоемах. Загрязненные водоемы часто приводят к угрозе вымирания ряда рыбных видов и растений. Это также приводит к ухудшению экологической обстановки в городах и сельской местности, что нарушает права граждан на благоприятную окружающую среду, закрепленные в статье 42 Конституции Российской Федерации [10].

Также важной мерой правовой защиты лесов является систематическая работа по просвещению местного населения и проведению экологических мероприятий с целью повышения уровня правосознания и правовой культуры граждан. Экологическому воспитанию населения следует уделять большое внимание, включая привлечение различных гражданских обществ к подобным мероприятиям. Также необходимо популяризировать через СМИ и социальные сети важность защиты и охраны лесов.

Таким образом, необходимо внести изменения в лесное законодательство Российской Федерации в отношении преступлений, связанных с лесопользованием, что способствует более эффективному расследованию экологических преступлений. Эти меры могут способствовать сохранению различных видов растений и животных, в том числе тех, численность которых стремительно сокращается. Я считаю, что нужно проводить проведение пропаганды бережного отношения к природе, а также увеличить количество массовых мероприятий, посвященных очистке окружающей среды от мусорных отходов.

Проблема состояния окружающей среды остается одной из главных на планете Земля и требует внимания не только в России, но и в мировом масштабе. Люди должны уделять больше внимания природе, так как неблагоприятные последствия могут быть непоправимы для человечества. В настоящее время проблемы загрязнения окружающей среды приводят к ухудшению качества жизни и росту заболеваемости. Поэтому существует необходимость постоянного контроля за состоянием окружающей среды, улучшения правовых мер по охране и защите лесов, а также повышения общественного правосознания как одного из инструментов регулирования социальных отношений [11, с. 197].

Литература

1. Быковский, В. К. Правовые и организационные основы государственного управления лесами : учебник и практикум для среднего профессионального образования / В. К. Быковский ; ответственный редактор Н. Г. Жаворонкова. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2020. – 262 с. – Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. – URL: https://urait.ru/bcode/448533 (дата обращения: 19.11.2023).

2. Горбовой, В. Ф. Лесное право / В. Ф. Горбовой. – Свердловск, 1977. – 48 с.

3. Баканева, Н. Г. Правовая охрана лесов : диссертация на соискание ученой степени кандидата юридических наук / Н. Г. Банкаева. – Москва, 1985. – 192 с.

4. Абанина, Н. Н. Правовая охрана лесов Российской Федерации : диссертация на соискание ученой степени кандидата юридических наук / Н. Н. Абанина. – Саратов, 2004. – 176 с.

5. Об охране окружающей среды: Федеральный закон РФ от 10 января 2002 года № 7-ФЗ (с изм. от 31.12.2017 года № 503-ФЗ). – Текст : электронный // КонсультантПлюс : сайт. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/?ysclid=lphjmmujrl95 9085178 (дата обращения: 19.11.2023).

6. Основы государственной политики в области экологического развития России на период до 2030 года : утвержден Указом Президента РФ от 30 апреля 2012 г. – Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : сайт. – URL: https://docs.cntd.ru/document/902369004 (дата обращения: 19.11.2023).

7. Ерофеев, Б. В. Экологическое право России: учебник для академического бакалавриата / Б. В. Ерофеев ; под научной редакцией Л. Б. Братковской. – 24-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2018 – 455 с.

8. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ (редакция от 04.08.2023) (с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 01.09.2023). – Текст : электронный // КонсультантПлюс: сайт. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_ LAW_64299/?ysclid=lphjnlfd2o129671979 (дата обращения: 19.11.2023).

9. Воробьев, Ю. Л. Лесные пожары на территории России: состояния и проблемы / Ю. Л. Воробьев, В. А. Акимов, Ю. И. Соколов ; под общей редакцией Ю. Л. Воробьева ; МЧС России. – Москва : ДЭКС-Пресс, 2004. – 309 с.

10. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993 с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020). – Текст : электронный // КонсультантПлюс : сайт. – URL: https://online.consultant.ru/riv/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=2875&dst=0&edition=etD&rnd=WXxRUw#kWmx5wT2NLaLD1lR (дата обращения: 19.11.2023).

11. Перевалов, В. Д. Теория государства и права : учебник и практикум для вузов / В. Д. Перевалов. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2020. – 341 с.

РЕАКЦИЯ КОМПОНЕНТОВ ЛИГНО-УГЛЕВОДНОЙ МАТРИЦЫ В ГОДИЧНЫХ КОЛЬЦАХ *PINUS SIBIRICA* DU TOUR НА ОЧАГИ ГРИБНОЙ ИНФЕКЦИИ

Е.А. Тютькова, С.Р. Лоскутов
Россия, Институт леса им. В.Н. Сукачева ФИЦ КНЦ СО РАН
г. Красноярск

Аннотация. С помощью метода пиролитической газовой хромато-масс-спектроскопии (ПиГХ/МС) идентифицированы азотсодержащие продукты пиролиза древесины угнетенного дерева. Установлена связь компонентного состава продуктов пиролиза холоцеллюлозы годичных колец зараженного дерева с азотсодержащими продуктами пиролиза. Интересно, что не все типы лигнина разрушаются вследствие грибковой атаки. Так, выявлено, что деструкции подвергаются бензены и фенолы, а относительное содержание лигнина сирингильного и гваяцильного типов увеличивается в тех годичных кольцах, где выявлены азотсодержащие продукты пиролиза. Это может быть объяснено сложным процессом разрывов связей в лигноуглеводной матрице между гемицеллюлозами и лигнином в процессе грибной атаки. Идентифицированные азотсодержащие продукты пиролиза древесины годичных колец можно рассматривать, по-нашему мнению, как маркеры для выявления очагов заражения грибковой инфекцией деревьев на ранней стадии развития инфекции, не определяемой визуально.
Ключевые слова: годичное кольцо, гниль, пиролиз, древесина, Сибирь.

Annotation. Py-GC/MS enabled to identify nitrogen-containing pyrolysis products for suppressed wood, which products appeared to be compositionally dependent on holocellulose pyrolysis products. Interestingly, not all lignin groups were destroyed by fungi. The destruction covered benzenes and phenols, whereas the relative contents of lignin of syringyl and guaiacyl types showed an increase for the tree rings, for which nitrogen-containing pyrolysis products were found. This probably was a result of fungus attack-caused breakage of bonds between hemicellulose and lignin in the lignin-carbohydrate complex. From our viewpoint, the nitrogen-containing pyrolysis products we identified may serve as markers to spot visibly indiscernible fungus sources on wood.
Keywords: tree ring, rot, pyrolysis, wood, Siberia.

Введение. Древесина заселяется и разрушается различными видами грибов. Впоследствии зараженная грибами древесина теряет свои потребительские свойства. Значительные изменения происходят в химическом составе клеточной стенки древесины при воздействии грибковой инфекции [1]. Грибковое заражение ведет к неприемлемому изменению физико-механических свойств древесины: влажности, электропроводности, акустических и тепловых (теплопроводности и теплоемкости) показателей, прочности и др. [2]. Ранняя диагностика грибковых инфекций в древесине, как правило, затруднительна, независимо от того, является ли субстрат для грибов живыми деревьями или угнетенными. Часто инфекции выявляются в запущенной стадии разрушения уже пораженного дерева. Метод пиролитической хромато-масс-спектрометрии (Пи-ГХ/МС) рассматривается в настоящее время как комплексный и чувствительный метод быстрого обнаружения молекулярных различий (изменений) в интактных клетках грибов, поскольку «маркерные» соединения грибов среди продуктов их пиролиза и другие метаболиты являются идентификационными [3]. На основе этих знаний могут быть разработаны новые эффективные методы диагностики грибковых инфекций древесных растений на ранней стадии и борьбы с ними, что крайне важно для своевременного принятия лесохозяйственных мероприятий с целью недопущения деградации древостоев и сохранения экологических функций лесов. В этом аспекте выявление разницы физико-химических характеристик между древесиной (соответствующих) годичных колец (ДГК) между древесиной угнетенных и здоровых деревьев является весьма актуальным и многообещающим.

Материалы и методы исследования. Объектами исследования были насаждения сосны сибирской кедровой (*Pinus sibirica* Du Tour), относящиеся к Байкитскому лесничеству. Брались образцы древесины (сквозные керны) на высоте 1,3 м у двух групп деревьев. Первая группа (1 шт.) – условно здоровое дерево не имело внешних признаков повреждения кроны и ствола. Густота кроны обычная для господствующих деревьев. Крупных отмерших и отмирающих ветвей нет. Закончившая рост хвоя темно-зеленого цвета. Повреждения хвои незначительны (<10 %) и не сказывается на состояние дерева. Втора группа (1 шт.) – условно угнетенное. Отмирающие ветви кроны сосредоточены в нижней части кроны. Густота кроны обычная для господствующих деревьев. Закончившая рост хвоя зеленого цвета. Повреждения хвои <20 %. Из каждого керна отбирали по 10 годичных колец с 1993 по 2020 гг. (интервал между отобранными для анализа кольцами был равен двум годам) под десятикратным увеличением. Древесину этих колец кондиционировали в течении трех недель при относительной влажности воздуха ~65 %, затем из полученных образцов готовили материал для измерений с использованием метода Пи-ГХ/МС в трех аналитических последовательностях.

Пи-ГХ/МС использовалась для разделения и идентификации летучих компонентов, образующихся в процессе пиролиза. Для этой цели пиролизер типа Frontier EGA/PY-3030D был непосредственно присоединен к хромато-масс-спектрометру (QP 2020, Shimadzu). Температура пиролиза 600 °C. Хроматографическое разделение летучих продуктов проводили на капиллярной колонке Ultra Alloy (30 м × 0.25 мм × толщина слоя жидкой фазы 0.25 мм). Хроматографическое разделение продуктов пиролиза осуществляли при программировании тем-

пературы колонки: (i) 50 °C в течение 10 мин; (ii) от 50 до 240 °C со скоростью 5 °C/мин; (iii) капиллярную колонку поддерживали при 300 °C в течение около 10 мин. В качестве газа-носителя использовали гелий при постоянном расходе 1.0 мл/мин. Температура на входе ГХ составляла 250 °C, при сплит-отношении 50:1. Масс-спектры регистрировали при электронной ионизации (70 эВ) в диапазоне: 35–450 у.е. Идентификацию пиков проводили с использованием библиотеки масс-спектров и литературы.

Анализ годичных колец был выполнен в Красноярском региональном центре коллективного пользования ФИЦ КНЦ СО РАН. Финансирование предоставлено проектом Российского научного фонда «Стратегия адаптивного управления бореальными лесами Сибири в условиях глобальных изменений» (№ 21-46-07002).

Результаты и их обсуждение. Соединения, обнаруженные в пиролизатах из 10 годичных колец древесины условно угнетенного дерева, были разделены на 3 основные группы: холоцеллюлоза (Х); лигнин (Л); азотсодержащие продукты (N) и 7 подгрупп соединений, характеризующихся специфическим происхождением, такие как продукты, полученные из полисахаридов: сахара (САХ); фураны (ФУР); циклопентеноны (ЦИП) и продукты, полученные из лигнина: фенолы, производные лигнина (ФЕН); бензены (БЕНЗ); лигнин гваяцильного типа (Г); лигнин сирингильного типа (С) (табл.).

Таблица

Относительное содержание продуктов пиролиза древесины годичных колец условно угнетенного дерева *Pinus sibirica* Du Tour (1993–2020 гг.), сгруппированных по категориям

Год	Категория							
	ФУР	ЦИП	САХ	БЕНЗ	Г	С	ФЕН	N
1993	6.41±0.06	5.40±0.07	8.16±0.15	6.52±0.03	36.59±0.08	7.41±0.07	7.36±0.08	0.19±0.03
1996	7.25±0.13	5.65±0.05	8.55±0.04	4.51±0.07	29.46±0.55	4.18±0.06	18.20±0.04	0.29±0.03
1999	6.18±0.02	4.15±0.08	7.91±0.15	16.6±0.05	22.48±0.04	4.80±0.03	23.52±0.10	0
2002	5.28±0.05	4.20±0.09	6.47±0.06	17.40±0.08	23.66±0.09	2.89±0.05	24.60±0.07	0
2005	4.78±0.03	4.12±0.05	6.06±0.06	19.93±0.04	26.37±0.07	3.59±0.07	17.59±0.09	0
2008	5.06±0.05	3.63±0.10	4.85±0.08	23.78±0.03	25.35±0.06	2.13±0.04	13.76±0.05	0
2011	5.76±0.08	3.64±0.02	5.79±0.04	23.93±0.02	23.23±0.05	2.67±0.12	16.99±0.07	0
2014	6.89±0.10	3.38±0.04	6.92±0.06	21.14±0.03	21.52±0.10	2.74±0.08	19.45±0.05	0
2017	7.68±0.05	5.21±0.07	6.76±0.06	14.8±0.11	26.90±0.05	6.42±0.04	16.36±0.06	0.22±0.02
2020	7.58±0.07	4.18±0.12	5.34±0.04	16.3±0.04	26.75±0.05	8.27±0.09	17.17±0.01	0.13±0.02

В четырех исследованных образцах древесины годичных колец из десяти обнаружены азотсодержащие продукты пиролиза (N). В 1993 и 1996 гг. л-аланин, а в 2017 и 2020 гг. 3-метоксиотрозин. Судя по полученным данным, при увеличении относительного содержания продуктов пиролиза N замечено увеличение относительного содержания продуктов пиролиза холоцеллюлозы. Этот факт может быть связан с тем, что некоторые виды белой гнили могут удалять лигнин из древесины без интенсивного разрушения холоцеллюлозы [4] и выявленные азотсодержащие маркеры в годичных кольцах подтверждают наличие очагов заражения древесины. Подобное явление было отмечено Kawase [5] при анализе химических компонентов естественно разложившейся древесины, когда при анализе нескольких образцов гниющей древесины им было установлено, что содержание целлюлозы было чрезвычайно высоким, а концентрация лигнина пониженной. Поскольку клеточная стенка гнилостных грибов состоит преимущественно из хитина и глюканов, являющиеся наиболее распространенными полисахаридами [6], то, по нашему мнению, гнилостный гриб может вносить свой «вклад» в повышение относительного содержания углеводов в древесине тех годичных колец, где были выявлены продукты пиролиза N.

