

На правах рукописи

Неронова Я

НЕРОНОВА ЯНА АНАТОЛЬЕВНА

**ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ
НА СТРУКТУРУ ГОДИЧНОГО КОЛЬЦА ДРЕВЕСИНЫ
СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.)
В ДОЛГОВРЕМЕННОМ АСПЕКТЕ**

06.03.02 – Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и
лесная таксация

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Петрозаводск - 2018

Работа выполнена в Институте леса — обособленном подразделении Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук», (ИЛ КарНЦ РАН)

Научный руководитель: **Громцев Андрей Николаевич,**
доктор сельскохозяйственных наук, ст.н.с.

Официальные оппоненты: **Данилов Дмитрий Александрович,**
доктор сельскохозяйственных наук,
Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Белогорка»,
заместитель директора по научной работе,
главный научный сотрудник

Гаврилова Ольга Ивановна,
доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный
Университет», Институт лесных, горных
и строительных наук, кафедра технологии
и организации лесного комплекса, профессор

Ведущая организация: Федеральное агентство лесного хозяйства «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства», 163062, Российская Федерация, г.Архангельск, ул.Никитова, д.13.

Защита состоится 26 декабря 2018 года в 13.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.220.02 при ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова» по адресу: 194021, Санкт-Петербург, Институтский пер. д.5, литер У, Зал заседаний Ученого совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова» www.spbftu.ru.

Автореферат разослан “ ” 2018 года.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор



А.В. Жигунов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Устойчивая работа крупных лесоперабатывающих предприятий, расположенных на Северо-Западе таежной зоны, в последние годы зависит от обеспеченности древесным сырьем. Вследствие длительной эксплуатации продуктивных хвойных насаждений уже в данный момент ощутимой является нехватка балансов и пиловочника высокого качества. Таким образом, необходимо использовать все возможности восстановления потенциала таежных лесов. Мощным деструктивным фактором в хвойных лесах являются лесные пожары, площадь, которых по данным государственной статистики увеличилась вдвое за последние 15 лет. Главным образом, риску возникновения пожаров подвержены сосновые древостои на песчаных почвах.

Степень разработанности. В научной литературе имеются работы по проблеме изучения влияния лесохозяйственных мероприятий на качество древесины сосны обыкновенной. Однако имеющиеся данные либо охватывают сравнительно небольшие временные периоды, либо относятся к другим регионам исследования. Автором впервые предпринята попытка выявления особенностей структуры древесины сосны после многолетнего ежегодного применения удобрений и различных уходов в естественных древостоях и культурах различной густоты в долговременном аспекте в условиях Карелии. Диссертация является законченным научным исследованием.

Цели и задачи исследования. Цель работы – исследование структуры древесины, сформированной под влиянием лесохозяйственных мероприятий (гидролесомелиорация, внесение удобрений, проходная рубка) и оценка ее качества в сосняках естественного и искусственного происхождения на гидроморфных и автоморфных почвах.

Для достижения цели исследований решались следующие задачи:

- 1) Изучить строение годичного кольца древесины сосны обыкновенной естественного происхождения, сформированной на осушенных торфяных почвах после проведения лесохозяйственных мероприятий.
- 2) Исследовать структуру древесины плантационных культур сосны обыкновенной на осушенных торфяных почвах.
- 3) Выявить влияние многолетнего внесения минеральных удобрений на структуру древесины культур сосны на песчаных почвах, пройденных палом.

Научная новизна. Впервые изучено изменение структуры годичного кольца и химического состава древесины сосны обыкновенной, сформированной в естественных и искусственных древостоях разной первоначальной густоты на осушенных торфяных почвах после проведения лесохозяйственных мероприятий в долговременном аспекте в условиях Карелии; изменение структуры годичного кольца древесины сосны обыкновенной в лесных культурах на минеральной почве после 30-летнего ежегодного внесения удобрений.

Теоретическая и практическая значимость работы. Влияние лесохозяйственных мероприятий, таких как гидролесомелиорация, рубки ухода, применение гербицидов и удобрений в древостоях естественного и искусственного происхожде-

ния, на их рост, структуру древесины и в конечном итоге ее качество, на фоне увеличения давности их проведения (30 и более лет) изучены недостаточно. Учитывая переход на интенсивную модель ведения лесного хозяйства, исследование указанных особенностей в условиях заметного сокращения запасов доступного и качественного древесного сырья обуславливают ценность проведенного исследования.

Данные, полученные в результате работы, дают достоверную информацию о качестве древесины сосны обыкновенной, произрастающей на гидроморфных и автоморфных почвах, особенностях ее формирования при проведении лесохозяйственных мероприятий в естественных древостоях и лесных культурах разной густоты, а также о дальнейших перспективах использования такой древесины.