Сравнение относительного распределения продуктов пиролиза холоцеллюлозы по категориям показывает различие между исследованной древесиной годичных колец без наличия

азотсодержащих маркеров и таковой с признаками грибковой инфекции. Этот факт указывает на наличие определенных химических изменений в углеводных полимерах, которые происходят в результате активности гнилостных грибов. Заметное химическое различие относится к категориям циклопентеноны, фураны. Так, выявлено, что относительное содержание циклопентенонов в древесине годичных колец с N на 32,2 % выше, чем в таковой без N. В свою очередь относительное содержание фуранов и сахаров в древесине годичных колец с N оказалось выше на 28,7 % и 13,7 %, соответственно. Факт увеличения содержания полисахаридных продуктов требует дальнейшего изучения.

Химические изменения в древесине годичных колец с продуктами пиролиза N предполагает биотическое разложение в результате жизнедеятельности гнилостных грибов. Так, например, выявлено, что среднее относительное содержание продуктов пиролиза групп бензены и фенолы в древесине годичных колец с N ниже, чем таковое в древесине годичных колец без N на 48,3 % и 23,2 %, соответственно. В свою очередь, относительное содержание лигнина гваяцильного типа и лигнина сирингильного типа в древесине годичных колец с N выше на 25,5 % и 108,5 % соответственно. Уменьшение относительного содержания групп бензены и фенолы в профиле компонентного состава пиролизатов древесины годичных колец с N напрямую связано с увеличением степени деградации лигнина. Относительное содержание гваяцильных и сирингильных звеньев лигнина увеличивается в древесине годичных колец с N по сравнению с таковыми без N. Возможно, этот факт связан с разрывом ковалентных связей между лигнином и гемицеллюлозами во время грибковой атаки. Увеличение относительного содержания гваяцильного и сирингильного типов лигнина может указывать на возникновение новых связей после разрушения гемицеллюлоз, фенолов и бензенов. Во время грибковой атаки могут высвобождаться различные типы ферментов, которые гидролизуют компоненты клеточной стенки с образованием новых молекул. В этот момент в лигноуглеводной матрице клеточной стенки происходит множество химических изменений, которые указывают на способность гриба ассимилировать эти самые молекулы в качестве источника углерода [7], следовательно, увеличение относительного содержания сирингильного и гваяцильного типов лигнина может быть связано с ферментативной атакой грибковой инфекции.

Выводы. Использование аналитического пиролиза в исследовании угнетенной древесины *Pinus sibirica* Du Tour позволило по-новому взглянуть на изменение химического состава, происходящего в древесине при поражении ее гнилью. Результаты Пи-ГХ/МС показали, что гниль вызывает истощение лигнина, что дает нам право идентифицировать ее как «белая гниль». Изучение фракции холоцеллюлозы в индивидуальных годичных кольцах у пораженного грибом дерева показало положительную зависимость групп фураны, циклопентеноны и сахара от наличия азотсодержащих продуктов пиролиза, что требует более детального анализа биохимических реакции в дальнейших исследованиях. Кроме того, выявлено, что при грибковой атаке не все продукты ароматической компоненты древесинного вещества разрушаются при воздействии гнили. Так, выявлено, что относительное содержание бензенов и фенолов уменьшается под влиянием ферментов гриба, в то время как таковое гваяцильного и сирингильного типов лигнина увеличивается. Это может быть объяснено сложным процессом разрывов связей в лигноуглеводной матрице между гемицеллюлозами и лигнином в процессе грибковой атаки.

Важно отметить, что детальный анализ продуктов пиролиза древесины индивидуальных годичных колец позволил идентифицировать азотсодержащие соединения. Этот факт указывает на возможность выявления очагов насаждения деревьев пораженных грибковой инфекцией с использованием метода Пи-ГХ/МС на ранних стадиях, которая визуально не определяется. Это позволяет рассматривать использование метода Пи-ГХ/МС как эффективный инструмент мониторинга появления и развития грибковой инфекции как в отдельных деревьях, так и в насаждениях, благодаря простой пробоподготовке с использованием радиальных кернов древесины и экспрессности анализа.

Литература

1. Mechanical properties and chemical composition of beech wood exposed for 30 and 120 days to white-rot fungi / E. Bari, H. R. Taghiyari, B. Mohebby [et al.] // Holzforschung. – 2014. – № 5. – P. 587–593.

2. Schmidt, O. Wood and Tree Fungi: Biology, Damage, Protection, and Use / O. Schmidt. – Germany : Springer-Verlag, 2006. – 336 p.

3. Preparation and Characterization of Mycelium as A Bio-Matrix in Fabrication of Bio-Composite / A. M. Shakir, B. Azahari, Y. Yusup [et al.] // Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences. – 2020. – № 65. – P. 1–11.

4. Blanchette, R. Delignification by wood-decay fungi / R. Blanchette // Annual Review of Phytopathology. – 1991. – № 29. – P. 381–403.

5. Pyrolysis GC/MS and IR Spectroscopy in Chitin Analysis of Molluscan Shells / T. FuruhashI, A. Beran, M. Blazso [et al.] // Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry. – 2009. – № 73. – P. 93–103.

6. Kawase, K. Chemical components of wood decayed under natural conditions and their properties / K. Kawase // Journal of the Faculty of Agriculture. – 1962. – № 52. – P. 186–245.

7. Comparison between degradation capabilities of the white rot fungi Pleurotus ostreatus and Trametes versicolor in beech wood / E. Bari, N. Nazarnezhad, S.M. Kazemi [et al.] // International Biodeterioration & Biodegradation. – 2015. – № 104. – P. 231–237.

ОСОБЕННОСТИ РОСТА ДРЕВОСТОЕВ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД В ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ СВЕРДЛОВСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

П.Н. Уразов
Россия, Уральский лесотехнический университет
г. Екатеринбург

Аннотация. В статье приведены материалы оценки конструкции и таксационных показателей защитных лесных полос (ЗЛП), произрастающих в полосе отвода Свердловской железной дороги на участке Екатеринбург – Каменск-Уральский. Исследования проводились методом пробных площадей. Исследуемые лесные полосы представлены высокобонитетными (Iа–II классы бонитета) насаждениями. Это свидетельствует о их высоком защитно-мелиоративном потенциале, который может быть реализован улучшением санитарного состояния и поддержанием соответствующей конструкции полос. Древостои ЗЛП при прочих равных условиях отличаются от сомкнутых насаждений естественного происхождения существенно низкими показателями густоты и высокими значениями среднего диаметра.
Ключевые слова: защитные лесные полосы, железные дороги, пробные площади, класс бонитета, возраст, густота.

Annotation. The article presents the materials of evaluation of the design and taxation indicators of protective forest belts (PFL) growing in the right-of-way of the Sverdlovsk railroad on the Yekaterinburg-Kamensk-Uralsky section. The research was carried out by the method of sample areas. The studied forest strips are represented by high bonite (Ia – II classes of bonite) plantations. This indicates their high protective and ameliorative potential, which can be realized by improving the sanitary condition and maintaining the appropriate design of strips. With all other conditions being equal, the forest stands of FFAs differ from closed stands of natural origin by significantly low density indices and high values of average diameter.
Keywords: protective forest belts, railroads, sample areas, bonitet class, age, density.

Защитные лесные насаждения искусственного и естественного происхождения представляют собой экологически безупречное средство защиты линейных объектов от неблагоприятных природных явлений, а прилегающую к ним территорию смежных землепользователей – от воздействия вредных техногенных нагрузок.

Полезные функции защитных насаждений определяются их количественными и качественными характеристиками. Поэтому эффективность работ по созданию и эксплуатации защитных лесных полос во многом зависит от степени изученности особенностей роста функционирующих на исследуемой территории защитных насаждений.

Объектом исследований явились искусственно созданные ЗЛП различных конструкций, разного возраста и породного состава, произрастающие в полосе отвода Свердловской железной дороги на участке Екатеринбург – Каменск-Уральский.

Исследования проводились методом пробных площадей (ПП), которые закладывались с учетом теоретических положений лесной таксации и требований ОСТ 56-69-83. На всех ПП значительное количество модельных деревьев (15–25 шт.) таксировалось без рубки. У них определялись диаметр и высота ствола, протяженность и диаметр кроны. Таксационные показатели модельных деревьев и древостоев определялись в соответствии с общепринятыми в лесотаксационной практике методами [1]. При определении запаса древостоев на 1 га ширина ЗЛП определялась с учетом закраек (2,5 м).

Всего в ходе полевых работ было заложено 6 ПП, на которых перечетом охвачены 1310 дерево. Высоты и размеры крон измерены у 211 деревьев. Из 6 исследованных полос 3 имеют ажурную конструкцию, 2 – непродуваемую, 1 – продуваемую.

Мелиоративную роль ЗЛП принято связывать с их конструкцией. В то же время доказано, что полосы визуально одинаковой конструкции могут характеризоваться различной ветропроницаемостью и, как следствие, отличаться степенью мелиоративного влияния. В последние годы признается, что мелиоративная эффективность защитных полос главным образом определяется фитомассой их насаждений. Известно, что надземная фитомасса древостоев очень тесно связана с показателями их роста: средними значениями диаметра и высоты, густотой и запасом [2]. В этой связи актуальность оценки таксационных показателей древостоев ЗЛП не вызывает сомнений.

Таксационная характеристика древостоев, исследованных ЗЛП приведена в таблице.

Таблица

Таксационная характеристика насаждений ПП

№ п/п	Преоб. порода	Класс бонитета	Ярус				Элемент леса						
	класс возраста		Состав	H, м	полнота	Общий запас		A, лет	D, см	H, м	ΣG, м^2	N, шт.	Запас, м^3/га
1	Лц		5Лц4Б1Е	22,25	1,05	413	Б	67	30,9	20,23	17,79	238	162
	IV	I					Е	67	24,0	19,34	5,37	119	46
							Лц	67	29,2	24,71	18,63	279	204
											41,79	636	413
2	Б		9Б1Т	25,93	1,42	458	Б	81	33,3	23,37	41,10	472	427
	IX	II					Т	81	32,6	25,66	2,71	33	31
											43,81	505	458
3	С		9С1Б	22,15	0,65	255	Б	70	37,2	23,1	3,06	29	31
	IV	I					С	70	29,7	22,05	22,69	329	224
											25,75	358	255

Окончание таблицы

№ п/п	Преоб. порода / класс возраста	Класс бонитета	Ярус				Элемент леса						
			Состав	Н, м	полнота	Общий запас		А, лет	D, см	Н, м	ΣG, м^2	N, шт.	Запас, м^3/га
4	Т		5Т5Б+С	19,2	1,73	453	Т	71	29,1	21,72	24,78	373	241
	VIII	II					С		18,1	10,76	1,55	61	8
							Б	71	22,1	18,08	25,32	661	205
											51,66	1109	453
5	Б	II	10Б	24,53	0,74	239	Б	85	29,8	24,53	21,99	315	239
	IX												
6	Т		9Т1Б ед.С	29,73	1,22	597	Т	65	34,7	31,16	40,21	425	546
	VII	Ia					Б	65	22,7	16,85	6,70	165	50
							С		16,0	11,00	0,05	3	0,3
											46,96	593	597

Основным показателем защитного влияния лесных полос является их конструкция, которая в том числе формируется регулированием густоты стояния деревьев. В исследуемых ЗЛП формирующие их конструкцию уходы не проводились в течение последних десяти лет. Поэтому современное состояние полос по густоте есть результат изменения этого показателя под воздействием эколого-ценотических и стихийных факторов. Данные таблицы свидетельствуют, что исследуемые защитные полосы существенно отличаются по густоте. Этот показатель варьирует от 315 (ПП 5) до 1109 шт/га (ПП 4). Зависимость густоты древостоев от породного состава, возраста и класса бонитета насаждений на нашем сравнительно ограниченном материале не обнаруживается.

Исследуемые лесные полосы представлены насаждениями в основном высокой производительности (Ia–II классов бонитета). Данное обстоятельство косвенно свидетельствует о их высоком защитно-мелиоративном потенциале, который может быть реализован улучшением санитарного состояния и поддержанием соответствующей конструкции полос [3].

Литература

1. Нагимов, З. Я. Таксация леса : учебное пособие / З. Я. Нагимов, И. Ф. Коростелев, И. В. Шевелина. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2010. – 300 с.

2. Нагимов, З. Я. Закономерности роста и формирования надземной фитомассы сосновых древостоев : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Нагимов Зуфар Ягфарович. – Екатеринбург, 2000. – 40 с.

3. Уразова, А. Ф. Состояние защитных лесных полос железных дорог и их пожарная безопасность / А. Ф. Уразова, Э. Ф. Герц // Успехи современного естествознания. – 2022. – № 4. – С. 35–41.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ НА ВСХОЖЕСТЬ И ЭНЕРГИЮ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ

С.Б. Усманов, Н.М. Тазмеев, А.Р. Мухаметшина, Д. Павленко
Россия, Казанский государственный аграрный университет
г. Казань

Аннотация. Целью данного исследования являлась оценка эффективности обработки семян ели европейской различными препаратами перед посевом. В ходе эксперимента использовались семена, предварительно замоченные в растворах различных препаратов – гумата калия, циркона и гумата калия с фитоспорином. Результаты показали, что обработка семян гуматом калия и его комбинацией с фитоспорином обеспечила высокую всхожесть и интенсивность роста ели европейской. Однако препарат Циркон не оказал такого положительного влияния на всхожесть и рост растений. Использование биопрепаратов, основанных на органических материалах, показало свою потенциальную эффективность для обеспечения успешного прорастания семян и развития хвойных пород лесных деревьев.
Ключевые слова: лесные породы, обработка семян, гумат калия, циркон, фитоспорин, всхожесть семян, интенсивность роста, ель европейская, лесное хозяйство, биопрепараты.

Annotation. The aim of this study was to evaluate the effectiveness of treatment of European spruce seeds with different preparations before sowing. In the course of the experiment, seeds were used, pre-soaked in solutions of different preparations – potassium humate, zircon and potassium humate with phytosporin. The results showed that seed treatment with potassium humate and its combination with phytosporin provided high germination and growth intensity of European spruce. However, Zircon preparation did not have such a positive effect on germination and plant growth. The use of biopreparations based on organic materials has shown its potential effective-ness to ensure successful seed germination and development of coniferous forest tree species.
Keywords: forest species, seed treatment, potassium humate, zircon, phytosporin, seed germination, growth intensity, European spruce, forestry, biopreparations.

Леса являются важным ресурсом для нашей жизни, обеспечивая разнообразные функции, влияющие на качество окружающей среды [9]. В Республике Татарстан хвойные породы играют ключевую роль в лесообразовании. Они выполняют важные функции как в экологическом, так и в экономическом плане [17].

Важным компонентом лесных экосистем, которая обладает высокой экологической ценностью, является такая порода, как ель европейская. Эта порода своими уникальными характеристиками, способствует укреплению биоразнообразия и поддержанию экологической устойчивости региональных лесов. Выращивание и сохранение ели европейской требует особого внимания и инновационных методов, чтобы обеспечить лесные питомники качественным посадочным материалом и сохранить ее важное место в лесном хозяйстве [14].

Для поддержания жизнеспособности лесных плантаций и сохранения лесов важно обеспечивать растения всем необходимым на каждом этапе их роста [4]. Такие методы, как использование стимуляторов роста, микроэлементов и биопрепаратов, помогают улучшить процессы роста растений, а также значительно повысить качество посадочного материала [6].

Использование биопрепаратов, созданных на основе органических материалов, таких как растительные экстракты, грибы и бактерии, не только экологически безопасно, но и экономически эффективно [5]. Они повышают устойчивость растений к неблагоприятным условиям и способствуют улучшению роста семян и саженцев ведущих лесообразующих пород [3, 7].

Результаты научных исследований показывают, что использование биопрепаратов открывает новые перспективы для повышения производства высококачественного посадочного материала и поддержания здоровья будущих лесных насаждений [10–13, 18, 19].

Однако, чтобы глубже понять механизмы их воздействия на восстановление лесов и оптимизацию лесохозяйственной деятельности, необходимо проводить дальнейшие исследования. Это поможет точнее определить эффективность и полезность биопрепаратов в целях поддержания биоразнообразия и стабильности лесных экосистем.

Цель проведенного исследования заключалась в оценке эффективности обработки семян ели европейской различными препаратами перед посевом. Объектами исследования стали семена и сеянцы ели европейской, исследования проводились в лаборатории факультета лесного хозяйства и экологии Казанского государственного аграрного университета.

Эксперимент включал использование семян в количестве 100 шт. с четырьмя повторностями, предварительно замоченных в растворах стимуляторов роста, таких как гумат калия, циркон и гумат калия + фитоспорин, в соотношении 1:5 с водой на протяжении 12 часов. Процедура эксперимента включала проращивание семян в чашках Петри по ГОСТу 13056.6-97 «Семена древесных и кустарниковых пород. Методы определения всхожести» с использованием фильтровальной бумаги при оптимальных условиях: температуре 20–30 °С, влажности 90 % и продолжительности освещения 14 часов [1].

Гумат калия является удобрением и биостимулятором, способствующим улучшению почвы и урожайности, а также повышает устойчивость растений к неблагоприятным условиям [16, 20].

Циркон Р действует как индуктор болезнеустойчивости, нормализует обмен веществ и обеспечивает рост и защиту растений [15].

Комбинированный препарат гумат калия + фитоспорин используется для защиты растений от болезней и стимуляции их роста [2, 8].

В ходе исследования был произведен учет всхожести семян ели европейской (*Picea abies*). В таблице 1 представлены результаты учета количества проросших семян и отпада данного вида. Были определены энергия прорастания семян и конечная всхожесть.

Анализ полученных данных показал, что наибольшее количество проросших семян ели европейской было зафиксировано при использовании препаратов Гумата калия+фитоспорин и Гумата калия, составляющих соответственно 98 % и 99 %, при этом отмечается лишь незначительное количество пустых или загнивших семян. Эти результаты свидетельствуют о положительном влиянии данных препаратов на всхожесть семян.

Однако стоит отметить, что использование препарата Циркон Р привело к негативному результату, где всхожесть составила лишь 66 %. Такой результат говорит о недостаточной эффективности данного препарата при предпосевной обработке семян ели европейской или неправильно подобранной дозе.

Таблица 1

Всхожесть семян ели европейской (*Picea abies* L.) в лабораторных условиях

Вариант	Дни учета					
	17.10.2023		20.10.2023 Энергия прорастания		25.10.2023 Всхожесть	
	всхожесть	отпад	всхожесть	отпад	всхожесть	отпад
Контроль	90 %	1 %	92 %	2 %	95 %	2 %
Циркон	17 %	12 %	23 %	13 %	66 %	9 %
Гумат калия	92 %	-	97 %	-	99 %	1 %
Гумат калия+ фитоспорин	94 %	-	96 %	1 %	98 %	1 %
НСР05	3,90		4,16		1,51	

Интенсивность роста ели европейской (*Picea abies*) была измерена и представлена в таблице 2. Из полученных данных видно, что наибольшую успешность в обеспечении роста продемонстрировали варианты, в которых семена обрабатывались препаратами гуматом калия и гуматом калия+фитоспорин, со значениями 3,7 мм и 4 мм соответственно.

Эти результаты свидетельствуют о положительном влиянии применяемых препаратов на интенсивность роста ели европейской и указывают на более активное и ускоренное развитие растений, сравнимое с другими вариантами обработки семян.

Таблица 2

Интенсивность роста всходов ели европейской (*Picea abies* L.), мм

Вариант	Дни учета		
	17.10.2023	20.10.2023	25.10.2023
Контроль	2,4	3,2	3,4
Циркон	0,1	0,1	0,6
Гумат калия	2,5	2,6	3,7
Гумат калия+ фитоспорин	2,2	3	4
НСР05	0,62	1,32	1,71

В ходе исследования было установлено, что обработка семян хвойных пород гуматом калия и комбинацией гумата калия с фитоспорином привела к впечатляющим результатам с высокой всхожестью (98–99 %). Это подчеркивает значительное стимулирующее воздействие этих препаратов на семена, способствуя успешному прорастанию и развитию растений.

Тем не менее, применение циркона показало несколько менее благоприятные результаты по сравнению с другими препаратами. Эти выводы указывают на некоторые ограничения в эффективности циркона при предпосевной обработке семян хвойных пород. Вероятно, его влияние на всхожесть и развитие растений не настолько значительно, как у других препаратов.

Результаты опытов подчеркивают важность дальнейших исследований и оптимизации применяемых препаратов. Это необходимо для достижения максимально положительных результатов при обработке семян хвойных пород перед посевом. Такие улучшения способствуют более эффективному семеноводству и успешному выращиванию хвойных растений.

Полученные данные представляют собой важный вклад и могут найти применение в практике лесного хозяйства, поскольку высокая всхожесть семян создает перспективы для успешного восстановления и выращивания лесных участков.

Литература

1. ГОСТ 13056.6 – 97. Семена деревьев и кустарников. Методы определения всхоже-сти // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : сайт. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200025567?ysclid=lpixm4676i796533834 (дата обращения: 20.11.2023).

2. Алексеева, А. А. Оценка воздействия фунгицидов на активность гидролитических почвенных ферментов / А. А. Алексеева, Н. В. Фомина // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 3. Алексеева А. А., Фомина Н. В. Оценка воздействия фунгицидов на активность гидролитических почвенных ферментов // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 3. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-vozdeystviya-fungitsidov-na-aktivnost-gidroliticheskih-pochvennyh-fermentov (дата обращения: 20.11.2023).

3. Егорова, А. В. Использование биостимуляторов при выращивании посадочного материала хвойных пород / А. В. Егорова // SAF. – 2016. – № 1. – URL: https://cyberleninka.ru/

article/n/ispolzovanie-biostimulyatorov-pri-vyraschivanii-posadochnogo-materiala-hvoynyh-porod?ysclid=lpiy3s3olp792170455 (дата обращения: 20.11.2023).

4. Желдак, В. И. Лесные плантации в системе лесоводства / В. И. Желдак // Вестник ПГТУ. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2017. – № 3 (35). – С. 5–25.

5. Зыков, С. А. Биопрепараты в современном земледелии / С. А. Зыков // АгроФорум. – 2019. – № 3. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/biopreparaty-v-sovremennom-zemledelii-2 (дата обращения: 20.11.2023).

6. Иванова, М. С. Применение стимуляторов роста при предпосевной обработке семян / М. С. Иванова // АОН. – 2022. – № 4.

7. Кириенко, М. А. Влияние стимуляторов роста на всхожесть семян и сохранность всходов главных лесообразующих пород / М. А. Кириенко // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 12.

8. Лупова, Е. И. Влияние гуминового удобрения и доз минеральных удобрений на продуктивность ярового рапса / Е. И. Лупова, Д. В. Виноградов // Вестник ОрелГАУ. – 2020. – № 3 (84).

9. Моисеев, Н. А. Роль лесов в создании экологически комфортной среды обитания и меры для ее реализации / Н. А. Моисеев // Известия ВУЗов. Лесной журнал. – 2019. – № 5 (371).

10. Влияние стимулятора роста «Рибав-экстра» на всхожесть семян туи западной / А. Р. Мухаметшина, А. М. Сабиров, С. Б. Усманов, Н. М. Тазмеев // Актуальные проблемы развития лесного комплекса : Материалы XX Международной научно-технической конференции (Вологда, 06 декабря 2022 г.) / ответственный редактор Е. А. Иванищева. – Вологда : Вологодский государственный университет, 2022. – С. 162–164. – EDN SZBHRK.

11. Сравнительный анализ эффективности применения различных препа-ратов при выращивании сеянцев дуба черешчатого в условиях Республики Татарстан / И. Р. Тазиев, Н. М. Тазмеев, Х. Г. Мусин [и др.] // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2023. – № 2. – С. 45–56. – DOI 10.21178/2079-6080.2023.2.45. – EDN TRIJRM.

12. Усманов, С. Б. Эффективность влияния биопрепаратов на энергию прорастания и всхожесть семян хвойных пород / С. Б. Усманов, Н. М. Тазмеев, А. Р. Мухаметшина [и др.] // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2023. – № 245. – С. 112-125. – DOI 10.21266/2079-4304.2023.245.112-125. – EDN UXATHG.

13. Мухаметшина, А. Р. Эффективность применения стимуляторов роста при выращивании ели европейской (*Picea abies* L.) в закрытом грунте / А. Р. Мухаметшина, Г. А. Петрова, Ш. Ш. Шайхразиев [и др.] // Лесной вестник. Forestry Bulletin. – 2020. – Т. 24, № 3. – С. 81–86. – DOI 10.18698/2542-1468-2020-3-81-86.