Методология и методы исследования. Научное исследование направлено на изучение ряда вопросов, связанных с влиянием лесохозяйственных мероприятий на качество древесины сосны обыкновенной. Методы исследования нацелены на комплексный подход к изучению структуры древесины с учетом микро- и макро-строения с использованием общепризнанных таксационных, лабораторных и статистических методов исследования.

Положения, выносимые на защиту. На основе полученных результатов в диссертации сформулированы и обоснованы следующие научные положения:

- особенности структуры годичного кольца древесины сосны обыкновенной и ее химического состава на осушенных торфяных почвах в культурах различной первоначальной густоты и спелых древостоях естественного происхождения при проведении различных лесохозяйственных мероприятий в долговременном аспекте в условиях Карелии;

- особенности структуры годичного кольца древесины сосны обыкновенной в лесных культурах, произрастающих на минеральных почвах при многолетнем внесении удобрений.

Степень достоверности и апробация результатов. Обоснованность выводов подтверждается значительным объемом экспериментального материала, применением статистических методов, приборов и компьютерных программ обработки полученных данных.

Результаты проведенных исследований представлены на: международной конференции «Лес - как возобновляемый источник жизненных ценностей в изменяющемся мире» (Санкт-Петербург, 2009); на XVI Всероссийской молодежной научной конференции «Актуальные проблемы биологии и экологии» (Сыктывкар, 2009); Всероссийской научной конференции с международным участием «Лесные ресурсы таежной зоны России: проблемы лесопользования и лесовосстановления» (Петрозаводск, 2009); международной научно-практической конференции «Правовые проблемы использования и охраны лесов и повышение лесного потенциала России» (Петрозаводск, 2013); на III-ей и V-ой международной научно-практической конференции «Инновации и технологии в лесном хозяйстве» (Санкт-Петербург, 2013, 2016); на Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Повышение эффективности лесного комплекса» (Петрозаводск, 2015, 2018); Научной конференции, посвященной 70-летию Карельского научного

центра РАН «Природное и культурное наследие Европейского Севера: Фундаментальные и прикладные исследования» (Петрозаводск, 2016); Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 60-летию Института леса Карельского научного центра РАН (Петрозаводск, 2017); четвертой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Повышение эффективности лесного комплекса» (Петрозаводск, 2018 г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 14 печатных работ, 3 статьи в научных журналах, входящих в перечень ВАК.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 149-ти печатных страницах, содержит 33 таблицы и 14 рисунков. Список использованной литературы включает 169 источников, в числе которых 18 на иностранном языке.

Благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю д.с.-х. наук, А.Н. Громцеву. Глубокая признательность д.с.-х. наук, доценту А.И. Соколову за всестороннюю помощь в написании работы. Искренняя благодарность В.А. Козлову и С.М.Синькевичу, оказавшим помощь в написании работы, а также сотрудникам лаборатории динамики и продуктивности таежных лесов ИЛ КарНЦ РАН (Харитонову В.А., Пеккоеву А.Н., Мошникову С.А., Бердникову И.А., Миронову В.И.), сотрудникам аналитической лаборатории ИЛ КарНЦ РАН.

ГЛАВА 1. ВЛИЯНИЕ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА КАЧЕСТВО ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*P.sylvestris* L.) (СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА)

На сегодняшний день вопрос о влиянии различных лесохозяйственных мероприятий на качество древесины требует более детального изучения в связи с накоплением обширного фактического материала в результате многочисленных опытно-производственных работ по ускоренному лесовыращиванию. К этому приводит, как наличие больших площадей лесов, выращенных в различных режимах ухода, так и ориентация на переход к интенсивной модели лесного хозяйства.

Влияние осушения на качество древесины изучалось многими исследователями (Буш, 1958; Федоров, 1959; Перельгин, 1969; Медведева, 1985; Полубояринов, 1987; Смирнов, 2003; Тюкавина, 2004). Древесина осушенных древостоев по своему качеству уступает выращенной на минеральных почвах, но в количественном отношении этот недостаток в значительной мере перекрывается величиной дополнительного прироста по объему (Ипатьев, 1985; Ефремов, 1987). По имеющимся данным ширина годичного слоя повышается не только за счет интенсивного отложения клеток камбия, но и в результате увеличения размеров трахеид (Ипатьев, 1984; Матюшкин, 1989; Гелес, 1990).

К значительным изменениям в строении и качестве древесины приводит применение минеральных удобрений (Вярбила, Шлейнис, 1981; Паавилайнен, 1983; Ипатьев, 1985; Клинов, 1985; Zobel, van Buijtenen, 1989; Шубин, Гелес, 1991; Tassisa, Burkhart, 1998; Sundstrometal., 2000; Beetsetal., 2001; Александров, 2002; Тараканов, 2004). По мнению ряда авторов использование удобрений приводит к

снижению толщины клеточной стенки трахеид, как ранней, так и поздней древесины (Ковалев и др., 1976; Полубояринов, 1976; Волков, Крутов, 2003; Грибов, 2007). По данным И.И.Степаненко (2000) изменение микроструктуры древесины сосны находится в зависимости от вида удобрения.