14. Наквасина, Е. Н. Экологическая стабильность географических рас ели обыкновенной / Е. Н. Наквасина, Н. А. Демина // Arctic Environmental Research. – 2014. – № 2.

15. Острошенко, В. Ю. Эффективность применения стимулятора роста Циркон при проращивании семян сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) / В. Ю. Острошенко, Т. Н. Чекушкина // Известия Самарского научного центра РАН. – 2017. – № 2–3.

16. Пашкова, Г. И. Роль гуматов в повышении урожайности зерна яровой пшеницы / Г. И. Пашкова, А. Н. Кузьминых // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». – 2016. – № 5.

17. Романов, Е. М. Экологическая и сырьевая роль лесов Республики Татарстан / Е. М. Романов, Т. В. Нуреева, Т. Ф. Мифтахов, А. С. Пуряев // Вестник ПГТУ. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2015. – № 2 (26).

18. Усманов, С. Б. Изучение влияния биопрепарата Биодукс на энергию прорастания и всхожесть семян ели европейской / С. Б. Усманов, Н. М. Тазмеев, А. В. Диммухаметова // Сборник статей по материалам межрегиональной студенческой научной конференции, по-

священной 135-летию начала подготовки кадров для лесной отрасли в первом Мензелинском лесничестве, 105-летию создания высшей школы подготовки кадров для лесной отрасли в Республике Татарстан и 20-летию со дня образования факультета лесного хозяй-ства и экологии (Казань, 25 мая 2023 г.). – Казань : Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 234–239. – EDN TWAHMN.

19. Усманов, С. Б. Эффективность влияния биопрепаратов на энергию прорастания и всхожесть семян хвойных пород / С. Б. Усманов, Н. М. Тазмеев, А. Р. Мухаметшина [и др.] // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2023. – № 245. – С. 112-125. – DOI 10.21266/2079-4304.2023.245.112-125. – EDN UXATHG.

20. Чистяков, А. В. Гуматы нового поколения / А. В. Чистяков // Защита и карантин растений. – 2012. – № 3.

ЛЕСОУСТРОИТЕЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ ЛЕСНЫХ ОЧАГОВ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ МОБИЛЬНЫМ GPS-НАВИГАТОРОМ

А.Д. Фабрина, В.П. Закутин
Россия, МЦК – Техникум имени С.П. Королева
г. Королев

Аннотация. Применение мобильных GPS-навигаторов для картирования очагов пожарной опасности позволяет внести элементы непрерывного лесоустройства в картографические материалы лесоустроительного проектирования.
Ключевые слова: лесной очаг пожарной опасности, GPS-навигатор, план лесонасаждений, наземный мониторинг пожарной опасности, непрерывное лесоустройство.

Annotation. The use of mobile GPS navigators for mapping fire dander points allows you to introduce elements of continuous forest management into cartographic materials of forest managemant design.
Keywords: forest fire danger center, GPS-navigator, plan of forest plantations, ground monitoring, fire hazard, continuous forest management.

В 2011–2012 годах произошла вспышки короеда-типографа в еловых спелых и перестойных насаждениях Московской области. По результатам последнего лесопатологического мониторинга насаждения, поврежденные короедом-типографом, выявлены на площади 40,2 тыс. га (10 млн м^3) [1].

К 2023 году площади сухостойных еловых древостоев по всем филиалам Московской области остаются значительными. Высохшие сухие стволы, потерявшие качества деловой древесины, но сохранившие запасы порядка 200–350 м куб. на гектар, являются очагами повышенной пожарной опасности. Согласно Лесному кодексу России, государственный лесной фонд Московской области относится к защитным лесам [2], в которых повторные лесоустройства проводятся с периодичностью 10 лет. И как следствие, резкие изменения, произошедшие в спелых и перестойных еловых насаждениях, не отражены на картографических материалах лесоустроительного проектирования. 10 млн м^3 сухого горючего материала являются очагами повышенной пожарной опасности в лесном фонде области. Применение мобильных GPS-навигаторов, а навигаторы есть в каждом участковом лесничестве Московской области, для картирования очагов позволяет внести элементы непрерывного лесоустройства в картографические материалы лесоустроительного проектирования.

Объектом исследования являются очаги повышенной пожарной опасности, в первую очередь сухостойные еловые древостои старших классов возраста, в Московском Учебно-

опытном филиале ГКУ МО «Мособллес». При проведении лесоустроительного обследования в лесном фонде филиала контур очагов пожарной опасности фиксировался маршрутными точками и треками на мобильном GPS-навигаторе. Каждый очаг имеет свой уникальный набор маршрутных точек и, соответственно, трек. На рисунке 1 показан слой маршрутных точек, наложенный на космический снимок поверхности лесного фонда филиала в поисковой системе Google Планета Земля.

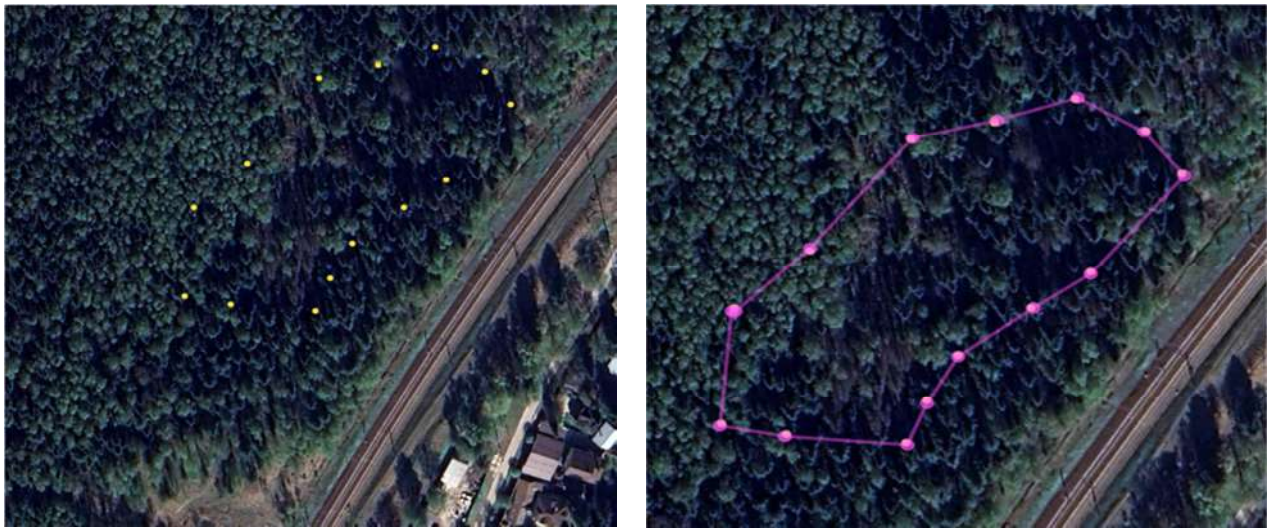


Рис. 1. Очаг повышенной пожарной опасности, зафиксированный слоем маршрутных точек в поисковой системе Google Планета Земля

Контур очага, как правило, не совпадает с границами лесотаксационного выдела. Для сохранения преемственности границ и нумерации лесных выделов в санитарную рубку назначается все насаждение в пределах границ, отмеченных на лесоустроительных картах. На мобильном GPS-навигаторе может быть слой картографии – план лесонасаждений участкового лесничества. В этом случае контур очага пожарной опасности отображается на плане лесонасаждений.

Возможность фиксации очагов на плане лесонасаждений показана на рисунке 2.

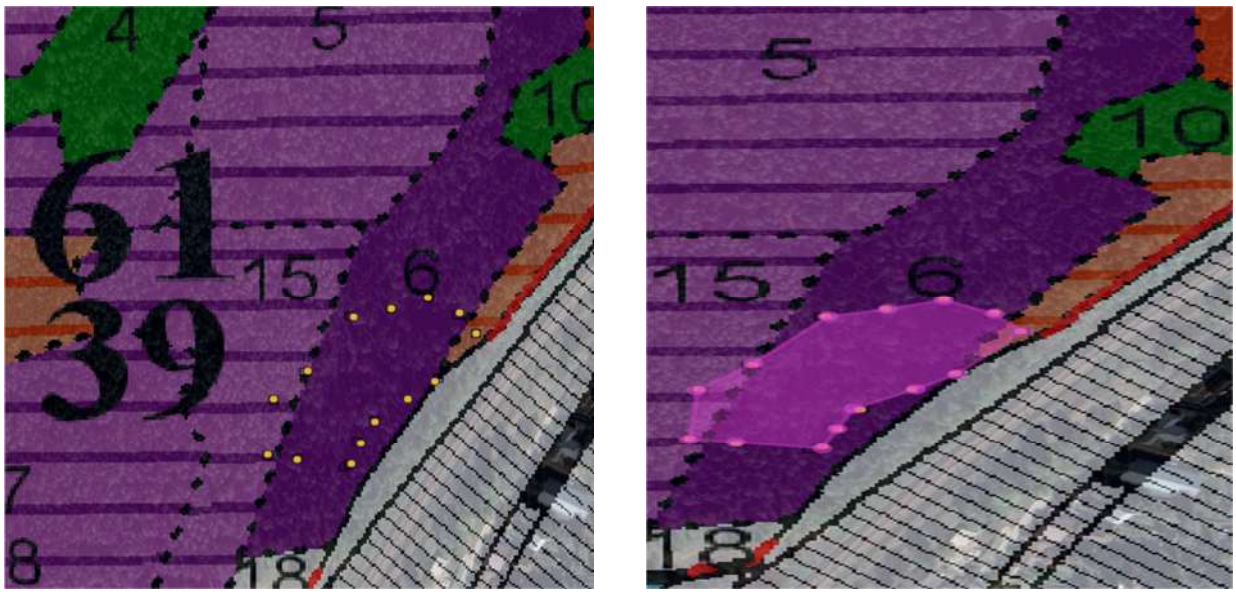


Рис. 2. Очаг повышенной пожарной опасности на плане лесонасаждений Учебно-опытного участкового лесничества Московского Учебно-опытного филиала ГКУ МО «Мособллес»

Отображение очагов пожарной опасности на плане лесонасаждений позволяет оптимизировать маршруты наземного мониторинга охраны лесов от пожара в весенне-летний сезон.

Карта очагов пожарной опасности в лесничестве задает приоритетность выполнения лесохозяйственных работ, а именно, проведения сплошных санитарных рубок в лесотаксационных выделах с очагами повышенной пожарной опасности.

Фиксация GPS-навигатором в режиме реального времени на картографической основе всех изменений в лесном фонде, произошедших в результате факторов катастрофического воздействия на лес, является основой для организации непрерывного лесоустройства в защитных лесах.

Литература

1. Гиряев, М. Д. Актуальные вопросы ведения лесного хозяйства в Московской области / М. Д. Гиряев, В. В. Заварзин, Н. Г. Иванов // Лесной вестник. Научно-информационный журнал. – 2013. – № 3 (95) – С. 102–105.

2. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ (редакция от 04.08.2023) (с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 01.09.2023). – Текст : электронный // КонсультантПлюс : сайт. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/?ysclid=lphjnlfd2o129671979 (дата обращения: 19.11.2023).

3. Государственный лесной реестр Московского учебно-опытного филиала ГКУ МО «Мособллес» на 01.01.2020. – Текст : электронный // Мособллес : сайт. – URL: https://mosoblles.ru (дата обращения: 18.11.2023).

4. Лесоустроительная инструкция : утвержден приказом Минприроды России от 29.03.2018 г. № 122 (с изменениями на 12.05.2020 приказ от 12 мая 2020 года № 270). – Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : сайт. – URL: https://docs.cntd.ru/document/542621790?ysclid=lpiyyvc8pp663448525 (дата обращения: 18.11.2023).

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОРУБОЧНЫХ ОСТАТКОВ ПРИ РУБКАХ ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ В ХВОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ

Д.И. Филон
Беларусь, Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Аннотация. На основании изучения хвойных насаждений после проведения рубок главного пользования определен компонентный состав и объемы фракций порубочных остатков. Сделаны выводы об экономической целесообразности использования порубочных остатков для получения энергии.
Ключевые слова: остатки порубочные, биомасса древостоя, рубка главного пользования, энергоэффективность.

Annotation. Based on the study of coniferous plantations after final felling, the component composition and volumes of fractions of logging residues were determined. Conclusions are drawn about the economic feasibility of using logging residues to generate energy.
Keywords: logging residues, forest biomass, final felling, energy efficiency.

В настоящее время порубочные остатки наиболее широко применяются как стройматериал для укрепления волоков, сырье для производства эфирно-масляной продукции, технологической щепы для энергетических целей и получения бумаги, тонкого бруса на лесосеке,

частично лесосечные отходы используются как топливо. Также лесосечные отходы, процесс минерализации которых растягивается на десятилетия, рассматриваются и косвенно применяются в качестве естественного удобрения.

С экономической точки зрения в силу своих свойств и возможности утилизации, биомассу порубочных остатков целесообразно рассматривать в разрезе следующих ее компонентов [1]:

1. Ветки и сучья. Ветки представляют собой живые части кроны, отходящие от сучьев, сучья – части кроны, отрастающие от ствола.

2. Вершина. Представляет собой отделенную верхнюю часть ствола, которая по своим характеристикам не может быть использована как деловой сортимент или дрова.

3. Обломки деревьев. Стволы деревьев ломаются при ударе о камни, пни, стволы лежащих деревьев, особенно велика вероятность ломки в зимний период.

4. Пни и корни.

5. Кора. В коре содержатся клетчатка и другие ценные питательные и биологически активные вещества. Это позволяет отнести ее к источнику сырья для производства кормов – кормовой муки, грубого корма, добавок для кормосмесей. Кора может использоваться как топливо, но для этого необходимо, чтобы она имела влажность не более 20 %, относительно мелкий и однородный фракционный состав, а также высокую плотность.

6. Хвоя и листья. Образуют древесную зелень, которая богата витаминами и углеводами, протеинами, аминокислотами, поэтому применяется как сырье для получения витаминной муки, которая добавляется к комбикормам для животных.

После трелевки деревьев или хлыстов, полученных в результате ручной валки, производится их откомлевка или оторцовка для удаления дефектов обработки или пороков ствола, в ходе которой образуются обрезки стволов разной длины. Дефекты валки и раскряжевки – козырьки, косорезы, трещины; основные прижизненные пороки дерева – закомелистость, гнили различной локализации. Доля лесосечных отходов, образованных в результате валки и раскряжевки составляет 0,5–1 %, доля гнилых обрезков зависит от условий местопроизрастания древостоя, его породного состава и иногда доходит до 20–25 %. Из этих отходов возможно получение технологической щепы, более распространена выработка топливной щепы.

Можно выделить два основных направления современного использования порубочных остатков, имеющих выраженное экономическое значение:

– использование в энергетической промышленности в качестве топлива;

– использование в химической, фармацевтической и строительных отраслях народного хозяйства для производства различных видов соответствующей продукции.

Первое направление является доминирующим, так как ежегодно в результате проведения рубок леса образуется колоссальный объем порубочных остатков (в Республике Беларусь они составляют 20–25 % от объема заготовленной древесины, что составляет около 1,5 млн $м^3$ год).

Высокая стоимость лекарственных препаратов, витаминно-белковых концентратов произведенных из биомассы порубочных остатков также может обеспечивать положительный экономический эффект от их переработки. В данном аспекте наибольшее значение имеет использующиеся в качестве сырья кора и древесная зелень (хвоя, хвойная лапка, мелкие неодревесневшие побеги). В живых клетках древесных растений содержится много биологически активных веществ: витаминов, ферментов, гормонов, защитных антимикробных, а также энергопластических: белков, жиров, углеводов и прочих веществ, пригодных для лечебных, пищевых и кормовых целей. Количество каротина в хвое ели составляет 84 мг/кг, сосны – 128 мг/кг абсолютно сухого вещества. Содержание аскорбиновой кислоты в хвое сосны в среднем составляет 250–300 мг на 100 г сухого вещества при колебаниях от 160 до 540 мг на 100 г сухого вещества. Свежая древесная зелень имеет значительную питательную ценность: еловая – 0,21; сосновая – 0,28 кормовой единицы в расчете на килограмм, т.е. равноценна пшеничной или ржаной соломе [2].

Экономический эффект от использования порубочных остатков в качестве топлива и его величина находятся в зависимости от цен на традиционное топливо (нефть, природный газ), затрат на удаление (сбор и вывозку) порубочных остатков с лесосеки, размера капиталовложений на организацию предприятий по переработке собранной биомассы, электростанций, приобретение специализированной лесной техники и пр.

Объем порубочных остатков после проведения рубок главного пользования устанавливался на основе исследований опытных объектов [3], характеристика которых представлена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика опытных объектов

Пробные площади	Состав древостоя	Тип леса	Возраст, лет	Среднее		Количество деревьев, шт/га	Полнота	Фракции биомассы древостоя, $м^3$/га					Хвоя/листья, т/га
								фитомасса					
								надземная			подземная (корни)	всего	
				H, м	$D_{1,3}$, см			стволовая древесина	ветки и сучья	итого			
1–4	5С5Е	С. кис.	115	27,8	38,4	415	0,82	395	37,6	432,6	57,2	489,8	19,0
5–8	5С5Е	С. ор.	115	27,1	33,7	589	0,82	377	36,0	413,0	54,1	467,1	18,3
9–12	7Е2Б1Ос+С,Д	Е. кис	90	26,9	30,7	807	1,15	507	50,8	557,8	63,1	620,9	32,1
13–16	8Е1Ос1Б+С, Ол(ч)	Е. ор.	90	26,8	27,6	712	0,95	470	49,0	519	61,9	580,9	31,2

Объем порубочных остатков в сосняке кисличном (ПП 1–4) оценивается в 204,7 $м^3$/га, в сосняке орляковом (ПП 5–8) – 195,1 $м^3$/га, в ельнике кисличном (ПП 9–12) – 247,4 $м^3$/га и в ельнике орляковом (ПП 13–16) – 236,1 $м^3$/га. Объемы отдельных компонентов порубочных остатков приводятся в таблице 2.

Таблица 2

Компонентный состав и объемы порубочных остатков на опытных объектах

Пробные площади	Состав древостоя	Тип леса	Объем, $м^3$/га/ %				
			ветки и сучья	пни и корни	кора	хвоя и листья	Всего
1–4	5С5Е	С. кис.	37,6 18,4	96,7 47,2	51,4 25,1	19,0 9,3	204,7 100,0
5–8	5С5Е	С. ор.	36,0 18,5	91,8 47,1	49,0 25,1	18,3 9,4	195,1 100,0
9–12	7Е2Б1Ос+С,Д	Е. кис	50,8 20,5	113,8 46,0	50,7 20,5	32,1 13,0	247,4 100,0
13–16	8Е1Ос1Б+С,Ол(ч)	Е. ор.	49,0 20,8	108,9 46,1	47,0 19,9	31,2 13,2	236,1 100,0

Наибольшая фитомасса порубочных остатков сконцентрирована в пнях и корнях срубленных деревьев, которые, как правило, не утилизируются в силу трудности их заготовки. Большая часть объема коры вывозится вместе со стволовой древесиной, хвоя и листья могут заготавливаться для производства различной продукции, но в качестве топлива рассматриваться не могут так как достаточно быстро опадают со срубленных сучьев и ветвей. Таким образом, в качестве топливной древесины могут рассматриваться лишь ветки и сучья, формирующие в сосняке кисличном объем в 37,6 $м^3$, в сосняке орляковом – 36,0 $м^3$/га, в ельнике кисличном – 50,8 $м^3$/га и в ельнике орляковом – 49,0 $м^3$/га. На 1 $м^3$ заготавливаемой и вывозимой стволовой древесины приходится: в сосняке кисличном – 0,095 $м^3$ ветвей и сучьев, в

сосняке орляковом – 0,095 м^3, в ельнике кисличном – 0,100 м^3 и в ельнике орляковом – 0,104 м^3.

Принятые в Республике Беларусь нормативы изъятия порубочных остатков для энергетических целей составляют: для сосновых насаждений – от 20 до 40 %, еловых – от 30 до 50 %, березовых – от 20 до 40 %, осиновых – от 20 до 40 % и дубовых – до 20 %. В черноольховых насаждениях порубочные остатки в полном объеме используются для мощения волоков и оставляются на местах рубок.

Как видно из данных таблицы 2, на исследованных объектах ветви и сучья составляют: в сосняке кисличном – 18,4 % от общей биомассы порубочных остатков, в сосняке орляковом – 18,5 %, в ельнике кисличном – 20,5 % и в ельнике орляковом – 20,8 %.

Вместе с вывозимой со стволовой древесиной корой объем изъятия порубочных остатков при полном удалении ветвей и сучьев составит: в сосняке кисличном – 43,5 % от общей биомассы порубочных остатков, в сосняке орляковом – 43,6 %, в ельнике кисличном – 41,0 % и в ельнике орляковом – 40,7 %. Таким образом, можно считать, что полное удаление веток и сучьев с лесосеки для дальнейшей утилизации не противоречит требованиям действующих нормативов.

Для оценки экономической эффективности использования порубочных остатков в качестве топлива следует учесть размер затрат на их затоговку и производство топливной щепы, текущие цены на данный вид продукции, а также количество энергии, получаемое при сжигании древесины. Следует сразу отметить, что по теплотворной способности древесина существенно уступает ископаемым видам топлива и относится к топливам с низкой энергоэффективностью.

Объемная удельная теплота сгорания древесины сосны составляет в среднем 7,1 МДж/дм^3 (13,7 МДж/кг), ели – 6,4 МДж/дм^3 (14,2 МДж/кг), дуба – 8,3 МДж/дм^3 (12,0 МДж/кг), березы – 7,6 МДж/дм^3 (11,7 МДж/кг), осины – 5,7 МДж/дм^3 (11,2 МДж/кг), ольхи черной – 6,0 кДж/дм^3 (10,9 МДж/кг). Теплота сгорания природного газа при стандартных условиях составляет 31,8 МДж/м^3 (около 45 МДж/кг), топочного мазута – 40,6 МДж/кг, нефти – 41,9 Мдж/кг, дизельного топлива – 43,5 МДж/кг, бурого угля – 13,0–25,0 МДж/кг, каменного угля – 27 МДж/кг, торфа – 16,3 МДж/кг.

В таблице 3 приведены результаты расчетов по энергоэффективности сжигания порубочных остатков.

Таблица 3

Энергоэффективность сжигания порубочных остатков

Показатели	Сосняк кисличный	Сосняк орляковый	Ельник кисличный	Ельник орляковый
Объем порубочных остатков, используемый в качестве топливной древесины, м^3/га	37,6	36,0	50,8	49,0
Количество энергии, выделяемой в результате сгорания порубочных остатков,				
– ГДж/га	266,96	255,60	325,12	313,60
– т нефтяного эквивалента/га	6,4	6,1	7,8	7,5

В результате расчетов установлено, что при сжигании порубочных остатков в качестве топливной древесины, заготовленных в сосняке кисличном, выделится 266,96 ГДж (6,4 т нефтяного эквивалента), что равноценно сжиганию 8,4 тыс. м^3 природного газа. В сосняке орляковом данная величина составляет 255,6 ГДж (6,1 т нефтяного эквивалента), что равноценно сжиганию 8,0 тыс. м^3 природного газа, в ельнике кисличном – 325,12 ГДж (7,8 т нефтяного эквивалента), что равноценно сжиганию 10,2 тыс. м^3 природного газа и в ельнике орляковом – 313,6 ГДж (7,5 т нефтяного эквивалента), что равноценно сжиганию 9,9 тыс. м^3 природного газа.

В настоящее время в Республике Беларусь замена природного газа древесной массой порубочных остатков и использование их в качестве топлива требует существенных капиталовложений, так как в структуре потребления источников энергии доля природного газа исключительно велика. Она составляет 57,2 % в топливно-энергетическом балансе, 80 % – в балансе котельно-печного топлива и 97,2 % – в топливном балансе энергосистемы. По данной причине в существующих экономических реалиях поставки древесного топлива на энергетические объекты оборачиваются убытками для поставщиков.

Ситуация может измениться в случае повышения цен на природный газ, принятия мер на законодательном уровне, экономически стимулирующих использование древесного топлива из лесосечных отходов, а также оплаты экологических услуг лесного хозяйства (введение карбонной ренты, совершенствование механизма торговли, повышение цен до целевых 30 евро/т CO_2-экв.). Существующие цены на топливную щепу за рубежом могут компенсировать расходы по ее производству внутри страны и обеспечить прибыль при продаже ее на экспорт. Также следует принять во внимание взятые Республикой Беларусь обязательства по сокращению выбросов парниковых газов, которые потребуют более широкого вовлечения вклада сектора лесного хозяйства как в части повышения уровня поглощения лесами углекислого газа, так и эффективного использования биомассы лесов в энергетических целях.

Литература

1. Галактионов, О. Н. Технологический процесс лесозаготовок и ресурсы лесосечных отходов / О. Н. Галактионов. – Петрозаводск : Издательство ПетрГУ, 2007. – 95 с.

2. Бабич, Н. А. Фитомасса культур сосны и ели в Европейской части России / Н. А. Бабич, М. Д. Мерзленко, И. В. Евдокимов. – Архангельск, 2004. – 112 с.

3. Лесоуглеродный ресурс Беларуси / Л. Н. Рожков [и др.] / под общей редакцией Л. Н. Рожкова, И. В. Войтова, А. А. Кулика. – Минск : БГТУ, 2018. – 247 с.