Известно, что характер влияния рубок ухода на качество древесины в значительной мере определяется их интенсивностью и возрастом древостоя (Зябченко, 1979; Полубояринов, 1980; Синькевич, 1981; Пшеничникова, Владимирова, 1982; Moschler, Dougal, McRae, 1989; Чибисова, Синькевич, 1990; Barbouretal., 1994; Кузнецов, 1994; Корепанов, 1997; Tassisa, Burkhart, 1998; Morling, Valinger, 1999; Уголев, 2002; Чибисов, Нелидова, 2003; Минин, 2003; Петренко, 2009). Исследованиями установлено, что повышение ширины годовичного кольца древесины сосны происходит, главным образом, за счет увеличения количества рядов ранних трахеид, размеры образовавшихся трахеид практически не изменяются (Зябченко, 1985; Morling, Valinger, 1999).

Вопрос о совместном влиянии осушения и рубок остается слабо изученным (Буш, 1958; Вомперский, 1975; Ипатьев, Смоляк, 1984; Медведева, 1989; Смирнов, Грязькин, 1997; Чиндяев, Иматова, 1997; Луганский и др., 2002; Коханский, 2003). Применение рубок ухода вместе с удобрением вызывает снижение плотности (Синькевич, 1981).

ГЛАВА 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ. (СРЕДНЯЯ ТАЙГА)

Характерными чертами территории расположения объектов исследования являются сильно пересеченный рельеф, обилие озер, рек и болот. Климат умеренно континентальный с продолжительной мягкой зимой и коротким прохладным летом, высокой относительной влажностью воздуха (Научно-прикладной справочник по климату СССР, 1988, Госдоклад, 2017). Для данной территории характерно преобладание западных и юго-западных ветров. Вторжение воздушных масс с Арктики является причиной резких и порой длительных похолоданий (Романов, 1961), что также необходимо учитывать при оценке изменения некоторых качественных характеристик древесины. Объекты исследований расположены в подзоне средней тайги. Преобладающей породой в Карелии является сосна, доля которой составляет 64%, а на бедных торфяных почвах сфагновой группы типов леса достигает 86-95% (Клинов, 1985, Госдоклад, 2017).

Площадь заболоченных лесов в республике составляет более 1,8 млн. га (10% территории), из которых на площади 650 тыс.га было проведено осушение. К 1985 году на осушенных болотах было создано 47,5 тыс. га лесных культур (Гаврилов, 2017). Проблема изучения созданных на осушенных территориях лесных культур остается все также актуальной.

За последние годы на территории Карелии лесные культуры создавались в среднем на площади около 6,5 тыс.га в год (Госдоклад 2013-2017). Исследование структуры древесины лесных культур является необходимым аспектом для получения высококачественной древесной продукции.

По сведениям государственной статистики площадь пожаров в России за 15 лет увеличилась вдвое. Имеются данные Всемирной лесной вахты, площади лесов, в которых происходит гибель древостоя, составляют в среднем 2-3 млн. га (Госдоклад, 2017). Наибольшее негативное влияние огонь оказывает на сосновые местообитания на песчаных почвах, плодородие которых страдает из-за уничтожения сосредоточенной в верхнем слое органики. Вопросы структуры древесины культур сосны, на песчаных почвах, пройденных палом, остаются малоизученными и актуальными.

ГЛАВА 3. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ, ОБЪЕМ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Объектами исследования являлись естественные древостои и лесные культуры сосны, произрастающие на торфяных и минеральных почвах после проведения различных лесохозяйственных мероприятий.

В 110-летнем сосняке травяно-сфагновом на осушенной торфяной почве изучено изменение структуры древесины, сформировавшейся под влиянием рубок и удобрений. Гидролесомелиорация проведена в 1972 году. Осенью 1984 года была проведена проходная рубка, при которой была выбрана вся береза и частично старовозрастные экземпляры сосны, что составило по числу стволов 50%, по запасу - 42%. Весной 1985 года внесено комплексное минеральное удобрение (NPK) (Саковец и др., 2005).

В 40-летних плантационных культурах сосны, созданных с густотой 1, 2 и 4 тыс. шт/га на осушенных переходных торфяных почвах, изучено влияние минеральных удобрений (NP, NPK) и гербицидов на структуру годичного кольца. Плантационные культуры различной исходной густоты созданы сотрудниками Петрозаводской ЛОС ЛенНИИЛХ посадкой 3-летних семян сосны в плужные пласты и выращивались с применением гербицидов и удобрений (Попов, Цинкович, 1993).

В культурах сосны, созданных посевом в 1961–1962 гг. на вырубке из-под сосняка брусничного, пройденной сплошным палом, начиная с 7-летнего возраста на протяжении 30 лет вносили N,P,K удобрения (Шубин, 1977; Шубин, Гелес, 1991).