СТРУКТУРА МИКОБИОМОВ КОРНЕЙ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ В ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКАХ БЕЛАРУСИ

Работа выполнена при поддержке БРФФИ, грант № Б22-002

[1] В.А. Ярмолович, [1] О.Ю. Баранов, [1] К.В. Зенюк
[2] С.В. Пантелеев, [2] И.А. Хархасова, [1,2] Л.О. Иващенко
[1]Беларусь, Белорусский государственный технологический университет
г. Минск
[2]Беларусь, Институт леса НАН Беларуси
г. Гомель

Аннотация. Цель исследования – изучить структуру микобиомов корней сеянцев сосны обыкновенной и ели европейской в лесных питомниках Республики Беларусь на основе метагенетического анализа, выявить основные виды микоризных грибов, колонизирующих посадочный материал хвойный древесных видов. Анализ 168 биологических образцов корней сеянцев сосны и ели из 15 лесных питомников Беларуси позволил установить видовой состав микобиомов их корневых систем, включающий 95 таксонов, большинство из которых входит в отдел Аскомикота. Видовое разнообразие грибов варьировалось от 1 до 19 видов на один сеянец. Более половины количества идентифицированных видов составляют микоризные грибы, в основном эктомикоризные. Среди доминантных видов, наиболее часто и эффективно колонизирующих корни молодых растений сосны и ели, следует отметить аскомицетный гриб *Wilcoxina mikolae*, который в питомниках заселяет более 80 % сеянцев сосны и 90 % сеянцев ели, из базидиальных грибов часто встречаются *Suilus luteus* (на сосне), а также *Thelephora terrestris* (на сосне и ели).

Ключевые слова: сеянцы, микобиом корней, таксон, метагенетический анализ.

Annotation. The purpose of the investigation is to study mycobiomes structure of Scots pine and Norway spruce seedlings roots in forest nurseries of the Republic of Belarus, to identify the main species of mycorrhizal fungi that colonize the coniferous seedlings using metagenomic assay. Based on a study of 168 biological samples of seedling roots from 15 forest nurseries in Belarus, 95 taxa have been identified, mostly from Ascomycota. The species diversity of fungi varied from 1 to 19 species per seedling. More than half of identified species are mycorrhizal fungi, mostly ectomycorrhizal. Among the dominant species which often and effectively colonize the roots of young pine and spruce plants, is the ascomycete *Wilcoxina mikolae*, it colonizes in nurseries more than 80 % of pine and 90 % of spruce seedlings. Among the basidiomycetes the common species are *Suilus luteus* (on pine) and *Thelephora terrestris* (on pine and spruce).
Keywords: seedlings, mycobiome of roots, taxa, mycorrhizae, metagenetic assay.

Ассоциации между грибными сообществами (микобиомами) и корневыми системами растений широко распространены в природе. На здоровых растениях они представлены, прежде всего, микоризными микобиомами, в которых грибы вступают в мутуалистический симбиоз с растениями и играют значительную роль в снабжении автотрофов влагой и минеральными элементами питания из почвы при помощи своей разветвленной сети мицелия. Грибы, как гетеротрофные организмы, в свою очередь, получают в результате симбиоза с растениями углеродное питание. Практически все древесные виды бореальной и умеренной зоны имеют микоризные связи, которые повышают адаптивные способности и устойчивость растений к стрессовым факторам и фитопатогенам, даже в ювенильном возрасте [1]. К примеру, анализ микобиома корней посадочного материла, проведенный в 23 лесных питомниках Польши, показал, что колонизация микоризными грибами растений происходит практически в 100 % случаев, и всего на 1- и 2-летних сеянцах было обнаружено 29 таксонов эктомикоризных грибов [2]. Однако далеко не все грибы в микобиомах корней играют положительную для растений роль, корневые системы при определенных условиях могут интенсивно заселяться и патогенными видами, особенно на молодых растениях в лесных питомниках, вызывая болезни [3, 4].

В связи с развитием методов экологической генетики появилась возможность более детально изучать видовую структуру ассоциаций грибных организмов на корнях древесных растений для оценки их роли в поддержании жизнеспособности и устойчивости деревьев. Это позволит на более высоком уровне разрабатывать системы защитных мероприятий и технологии искусственной микоризации посадочного материала для повышения продуктивности лесных питомников и адаптивной способности посадочного материала при лесовосстановлении и лесоразведении.

В рамках данной работы нами были проведен сбор полевого материала в виде 1–2-летних сеянцев сосны обыкновенной и ели европейской в общем количестве 312 шт. (206 сосны и 106 ели) в 15 постоянных лесных питомниках из всех 3-х геоботанических подзон, выделенных на территории Республики Беларусь. Сеянцы отбирались как из открытого, так и защищенного грунта. Для анализа молекулярно-генетическими методами у хорошо развитых растений было отобрано 168 фрагментов асимптоматичных корневых систем. Корневые окончания размером 1–5 мм промывались дистиллированной водой. Получение препаратов ДНК осуществлялось с использованием CTAB-метода [5]. Диагностика микобиома корней проводилась на основании амплификации региона рДНК (18S рРНК-ВТС1-5,8S рРНК) с праймерами ITS1F – 5’-CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA-3’, ITS2 (меченный) – 5’- FAM-GCTGCGTTCTTCATCGATGC-3’. Метагенетический (на основе электрофоретического фракционирования) анализ и секвенирование ампликонов проводились на базе генетического анализатора 3500 Applied Biosystems в соответствии с рекомендациями производителя. Анализ электрофоретических (метагенетических) спектров и расчет обилия видов в микобиомах проводился в программных пакетах GeneMapper 4.1 и Microsoft Excel.

Количественные характеристики микобиомов корней сеянцев сосны обыкновенной и ели европейской в обследованных лесных питомниках, обобщенные на основе проведенных нами исследований, представлены в таблице 1.

Всего на корнях сеянцев сосны и ели нами было обнаружено 95 видов грибных организмов. Сосна обыкновенная характеризовалась более богатым видовым разнообразием грибов, ассоциированных с ее корневыми системами, – 84 вида или 88,4 % от общего количества обнаруженных видов (на ели была обнаружена только половина общего количества видов).

Систематическую принадлежность всех без исключения видов на корнях установить не удалось по разным причинам, в том числе и из-за отсутствия соответствующих сведений в генетических базах данных (NCBI и др.). Вместе с тем такие грибы встречались только на отдельных растениях, и долевое участие их в микобиоме корней (на основании количественной оценки генетического материала) обычно не превышало 5 %.

Среди выявленных видов преобладали сумчатые грибы (отдел Аскомикота) как на сосне, так и на ели, что для растений ювенильного возраста в питомниках отмечено и другими исследователями [2]. Более половины количества идентифицированных видов составляли микоризные грибы, по большей части эктомикоризные (к их числу отнесены и эктоэндомикоризные). Патогенные виды (по большей части факультативные паразиты) встречались достаточно частно на корнях, однако существенное влияние на жизнеспособность растений, по литературным и нашим экспериментальным данным, они оказывают только при ослаблении сеянцев стрессовыми факторами.

Отмеченное нами максимальное количество видов грибов, составляющих микобиомы корней сеянцев, – 19, в то же время у ели встречались и сеянцы, корни которых заселены только одним видом гриба.

Таблица 1

Структура микобиомов корней сеянцев *Pinus sylvestris* L. и *Picea abies* (L.) H. Karst.

Показатели	Всего:		Сосна обыкновенная		Ель европейская	
	шт.	%	шт.	%	шт.	%
Общее число обнаруженных видов грибов	95	58,2	84	88,4	48	50,5
из них установлена таксономическая принадлежность	73	76,8	65	77,4	40	83,3
Распределение идентифицированных таксонов по отделам						
а) Аскомикота	45	61,7	43	66,1	29	72,5
б) Базидиомикота	26	35,6	20	30,8	11	27,5
в) Зигомикота	2	2,7	2	3,1	–	–
Распределение таксонов грибов по специализации						
а) эндомикоризные	6	8,2	5	7,7	5	12,5
б) эктомикоризные	40	54,8	36	55,5	20	50,0
в) сапротрофные	11	15,1	9	13,8	4	10,0
г) патогенные	12	16,4	11	16,9	9	22,5
д) эндофиты	3	4,1	3	4,6	2	5,0
е) не имеется сведений о специализации	1	1,4	1	1,5	–	–
Количество обнаруженных видов грибных организмов (на 1 растение)						
Среднее	8,8	–	9,7	–	6,9	–
Максимальное	19	–	19	–	19	–
Минимальное	1	–	4	–	1	–

Нами не было выявлено ни одного сеянца, на корнях которого бы полностью отсутствовали микоризообразующие грибы (табл. 2). В то же время среди грибов, вступающих в симбиоз с сеянцами, как правило, не было монодоминантов, и корни каждого растения были заселены в среднем не менее чем четырьмя-пятью видами микоризных грибов одновременно. Максимальное их количество, обнаруженное нами на корнях сеянцев, составило 11, причем 9 из них были эктомикоризные. Эндомикоризные (классифицировались согласно литературным данным) грибы не всегда присутствовали на корнях сенцев сосны и ели (≈ 50 % образцов растений), однако на некоторых сеянцах было выявлено до трех их видов одновременно.

Таблица 2

Видовое разнообразие в микобиомах корней сеянцев (на одно растение), шт. видов

Показатель количества видов грибов, выявленных на одном растении	*Pinus sylvestris*	*Picea abies*	По всей выборке (сосна +ель)
Для всех микоризных видов			
Среднее	4,9	4,0	4,6
Максимальное	10	11	11
Минимальное	1	1	1
По эндомикоризным грибам			
Среднее	0,5	0,6	0,5
Максимальное	2	3	3
Минимальное	0	0	0
По эктомикоризным грибам			
Среднее	4,3	3,5	4,1
Максимальное	9	8	9
Минимальное	1	1	1

В ходе ранжирования видового обилия была отмечена достаточно большая схожесть перечня доминантных видов на корнях сеянцев сосны обыкновенной и ели европейской (табл. 3–4).

Таблица 3

Таксоны грибов, наиболее распространенные на корнях сеянцев сосны обыкновенной

Таксон гриба	Отдел	% растений, на которых вид обнаружен	Видовое обилие, %
Wilcoxina mikolae	Аскомикота	83,0	29,54
Peziza sp.1 uncultured OQ694037.1	Аскомикота	42,6	29,50
Phialocephala fortinii	Аскомикота	36,2	6,25
Hyaloscyphaceae sp. uncultured	Аскомикота	36,2	2,26
Helotiaceae sp. uncultured	Аскомикота	27,7	37,26
Thelephora terrestris	Базидиомикота	27,7	1,90
Suilus luteus	Базидиомикота	23,4	23,69
Tylospora sp. uncultured	Базидиомикота	19,1	3,19
Helotiaceae sp.	Аскомикота	17,0	9,52
Ilyonectria sp.	Аскомикота	14,9	4,65

Таблица 4

Таксоны грибов, наиболее распространенные на корнях сеянцев ели европейской

Таксон гриба	Отдел	% растений, на которых вид обнаружен	Видовое обилие, %
Wilcoxina mikolae	Аскомикота	90,0	44,60
Helotiaceae sp. uncultured	Аскомикота	40,0	46,21
Phialocephala fortinii	Аскомикота	35,0	23,18
Hyaloscyphaceae sp. uncultured	Асомикота	30,0	9,37
Tylospora uncultured	Базидиомикота	25,0	11,06
Peziza sp.1 uncultured OQ694037.1	Аскомикота	25,0	9,19
Agaricomycetes sp. clone RELIS_G2 JF519383.1 uncultured	Базидиомикота	20,0	3,53
Peziza sp.4 uncultured OQ694036.1	Аскомикота	15,0	12,90
Thelephora terrestris	Базидиомикота	15,0	1,17
Peziza sp.2 uncultured OQ694035.1	Аскомикота	10,0	90,61

Среди доминантных видов, наиболее часто и эффективно колонизирующих корни молодых растений сосны и ели, отмечались преимущественно аскомицеты, особенно микромицет *Wilcoxina mikolae,* который в питомниках заселял более 80 % сеянцев сосны и 90 % сеянцев ели со средней долей участия в составе микобиома около 30–40 %. Из базидиальных грибов, часто микоризующих сеянцы, следует выделить *Suilus luteus* (масленок обыкновенный) на сосне, а также гриб *Thelephora terrestris* (на сосне и ели), однако доля участия последнего вида в микобиомах сосны и ели была относительно невелика (до 2 %). Следует также отметить, что 60 % видов, оказавшимися в списке доминантных, не имели детального описания в современной таксономии грибов.

Литература

1. Смит, С. Э. Микоризный симбиоз / С. Э. Смит, Д. Дж. Рид ; перевод с 3 английского издания Е. Ю. Ворониной. – Москва : Товарищество научных изданий КМК, 2012. – 776 с.

2. Rudawska, M. Ectomycorrhizal Fungal Assemblages of Nursery-Grown Scots Pine Are Influenced by Age of the Seedlings / M. Rudawska, T. Leski // Forests. – 2021. – 12, 134. – P. 16.

3. Федоров, Н. И. Лесная фитопатология: учеб. для студ. специальности «Лесное хозяйство» / Н. И. Федоров. – Минск : БГТУ, 2004. – 462 с.

4. Молекулярно-генетическая диагностика болезней в лесных питомниках / О. Ю. Баранов, В. А. Ярмолович, С. В. Пантелеев, Д. Г. Купреенко // Лесное и охотничье хозяйство. – 2012. – № 6. – С. 21–29.

5. Падутов, В. Е. Методы молекулярно-генетического анализа / В. Е. Падутов, О. Ю. Баранов, Е. В. Воропаев. – Минск : Юнипол, 2007. – 176 с.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1

Антонов А.М., Лютикова А.И. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОПОННЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЕГЕТАТИВНОГО ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ТУИ ЗАПАДНОЙ (*THUJA OCCIDENTALIS* L.) В РЕГИОНАХ С КОРОТКИМ ВЕГЕТАЦИОННЫМ ПЕРИОДОМ 3

Артамонова А.С., Марков В.А. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА И СПОСОБЫ ИХ РЕШЕНИЯ 6

Безпалько А.Р. ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЛЕСОПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ 9

Беляков Д.В., Корчагов С.А., Конюшатов О.А., Грибов С.Е. СОХРАНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПРИ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИИ В ТАЕЖНОЙ ЗОНЕ 14

Гордиенко Ю.Д., Гостева Д.Ю. ИЗУЧЕНИЕ СВЕТОПОТРЕБНОСТИ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД 18

Громов Н.П. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ И РЕКОНСТРУКЦИИ ИСТОРИЧЕСКИХ ПАРКОВ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ 21

Дианов С.В., Дианов Д.С. ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СРЕДЫ ЛЕСОЗАГОТОВКИ В АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННЫХ МОДЕЛЯХ 24

Зайцева В.А., Платонова Ю.А. ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЙ КЛАССА САНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ КОРЕННЫХ ЛЕСОВ НА ТЕРРИТОРИИ СОКОЛЬСКОГО БОРА НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «РУССКИЙ СЕВЕР» 29

Заяц А.М. БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ ПОСТАВКАМИ ЛЕСНОЙ ПРОДУКЦИИ 32

Золотова О.А., Баженова О.В., Иванищева Е.А., Осолодкина А.Ф. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ 39

Казарян Л.К., Астраханцева Н.В., Лоскутов С.Р. СРАВНЕНИЕ ПОВРЕЖДЕННОЙ И НЕПОВРЕЖДЕННОЙ ХВОИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ПРИГОРОДНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ МЕТОДОМ ТЕРМОГРАВИМЕТРИИ 45

Карбасникова Е.Б., Суров В.В. СТУПЕНЧАТАЯ ИНТРОДУКЦИЯ КЛЕНА ГИННАЛА (*ACER GINNALA*) НА ЕВРОПЕЙСКИЙ СЕВЕР 50

Кирьянова А.А., Размыслова К.П., Попкова И.А. МИКРОКЛИМАТ ДЕНДРОЛОГИЧЕСКОГО САДА ИМЕНИ И.М. СТРАТОНОВИЧА 55

Козменко А.В., Новоселов А.С. АНАЛИЗ РЕКРЕАЦИОННО-ЛЕСОВОДСТВЕННОЙ СИТУАЦИИ ВБЛИЗИ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ЛОВОЗЕРСКОГО РАЙОНА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ 58

Копыть Н.М., Потокин А.Ф., Митягин С.А. ВИДОВОЕ АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ БЛИЗКО ПРОИЗРАСТАЮЩИХ РАСТЕНИЙ. ВЫЯВЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОГО ВЛИЯНИЯ ПУТЕМ ЦИФРОВИЗАЦИИ ДАННЫХ 63

Крайнова А.А. ПЕРСПЕКТИВЫ ИНТРОДУКЦИИ ДАЛЕКАРЛИЙСКОЙ БЕРЕЗЫ ДЛЯ ОЗЕЛЕНЕНИЯ СЕВЕРНЫХ ГОРОДОВ 68

Маклахов А.В., Старковский Б.Н., Симонов Г.А. ВЛИЯНИЕ РАСТЕНИЙ КИПРЕЯ УЗКОЛИСТНОГО НА ПРИЖИВАЕМОСТЬ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ХВОЙНЫХ ПОРОД ДЕРЕВЬЕВ 70

Мезенина Я.В., Шестак К.В. ПРИМЕНЕНИЕ БИОСТИМУЛЯТОРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СЕМЯН *PAULOWNIA TOMENTOSA* (THUNB.) STEUD. К ВОЗДЕЙСТВИЮ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР 74

Мерзук С.А., Авезов А.А., Михайлова А.Е. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА В РОССИИ В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ 77

Мокроусова А.А., Артамонов И.С. ЛЕСОСЫРЬЕВЫЕ ОТХОДЫ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ, СПОСОБЫ ИХ УТИЛИЗАЦИИ 79

Нехорошкова О.С. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ УЛИЦЫ ПАПАНИНА В ГОРОДЕ АРХАНГЕЛЬСКЕ 83

Павлов А.А., Шурыгина М.С., Шурыгин С.Г. ДИНАМИКА РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ 87

Панютин А.Н. ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ЛЕСНОГО СЕКТОРА КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСНЫМИ РЕСУРСАМИ 91

Панютин Н.А. ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ ТЕРРИТОРИИ 93

Петрова Г.А., Пахомова Н.М., Пронина Е.В., Захарова Е.Н. ЛИПА МЕЛКОЛИСТНАЯ НА ОБЪЕКТАХ ОЗЕЛЕНЕНИЯ Г. КАЗАНИ 96

Платонова Ю.А., Зайцева В.А. ОЦЕНКА ВОЗОБНОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД НА ЗЕМЛЯХ БЫВШИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ НА ТЕРРИТОРИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «РУССКИЙ СЕВЕР» 101

Румянцев Д.Е., Киселева В.В., Ляпичева М.А., Ачиколова Ю.С. ДВУХСОТЛЕТНЯЯ ХРОНОЛОГИЯ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ИЗ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ЛОСИНЫЙ ОСТРОВ» 104

Садковская А.И., Созинов О.В. РЕСУРСНАЯ И ФИТОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА *VACCINIUM VITIS-IDAEA* L. В СПЕЛЫХ ЕСТЕСТВЕННЫХ PINETUM PLEUROZIUM ЗАКАЗНИКА «ГРОДНЕНСКАЯ ПУЩА» 111

Стругова Г.Н., Страздаускене С.Р., Страздаускас С.Е., Сунгурова Н.Р. *THUJA OCCIDENTALIS* L. В УРБАНОФЛОРЕ АРХАНГЕЛЬСКА 115

Филинова И.В., Смирнова А.И. НОРМАТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ – ОСНОВА ЛЕСНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ 118

Хакимова З.Г. ВЛИЯНИЕ ЗЕЛЕНЫХ НАСАЖДЕНИЙ И ШУМОИЗОЛИРУЮЩИХ ЭКРАНОВ НА ШУМОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ (Г. КАЗАНЬ) 120

Хакимова З.Г. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПЛОЩАДИ ПЕРЕД ДВОРЦОМ ЗЕМЛЕДЕЛЬЦЕВ (Г. КАЗАНЬ) 123

Черакшев А.В., Румянцев Д.Е., Сат С.А., Гришанов Е.М. ДЕНДРОХРОНОЛОГИЯ СТАРОВОЗРАСТНЫХ ДЕРЕВЬЕВ ЛИСТВЕННИЦЫ ОСТРОВА ОЛЬХОН 127

Шестак К.В., Федулова Д.Н. ПРОЕКТНОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО БЛАГОУСТРОЙСТВУ И ОЗЕЛЕНЕНИЮ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ГОРОДСКОГО САДА ДЛЯ ПОЖИЛЫХ ЛЮДЕЙ В Г. КРАСНОЯРСКЕ 134

Шишкин Я.Д., Безпалько А.Р. ПРОБЛЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ РОССИИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ 139

Шурыгина М.С., Шурыгин С.Г. ДИНАМИКА УРОВНЕЙ ГРУНТОВЫХ ВОД НА ОСУШЕННЫХ ЗЕМЛЯХ 142

СЕКЦИЯ 2

Акишина К.С., Калистратов А.В. ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛОТОВОГО ЛЕСОСПЛАВА 145

Артемов А.В., Якимова А.Б., Ершова А.С., Симбирцев Д.А. ОЦЕНКА ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫХ СВОЙСТВ ПЛАСТИКОВ БЕЗ СВЯЗУЮЩИХ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБОТКИ И ПИГМЕНТА В ВИДЕ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА 148

Балыбердин К.И., Албаррам Фатыма, Казаков Я.В. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ДРЕВЕСИНЫ ИЗ ВЕТВЕЙ ОСИНЫ КАК СЫРЬЯ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ОТРАСЛИ 153

Баринов Д.В., Марков В.А. ПРИМЕНЕНИЕ ХОЛОДНОГО ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ 157

Гаркавцева С.Е., Гостев В.В. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ 161

Громская Л.Я., Акишина К.С., Платынюк К.О., Мартынюк А.С. РАЗВИТИЕ ЛЕСНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПРИ СТРАТЕГИЧЕСКОМ ПЛАНИРОВАНИИ 164

Давыдова Д.Д., Марков В.А. АВТОМАТИЗАЦИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ ЛЕСНЫХ МАШИН 169

Дручинин Д.Ю., Гнусов М.А., Усиков А.В., Медведев Д.Ю. АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ОРУДИЙ ДЛЯ ПРИСТВОЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ 173

Зубова О.В., Петрова А.С., Силецкий В.В. ОПТИМИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛЕСНЫХ ДОРОГ В УСЛОВИЯХ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ: АНАЛИЗ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ 179

Иванов Н.Г., Артеменков А.М. О СПОСОБАХ КОНТРОЛЯ ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ДРЕВЕСИНЕ ПРИ КОНВЕКТИВНОЙ КАМЕРНОЙ СУШКЕ 181

Карпачев С.П. УСТРОЙСТВО ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ЛЕСОСПЛАВНОГО ПУЧКА 184

Клубничкин В.Е., Клубничкин Е.Е., Смирнов И.А., Калинин П.М. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯГОВЫХ СВОЙСТВ МОТОВЕЗДЕХОДА С ПРИЦЕПОМ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ СОРТИМЕНТОВ 187

Клюшкин И.В., Ваганов В.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ В ЗОНЕ ФОРМОВАНИЯ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН 192

Коваленко Т.В., Эйвазов А.Ф., Беспалов Р.С., Диваков Д.О., Туряева А.С. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕСОЗАГОТОВКЕ: СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕНДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ 197

Коваленко Т.В., Эйвазов А.Ф., Диваков Д.О., Беспалов Р.С., Туряева А.С. ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЛЕСНОЙ ДОРОГИ 200

Козлова И.К., Локштанов Б.М., Орлов В.В., Гусева Т.А. ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РОССИИ ДРЕВЕСИНЫ ПОСЛЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ 203

Коломинова М.В. К ВОПРОСУ О ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЛАМИНИРОВАННОЙ ФАНЕРЫ 206

Коренев И.А., Антонов Е.И. О МЕРАХ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ В СМЕШАННЫХ С ОСИНОЙ НАСАЖДЕНИЯХ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ 209

Кривошеев Д.О., Угрюмов С.А. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ ДЛЯ РАСКРОЯ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ 214

Линченко А.А., Санжара Е.А., Сомов А.Б. ОЦЕНКА ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕЛЬНОЙ И КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ 216

Линченко А.А., Сомов А.Б., Санжара Е.А. ИЗМЕНЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ В ТЕЧЕНИЕ ВРЕМЕНИ ПРОГРЕВА 219

Макаренко А.В., Петрашкин Р.М. МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОПРИВОДА ПОДАЧИ ЦЕПНОГО ПИЛЬНОГО АППАРАТА 222

Малюков С.В., Поздняков Е.В., Малюкова М.А., Аксенов А.А. ПРЕДПОСЫЛКИ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В РЯДАХ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР 228

Марков В.А. ОПИСАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СЫРЬЯ К РАСКРОЮ 232

Мартиросян В.Г. ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОСЛЕ РУБОК ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ 236

Михеевский Е.В., Михеевская М.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕГОДОВОГО РАСХОДА ДРЕВЕСИНЫ НА ГОРНО-РУДНИЧНОМ ПРЕДПРИЯТИИ ПРИ РАБОТЕ ГОРНЫХ ПРОХОДЧИКОВ БЕЗ УЧЕТА РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ 239

Мотовилов Г.К., Тюрин Н.А. ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРАВИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПЕЛЛЕТНЫХ ПРОИЗВОДСТВ 244

Никифоров И.В., Филиппов Р.В., Зубова О.В. СТРОИТЕЛЬСТВО ЛЕСНЫХ ДОРОГ В УСЛОВИЯХ СЛАБОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ГРУНТОВ 248

Осипова А.М., Горбатов А.П., Вашуткин А.С., Кучина А.А. АНАЛИЗ РАБОТЫ ТРАНСПОРТА ДЛЯ ВЫВОЗКИ ДРЕВЕСИНЫ В ОБОСОБЛЕННОМ ПИНЕЖСКОМ ПОДРАЗДЕЛЕНИИ 251

Платынюк К.О., Антонова Т.С. ЗАПАСЫ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ 254

Попов В.Д., Шушков П.Н., Чураков А.В. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ И ПОВЕРКА ЛАЗЕРНЫХ ДАЛЬНОМЕРОВ 256