Методы исследований. Таксационные показатели древостоев определяли в соответствии с общепринятыми методами (Анучин, 1982). Измерение ширины ранней и поздней зон годичных слоев по кернам производили в лабораторных условиях на приборе Э. Шпалте с точностью 0,01 мм. Базисную плотность определяли способом измерения выталкивающей силы по методике О.И. Полубояринова (1976) в соответствии с требованиями ГОСТа 16483.6-84. Изучение анатомического строения проведено на срезах с кернов, приготовленных с помощью замораживающего микротомы Frigomobil 1205, R.Jung, Heidelberg, Germany (А.В.Оболенская и др., 1965), а изучение химического состава древесины на образцах, отобранных со спилов. Измерения радиальных размеров анатомических характеристик проводили на снимках при помощи программ цифровой обработки компьютерных изображений GIMP 2 (Ваганов, Шашкин, 2000). Снимки получали с помощью микроскопа Lei-

саDM1000, оснащенного камерой LeicaDFC290, при использовании программы обработки Leica Application Suit с увеличением 10x10.

Изучение химического состава древесины сосны выполнено сотрудниками аналитической лаборатории Института леса КарНЦ РАН. Количество смолистых веществ определялось методом экстракции древесины ускоренным методом; лигнин – методом с использованием серной кислоты в модификации Комарова; целлюлозы – по методу Кюршнера и Хоффера.

Объем выполненных работ. Основной объем исследований по изучению структуры древесины сосны выполнен на 17-ти постоянных пробных площадях в двух типах леса: сосняке брусничном и сосняке травяно-сфагновом. Для исследования радиального прироста и макроструктуры древесины в целом, было отобрано 340 средних деревьев. Выполнено 1035 измерений основных характеристик макростроения древесины: ширины годовичного кольца, доли поздней древесины и плотности древесины. Для изучения анатомического строения древесины сосны с модельных деревьев было взято 115 образцов древесины, приготовлено 1110 микропрепаратов. Выполнено 2330 измерений основных анатомических характеристик древесины.

ГЛАВА 4. ФОРМИРОВАНИЕ ГОДИЧНОГО КОЛЬЦА СОСНЫ ЕСТЕСТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

4.1 Влияние лесохозяйственных мероприятий на рост сосны обыкновенной

Продуктивность древостоя естественного происхождения, произрастающего на осушенной переходной торфяной почве после проведения лесохозяйственных мероприятий, увеличилась до II-III,5 класса бонитета. Лесохозяйственные мероприятия, в целом положительно повлияли на рост соснового древостоя. Самое значительное повышение диаметра (на 21,6%) по сравнению с контрольным значением отмечается на участке с проведением проходной рубки, а при комплексном уходе (проходная рубка+удобрение) увеличение диаметра составило 19,1%. Влияние минеральных удобрений на радиальный прирост оказалось менее эффективным (+10,5%). Средняя высота сосны на участке с проведением проходной рубки была выше значения с контрольного участка на 5,1%, а применение минеральных удобрений увеличило запас древесины на 10,2%.

Лесохозяйственные мероприятия повлияли на распределение деревьев по диаметру. Растяннутость рядов распределения на контроле находилась в диапазоне 14–20 см, при проведении проходной рубки и комплексном уходе (проходная рубка+удобрение) – 8-24 см; при внесении удобрений – 14–22 см. Проведение лесохозяйственных мероприятий в данных условиях увеличивает долю крупных деревьев в древостое, в результате чего повышается запас растущей древесины.

4.2 Структура древесины сосны естественного происхождения

Ширина годичного кольца. Увеличение ширины годичного кольца произошло уже в первое пятилетие после проведения гидролесомелиорации, что объясняется улучшением водно-воздушного режима почв. Во всех вариантах опыта максимальный радиальный прирост наблюдался на 4-7-ой гг. после мелиорации (1,05-1,90 мм). Благоприятное действие гидролесомелиорации сохранялось на протяжении всего 30-летнего периода наблюдений.

На 3-7-ой годы после проходной рубки в осушенном сосняке установились условия для роста древостоя с максимальным радиальным приростом. Положительное действие проходной рубки на ширину годичного кольца сохранялось на протяжении 14 лет. После применения минеральных удобрений через три года произошло резкое повышение радиального прироста. Последствие удобрений отмечено в течение 14 лет.

После комплексного ухода отмечено значительное увеличение годичного кольца. Наибольший радиальный прирост приходился на 3-5 годы после ухода. Эффект оказался более длительным, чем при раздельном проведении этих мероприятий, что объясняется большим положительным влиянием на формирование кроны и функционирование ассимиляционного аппарата (Valinger, 1993).