Попов В.Д., Шушков П.Н., Чураков А.В. ПОДБОРКА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ БЕСПИЛОТНОЙ РАБОТЫ ХАРВЕСТЕРА 261

Рогачев Д.И. ФИЛЬТР ТРЕХМЕРНЫХ ТОЧЕК, ОСНОВАННЫЙ НА РАССТОЯНИИ ДЛЯ ОБЛАКА ТОЧЕК, ПОЛУЧЕННОГО ПРИ НАЗЕМНОМ СКАНИРОВАНИИ УЧАСТКА ЛЕСА 265

Россихин К.В., Свойкин Ф.В. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ТРУДНОДОСТУПНЫХ ЛЕСОСЕК 269

Рощин В.И., Миксон Д.С. ДРЕВЕСНАЯ ЗЕЛЕНЬ – ОТХОД ЛЕСОЗАГОТОВКИ КАК СЫРЬЕ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА 273

Сененкова И.И., Теппоев А.В. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ВНЕДРЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ 276

Соколова В.А. ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОТДЕЛКИ ДРЕВЕСИНЫ ЛАКОКРАСОЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ 279

Соловьева А.Д., Васильев В.В., Капшуков А.С. АНАЛИЗ ПРИЧИН БРАКА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ДВЕРНЫХ ПОЛОТЕН 284

Соловьева А.Д., Васильев В.В., Капшуков А.С. ОЦЕНКА ФАКТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ СТВОРОК ОКОН ИЗ КЛЕЕНОГО БРУСА И ЦЕЛЬНОЙ ДРЕВЕСИНЫ 287

Федяев Ал.А., Федяева В.Н., Кузнецова В.Н., Мошников Д.Э. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИСПАРЕНИЯ ПРИ СУШКЕ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ 291

Федяев Ал.А., Федяева В.Н., Кузнецова В.Н., Мошников Д.Э. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК СУШИЛЬНОГО АГЕНТА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНДИЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ 294

Федяев Ар.А., Федяева Н.Ю., Жэрвэ П.А., Карасев Н.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДРЕВЕСИНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЛИЯЮЩИХ ФАКТОРОВ 297

Федяев Ар.А., Федяева Н.Ю., Жэрвэ П.А., Карасев Н.А. ОЦЕНКА ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ В УГЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЯХ СТЕН ДЕРЕВЯННЫХ ДОМОВ 301

Хохлов Г.И., Силецкий В.В. РАЗРАБОТКА ПОКРЫТИЙ ЛЕСНЫХ ДОРОГ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПНД ТРУБ 304

Шадрин Р.А., Козлова И.К., Николаева Л.А. ПРИРОДООХРАННЫЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИЙ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА 308

Шифрин Б.М., Силина В.И. МОДЕЛИРОВАНИЕ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ 314

Шумов В.П. ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ОТСЛЕЖИВАНИИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЛЕСНЫХ ГРУЗОВ 317

Эскин В.Д., Криворотова А.И., Лопатин А.Ю., Тюменцева А.Е. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ КОРЫ LARIX SIBIRICA КАК ПОБОЧНОГО ПРОДУКТА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ 327

СЕКЦИЯ 3

Аверина В.В. ОЦЕНКА ЖИЗНЕННОГО СОСТОЯНИЯ ДЕРЕВЬЕВ В КЛЮЧЕВЫХ БИОТОПАХ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ 331

Антонь В.В., Варенцова Е.Ю. РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ РАНЕВОГО РАКА ЕЛИ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ЗА РУБЕЖОМ 335

Анчугова Г.В., Мочалов С.А., Нагимов З.Я., Сальникова И.С. ДИНАМИКА КОЛИЧЕСТВА И СТРУКТУРЫ ПОДРОСТА ПОСЛЕ ВЕТРОВАЛА НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ 337

Багаев Е.С., Коренев И.А., Багаев С.С. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАКЛАДКИ ЛЕСОСЫРЬЕВЫХ ПЛАНТАЦИЙ ОСИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ ФОРМ 342

Бахтин А.А., Герасимова Л.В., Илларионова Ю.А., Касимова С.В. НАДЗЕМНАЯ ФИТОМАССА ДЕРЕВЬЕВ БЕРЕЗЫ В СМЕШАННЫХ ДРЕВОСТОЯХ РАЗНОГО ВОЗРАСТА 346

Беляева Е.А., Лебедева О.П. МЕТОДИКА ОТБОРА ПОТЕНЦИАЛЬНО ПРОДУКТИВНЫХ МАТОЧНЫХ ДИКОРАСТУЩИХ *VACCINIUM VITIS-IDAEA* L. ДЛЯ ВЕГЕТАТИВНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ 351

Бойцов А.К., Зимирева В.С., Жигунов А.В. ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО (*POPULUS BALSAMIFERA* L.) ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЛЕСНЫХ ПЛАНТАЦИЙ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ 355

Бойчук П.А., Тюрин Н.А. МЕТОДИКА ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЖАРНЫХ ВОДОЕМОВ ЛЕСНОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ 359

Бондаренко А.С. ОБОСНОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВА КЛОНОВ НА ЛЕСОСЕМЕННЫХ ПЛАНТАЦИЯХ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА УРОВНЯ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ГЕТЕРОГЕННОСТИ СЕМЕННОГО ПОТОМСТВА 362

Борзов Д.А., Закутин В.П. ЛЕСОУСТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ ПОЛОС В БАЛАШОВСКОМ РАЙОНЕ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ 367

Боровикова А.А., Антонов А.М. СЕЗОННОЕ РАЗВИТИЕ И КАЧЕСТВО СЕМЯН ВИДОВ РОДА *PINUS* L. 370

Воробьева Н.С. ДИНАМИКА РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА ОСИНЫ В УСЛОВИЯХ РУССКОЙ РАВНИНЫ 375

Гостева Д.Ю., Лебедев А.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ДЛЯ МОНИТОРИНГА САНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВ 378

Демичев В.К., Пилипко Е.Н. ВЛИЯНИЕ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПОДЛЕСОК В ЛЕСАХ ЧЕРЕПОВЕЦКОГО РАЙОНА ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ 380

Дружинин Ф.Н., Корякина Д.М. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВА КОМПЛЕКСНЫХ РУБОК 382

Епишков А.А. ИЗМЕНЧИВОСТЬ В ЦЕНОПОПУЛЯЦИЯХ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ПО ПРИЗНАКУ СИНХРОННОСТИ ДРЕВЕСНО-КОЛЬЦЕВЫХ ХРОНОЛОГИЙ 386

Ерошкин Н.А., Бугреев Е.Д., Каминский М.А., Гостев В.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС ДЛЯ АНАЛИЗА ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ФИТОЦЕНОЗОВ: МЕТОДЫ И ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ 389

Желдак В.И. МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ЛЕСОВОДСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ДЕПОНИРОВАНИЕ И КОНСЕРВАЦИЮ УГЛЕРОДА ЛЕСОМ 393

Желдак В.И., Дорощенкова Э.В., Сычева А.Н., Живаев Е.Е. ЛЕСОВОДСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ВЫРАЩИВАНИЯ – ПЕРЕФОРМИРОВАНИЯ ЛИСТВЕННО-ХВОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЙ 399

Зарубина Л.В., Житова Н.А., Смирнова А.В. ЗАЩИТА БРУСНИКИ (*VACCINIUM VITIS-IDAEA* L.) ПРИ ПЛАНТАЦИОННОМ ВЫРАЩИВАНИИ 407

Зарубина Л.В., Корякин В.А. ОХРАНА И ЗАЩИТА ЛЕСОВ В ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ 411

Карбасников А.А. ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ БОРОВОЙ ДИЧИ В ОБЩЕДОСТУПНЫХ ОХОТНИЧЬИХ УГОДЬЯХ 414

Карбасников А.А. ЗООЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКАЗНИКИ КАК ЭФФЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО ПО СОХРАНЕНИЮ ПОПУЛЯЦИИ ОХОТНИЧЬИХ ЖИВОТНЫХ..... 417

Комаров И.А., Пилипко Е.Н. ТРОФИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ ЛОСЯ (*ALCES ALCES* L.) НА ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВУЮ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ТИПИЧНЫХ МЕСТООБИТАНИЙ ВОЛОГОДЧИНЫ..... 421

Корякина Д.М., Васильева О.А., Цыпилева Е.В., Головкина А.Д. ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ЗЕЛЕНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПО МАГИСТРАЛЬНЫМ УЛИЦАМ Г. ВОЛОГДЫ..... 425

Лебедев А.В., Гостев В.В. МОДЕЛЬ ОБРАЗУЮЩЕЙ СТВОЛОВ ДЕРЕВЬЕВ ЕЛИ КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ 429

Новикова М.А., Новикова Л.А. ГИБРИДНАЯ ФОРМА БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ И БЕРЕЗЫ ПУШИСТОЙ..... 432

Петрова Г.А., Ятманова Н.М., Сингатуллин И.К. ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ ОТ СЕЗОНА РУБКИ В ОСИНОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН 434

Пилипко Е.Н., Дворников М.Г. БИОТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ КАК ОСНОВА РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В ОХОТОВЕДЕНИИ 438

Попов О.С., Новоселов А.С., Третьяков С.В. ХАРАКТЕРИСТИКА СРЕДНЕВОЗРАСТНЫХ БЕРЕЗНЯКОВ НА ПОСТАГРОГЕННЫХ ЗЕМЛЯХ ВОЛОГОДСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО ОКРУГА ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ 442

Прищепов А.А., Лабоха К.В. ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ РУБОК ОБНОВЛЕНИЯ В СОСНЯКАХ НЕГОРЕЛЬСКОГО УЧЕБНО-ОПЫТНОГО ЛЕСХОЗА..... 447

Раупова Д.Э., Данилов Д.А., Суворов С.А. ВЛИЯНИЕ АГРОХИМИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЧВ НА ЖИВОЙ РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ В ХВОЙНЫХ ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ СОСНЫ И ЕЛИ 450

Ребко С.В., Поплавская Л.Ф., Тупик П.В., Ермак И.Т., Боровик П.В., Мельник П.Г. ОЦЕНКА ДИНАМИКИ СОХРАННОСТИ И РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА КЛИМАТИЧЕСКИХ ЭКОТИПОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУРАХ..... 453

Романов Н.А., Черкасов Н.С., Ильинцев А.С. ОПЫТ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ПОСАДКИ СЕЯНЦЕВ С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ В РАЗЛИЧНЫХ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ДВИНСКО-ВЫЧЕГОДСКОГО ТАЕЖНОГО РАЙОНА..... 457

Руссаков Б.А., Закутин В.П. ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ПРИВЯЗКА ТАКСАЦИОННЫХ ПОСТОЯННЫХ ПРОБНЫХ ПЛОЩАДЕЙ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ МОБИЛЬНОГО GPS-ПРИЕМНИКА 462

Сафиуллин Р.А. ОХРАНА И ЗАЩИТА ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ С ПОМОЩЬЮ МУЛЬТИКОПТЕРА..... 465

Сингатуллин И.К., Чернов В.И. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И РОСТА БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ГКУ «АКСУБАЕВСКОЕ ЛЕСНИЧЕСТВО» РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН..... 468

Трапезников А.С., Пилипко Е.Н. ПРАВОВЫЕ МЕРЫ ОХРАНЫ И ЗАЩИТЫ ЛЕСОВ 472

Тютькова Е.А., Лоскутов С.Р. РЕАКЦИЯ КОМПОНЕНТОВ ЛИГНО-УГЛЕВОДНОЙ МАТРИЦЫ В ГОДИЧНЫХ КОЛЬЦАХ *PINUS SIBIRICA* DU TOUR НА ОЧАГИ ГРИБНОЙ ИНФЕКЦИИ 475

Уразов П.Н. ОСОБЕННОСТИ РОСТА ДРЕВОСТОЕВ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД В ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ СВЕРДЛОВСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ..... 479

Усманов С.Б., Тазмеев Н.М., Мухаметшина А.Р., Павленко Д. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ НА ВСХОЖЕСТЬ И ЭНЕРГИЮ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ 482

Фабрина А.Д., Закутин В.П. ЛЕСОУСТРОИТЕЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ ЛЕСНЫХ ОЧАГОВ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ МОБИЛЬНЫМ GPS-НАВИГАТОРОМ 486

Филон Д.И. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОРУБОЧНЫХ ОСТАТКОВ ПРИ РУБКАХ ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ В ХВОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ 488

Ярмолович В.А., Баранов О.Ю., Зенюк К.В., Пантелеев С.В., Хархасова И.А., Иващенко Л.О. СТРУКТУРА МИКОБИОМОВ КОРНЕЙ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ В ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКАХ БЕЛАРУСИ 492

Научное издание

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА

Материалы XXI Международной научно-технической конференции
(Вологда, 5 декабря 2023 г.)

Электронное издание

Редактор – О. М. Ванчугова

Оригинал-макет подготовлен С. В. Кудрявцевым

Рекомендовано к изданию 13.12.2023. Уч.-изд. л. 50,2

ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет»
160000, г. Вологда, ул. Ленина, 15