Содержание поздней древесины. Благоприятное влияние гидролесомелиорации на долю поздней древесины сохранялось в течение всего периода наблюдений. Максимальное содержание поздней древесины в годичном кольце наблюдалось через 11 лет после осушения (увеличение+22%). Проходная рубка отрицательно сказалась на содержании поздней древесины в сравнении с контролем. После проведения комплексного ухода содержание поздней древесины в годичном кольце увеличилось только через 15 лет на 10%.

Плотность. Среднее значение плотности древесины сосны до проведения лесохозяйственных мероприятий составляло $508 \pm 5 \text{ кг/м}^3$. Наиболее резкое и значительное снижение плотности древесины сосны наблюдалось в первое десятилетие после осушения (-12,8%), что согласуется с мнением других исследователей (Полубояринов, 1976, Ипатьев, 1982, Ефремов, 1987). Проведение проходной рубки увеличило плотность древесины уже на 2-7 годы после мероприятия на 2,3 % и на 8-15 годы на 10,7%. Значительное повышение радиального прироста после комплексного ухода вызвало снижение плотности древесины на 7%.

Число рядов трахеид. Проведение гидролесомелиорации повышает активность камбия древесины, что привело к более интенсивному образованию трахеид. Осушение способствовало увеличению числа рядов ранних и поздних трахеид в 3-4 раза, и этот показатель сохранялся на протяжении всего периода наблюдений. Тенденция к снижению числа рядов трахеид выявлена лишь через 20-25 лет после осушения. Внесение минеральных удобрений вызвало интенсивное формирование числа рядов трахеид в первые 6 лет после мероприятия (+43,4%). Проведение проходной рубки увеличило радиальный прирост за счет возрастания числа рядов трахеид: ранних в 6, а поздних в 7 раз. Комплексный уход вызвал увеличение количества рядов ранних и поздних трахеид(+42-55% в сравнении с контролем).

Размеры клеток. В первое десятилетие после проведения осушения диаметр люмена ранних трахеид снизился на 15% (табл.4.1). В дальнейшие годы роста происходило его увеличение (+16%) с одновременным возрастанием толщины клеточной стенки (+57,1%) (табл.4.1).

Таблица 4.1 - Влияние лесохозяйственных мероприятий на диаметр люмена ранних трахеид древесины сосны на осушенной торфяной почве

| Вариант опыта | Диаметр люмена (мкм), по периодам | | | | |
|----------------|-----------------------------------|--------------------|---|--|--------------------|
| | 5 лет до осушен. | 10 лет после осуш. | 11-20 лет после осуш. 2-7 лет после рубки; 1-6 лет после удобр. | 21-27 лет после осуш., 8-15 лет после рубки, 7-14 лет после удобр. | за период 1-32 лет |
| Осуш(контр.) | 25,9±4,31 | 21,9±6,62 | 31,2±2,01 | 26,3±5,33 | 26,3±1,90 |
| Осуш+прохруб. | 20,2±2,73 | 20,3±2,91 | 29,5±2,82 | 27±4,73 | 24,3±2,37 |
| Осуш+удобр. | 25±1,81 | 24,5±6,02 | 31,6±2,33 | 27,5±2,42 | 27,2±1,62 |
| Осуш+рубка+уд. | 20,1±5,43 | 24,9±4,32 | 29,3±2,63 | 28,1±2,32 | 25,6±2,06 |

* - различие с контролем существенно

Таблица 4.2 - Влияние лесохозяйственных мероприятий на диаметр люмена поздних трахеид древесины сосны на осушенной торфяной почве

| Вариант опыта | Диаметр люмена (мкм), по периодам | | | | |
|----------------|-----------------------------------|--------------------|---|--|--------------------|
| | 5 лет до осушен. | 10 лет после осуш. | 11-20 лет после осуш. 2-7 лет после рубки; 1-6 лет после удобр. | 21-27 лет после осуш., 8-15 лет после рубки, 7-14 лет после удобр. | за период 1-32 лет |
| Осуш(контр.) | 6,4±1,32 | 5,7±1,02 | 8,4±2,63 | 6,5±1,93 | 6,8±0,58 |
| Осуш+прохруб. | 4,5±0,72 | 4,7±0,63 | 6,5±1,03 | 5,9±1,54 | 5,4±0,37* |
| Осуш+удобр. | 6,1±1,11 | 7,3±1,43 | 8,7±2,42 | 7,5±1,83 | 7,4±0,41 |
| Осуш+рубка+уд. | 4,7±0,92 | 7,4±2,81 | 8,0±1,73 | 6,7±0,92 | 6,8±0,57 |

* - различие с контролем существенно

Таблица 4.3 - Влияние лесохозяйственных мероприятий на толщину стенок поздних трахеид древесины сосны на осушенной торфяной почве

| Вариант опыта | Толщина стенок (мкм), по периодам | | | | |
|----------------|-----------------------------------|--------------------|---|--|--------------------|
| | 5 лет до осушен. | 10 лет после осуш. | 11-20 лет после осуш. 2-7 лет после рубки; 1-6 лет после удобр. | 21-27 лет после осуш., 8-15 лет после рубки, 7-14 лет после удобр. | за период 1-32 лет |
| Осуш(контр.) | 4,7±0,52 | 4,1±1,02 | 7,8±0,93 | 5,8±2,12 | 5,6±0,81 |
| Осуш+прохруб. | 4,0±0,92 | 3,8±0,63 | 6,1±0,91 | 5,4±1,22 | 4,8±0,55 |
| Осуш+удобр. | 6,5±1,83 | 5,4±1,34 | 6,4±1,02 | 6,8±0,91 | 6,3±0,30* |
| Осуш+рубка+уд. | 5,1±1,12 | 4,4±0,93 | 5,9±2,21 | 6,2±1,73 | 5,4±0,41 |

* - различие с контролем существенно

В поздней зоне древесины происходило формирование более толстостенных трахеид (+66%) большего диаметра (+31%) после 10-летнего периода. В пройденном проходной рубкой сосняке наблюдалось снижение толщины клеточной стенки (-14%) и радиального диаметра люмена (-20%) для поздних трахеид (табл.4.2, 4.3).

Через 8-15 лет после рубки в ранней зоне начинают образовываться более толстостенные трахеиды (+3,3 %) (табл.4.4)

Таблица 4.4 - Влияние лесохозяйственных мероприятий на толщину стенок ранних трахеид древесины сосны на осушенной торфяной почве

| Вариант опыта | Толщина стенок (мкм), по периодам | | | | |
|----------------|-----------------------------------|--------------------|---|--|--------------------|
| | 5 лет до осушен. | 10 лет после осуш. | 11-20 лет после осуш. 2-7 лет после рубки; 1-6 лет после удобр. | 21-27 лет после осуш., 8-15 лет после рубки, 7-14 лет после удобр. | за период 1-32 лет |
| Осуш(контр.) | 2,1±0,32 | 2,1±0,34 | 3,3±0,62 | 2,7±0,83 | 2,6±0,29 |
| Осуш+прохруб | 2,3±0,63 | 2,4±0,53 | 3,0±0,61 | 3,1±1,22 | 2,7±0,20 |
| Осуш+удобр. | 4,4±1,82 | 3,3±1,02 | 3,6±1,02 | 3,6±0,62 | 3,7±0,24* |
| Осуш+рубка+уд. | 2,8±0,92 | 2,5±2,83 | 3,5±1,72 | 2,8±0,91 | 2,9±0,21 |

* - различие с контролем существенно

4.3 Химический состав древесины

После проведения гидроресомелиорации отмечается повышение содержания азотаи незначительное снижение содержания фосфора в древесине в течение всего периода наблюдений. Количество смолистых веществ снижается. После применения удобрений происходит интенсивный рост и образование древесины, что в свою очередь повышает содержание зольных элементов. При комплексном уходе содержание азота в древесине сосны оставалось постоянным, за исключением повышения (+33,3%) в последние пять лет наблюдений. Количество смолистых веществ в первые 5 лет после проведения мероприятий несколько увеличилось (+21,3%).

ГЛАВА 5. СТРУКТУРА ДРЕВЕСИНЫ 40-ЛЕТНИХ КУЛЬТУР СОСНЫ НА ОСУШЕННОЙ ТОРФЯНОЙ ПОЧВЕ

5.1 Рост культур сосны в зависимости от режима выращивания

Класс бонитета 40-летних плантационных культур сосны с различной исходной густотой на осушенной переходной торфяной почве повысился на I класс бонитета. По сравнению с контролем средний диаметр увеличился на 19–44 %, высота – на 24–45 %. Корневой запас древесины на удобренных участках превышал контроль на 63% -2,2 раза.

Самое значительное увеличение радиального прироста (на 44,2 %) отмечается при внесении удобрений в культуры сосны, созданные густотой 1 тыс. шт/га. Применение удобрений совместно с гербицидами оказалось наиболее эффективным

в культурах густотой 2 тыс. шт/га (+42,6%). Наибольшее повышение средней высоты (+45,3%) установлено при совместном применении удобрений и гербицидов в культурах с первоначальной густотой 2 тыс.шт/га. Наибольшее увеличение запаса отмечено при совместном применении удобрений и гербицидов в культурах густотой 1 тыс.шт/га.

5.2 Структура годичного кольца древесины культур сосны разной первоначальной густоты после применения удобрений и гербицидов

Ширина годичного кольца. Увеличение ширины годичного кольца после внесения минеральных удобрений в культурах, созданных начальной густотой 1 тыс. шт/га составило 84,6%, 4 тыс.шт/га 14,7%. При начальной густоте культур 2 тыс. шт/га произошло снижение радиального прироста на 3,2%. Совместный уход с гербицидами вызвал формирование наиболее широких годичных колец при густоте 1 тыс. шт/га на 64,3%, 2 тыс.шт/га – на 22,3%; 4 тыс. шт/га – на 1,2%.

Содержание поздней древесины. Применение удобрений и гербицидов снизило долю поздней древесины за весь период наблюдений в культурах разной густоты при сравнении с контрольными значениями, за исключением комбинированного воздействия удобрений с гербицидами в культурах густотой 2 тыс.шт/га (+1,1%).

Плотность древесины. Средняя плотность древесины до проведения уходов составляла 383±6 кг/га. Применение удобрений и гербицидов вызвало понижение плотности древесины во всех вариантах опыта. Внесение минеральных удобрений способствовало формированию древесины с пониженной плотностью в культурах, созданных густотой: 4 тыс.шт./га - 8%, 1тыс.шт./га - 21,7%. Комбинированное действие удобрений и гербицидов также снизило плотность древесины культур, созданных густотой 4 тыс.шт/га - 3,7%; 1 тыс.шт/га -7,1%. В культурах густотой 2 тыс. шт/га изменения в значениях плотности были незначительными (1-4%).

Число рядов трахеид. Внесение только минеральных удобрений в культурах сосны густотой 4 тыс. шт/га (+33,3%) и 2 тыс. шт/га (+4,5%) увеличило количество рядов ранних трахеид в процессе роста культур. В культурах сосны густотой 1 тыс.шт/га внесение удобрений и гербицидов вызвало постепенное снижение числа рядов ранних трахеид (удобрения -55 %; удобр.+герб.-44,7%). Среднее количество рядов ранних трахеид увеличилось в результате комплексного применения удобрений и гербицидов в варианте 2 тыс.шт/га на 27,3% и 4 тыс. шт/га – на 44,4%.

Комбинированное воздействие минеральных удобрений и гербицидов увеличило количество рядов поздних трахеид (4 тыс.шт/га +50%; 2 тыс. шт/га +31,3%; 1 тыс.шт/га +6,7%). Общее количество рядов трахеид в годичном кольце возросло (4 тыс. шт/га +32,4% и 2 тыс. шт/га +28,9%). Внесение минеральных удобрений увеличило общее число рядов трахеид (4 тыс. шт/га +35,5%; 2 тыс. шт/га +2,6%). В культурах густотой 1 тыс. шт/га общее количество рядов трахеид снизилось (удобрения -42,6%; удобрения+гербициды-31,5%).

Толщина радиальной стенки трахеид. Применение удобрений и гербицидов в культурах сосны вызвало в дальнейшем формирование тонкостенных трахеид в ранней и поздней древесине годичного кольца. Снижение толщины стенки трахеид

составило в варианте 4 тыс.шт/га удобр.- поздних -6,2%, ранних-14,4%; 2 тыс.удобр. поздних -6,8%, ранних -15%; удобр.+герб. поздних-16,6%, ранних -17%; 1 тысудобр.-поздних -1,7%, ранних -26%; удобр.+герб. поздних-7,04%; ранних -7,25% (табл. 5.1;5.2).

Таблица 5.1 - Влияние режима выращивания на толщину стенок поздних трахеид древесины 40–летних культур сосны на осушенной торфяной почве

| Густота, тыс. шт/га | Вариант опыта | Толщина стенок (мкм), по периодам | | | | |
|---------------------|---------------|-----------------------------------|-----------|------------|------------|--------------------|
| | | 1-10 лет | 11-20 лет | 21-30 лет | 31-40 лет | за период 1-40 лет |
| 4 | Контроль | 8,8±0,50 | 12,5±1,30 | 15,2±1,96 | 8,2±2,32 | 11,2±1,64 |
| | Удобрения | 9,1±0,75 | 11,3±0,26 | 11,1±0,10* | 10,4±0,10 | 10,5±0,49 |
| | Удобр.+гербиц | 11,7±0,37 | 14,8±1,07 | 15,0±0,35 | 13,7±0,85* | 13,8±0,76* |
| 2 | Контроль | 10,6±1,11 | 14,4±0,53 | 15,0±0,02 | 15,6±1,04 | 13,9±1,13 |
| | Удобрения | 14,7±2,15 | 12,6±0,44 | 13,9±0,55 | 10,6±0,99* | 13,0±0,88 |
| | Удобр.+гербиц | 9,0±1,29 | 13,3±0,43 | 11,5±0,51* | 12,4±0,24 | 11,6±0,92* |
| 1 | Контроль | 11,0±0,81 | 15,4±1,28 | 14,2±0,05 | 13,0±1,65 | 13,4±0,94 |
| | Удобрения | 11,7±2,25 | 12,1±0,76 | 14,8±1,53 | 14,0±1,32 | 13,1±0,75 |
| | Удобр.+гербиц | 10,7±0,45 | 14,7±3,95 | 10,8±2,10* | 13,5±1,35 | 12,4±1,01 |

* - различие с контролем существенно

Таблица 5.2 - Влияние режима выращивания на толщину стенок ранних трахеид древесины 40–летних культур сосны на осушенной торфяной почве

| Густота, тыс. шт/га | Вариант опыта | Толщина стенок (мкм), по периодам | | | | |
|---------------------|---------------|-----------------------------------|-----------|-----------|------------|--------------------|
| | | 1-10 лет | 11-20 лет | 21-30 лет | 31-40 лет | за период 1-40 лет |
| 4 | Контроль | 8,2±0,60 | 9,8±0,63 | 9,4±0,73 | 7,3±1,10 | 8,7±0,56 |
| | Удобрения | 8,3±1,66 | 8,2±0,15 | 7,7±0,15 | 5,6±0,1 | 7,4±0,62 |
| | Удобр.+гербиц | 8,6±0,96 | 11,3±2,15 | 9,9±2,38 | 12,3±0,55* | 10,5±0,80 |
| 2 | Контроль | 8,4±0,67 | 9,5±0,81 | 11,1±0,05 | 11,8±1,29 | 10,2±0,76 |
| | Удобрения | 8,9±1,3 | 8,3±0,11 | 9,9±2,91 | 7,6±0,31* | 8,7±0,49 |
| | Удобр.+гербиц | 7,7±1,39 | 9,1±0,13 | 7,6±0,66* | 9,3±0,55 | 8,4±0,44 |
| 1 | Контроль | 9,9±0,31 | 10,4±0,27 | 10,5±0,03 | 7,3±0,55 | 9,5±0,77 |
| | Удобрения | 9,2±1,35 | 8,4±0,58 | 11,7±2,79 | 8,9±0,45 | 7,1±1,79* |
| | Удобр.+гербиц | 9,1±1,45 | 8,0±0,29 | 9,8±1,64 | 8,4±0,62 | 8,8±0,40 |

* - различие с контролем существенно

Исключение составляет совместное применение удобрений и гербицидов в культурах густотой 4 тыс. шт/га, в древесине которых происходит образование толстостенных трахеид (поздних+23,6%; ранних+21,2%).

Радиальный диаметр люмена трахеид. Проведение уходов в культурах сосны, созданных густотой 1 тыс.шт/га (+29,4%) и 2 тыс. шт/га (+13,1%) вызвало формирование поздних трахеид большего диаметра. В культурах густотой 4 тыс.шт/га произошло формирование трахеид меньшего размера, диаметр люмена

снизились на 1,8%. (табл.5.3) Совместное внесение удобрений и гербицидов также увеличило размер поздних трахеид при густоте культур 4 тыс. шт/га на 41,8%, 2 тыс.шт/га 27,2%, 1 тыс.шт/га на 20,9%(табл.5.4).

Таблица 5.3 - Влияние режима выращивания на диаметр люмена поздних трахеид древесины 40–летних культур сосны на осушенной торфяной почве

| Густота, тыс. шт/га | Вариант опыта | Диаметр люмена (мкм), по периодам | | | | |
|---------------------|----------------|-----------------------------------|------------|------------|------------|--------------------|
| | | 1-10 лет | 11-20 лет | 21-30 лет | 31-40 лет | за период 1-40 лет |
| 4 | Контроль | 16,2±0,75 | 21,9±5,53 | 20,9±0,90 | 16,3±1,37 | 18,8±1,51 |
| | Удобрения | 17,8±0,70 | 16,5±0,45 | 24,2±0,2* | 15,4±0,3 | 18,5±1,97 |
| | Удобр.+гербиц. | 26,5±1,24 | 24±2,02 | 26,2±0,47* | 30±5,75* | 27±1,23* |
| 2 | Контроль | 32,4±3,67 | 23,9±0,55 | 19,5±0,03 | 19,3±3,18 | 23,8±3,07 |
| | Удобрения | 25,3±6,35 | 25,1±1,78 | 23,3±2,63* | 34±6,36* | 27±2,39* |
| | Удобр.+гербиц. | 31,7±5,30 | 28,4±1,43 | 32,9±0,55* | 27,9±0,73* | 30,2±1,24* |
| 1 | Контроль | 28,2±1,55 | 23,2±2,04 | 30,2±0,05 | 19,8±7,4 | 25,3±2,36 |
| | Удобрения | 38,3±6,89 | 30,0±2,49 | 39,3±8,17* | 23,5±2,82* | 32,8±3,74* |
| | Удобр.+гербиц. | 29,9±11,1 | 31,2±2,04* | 39,1±21,1* | 22,3±2,70 | 30,6±3,45 |

* - различие с контролем существенно

В ранней зоне древесины после применения удобрений отмечено формирование трахеид большего диаметра (2 тыс. шт/га +6,9%, 1 тыс. шт/га +3,2%).

Таблица 5.4 - Влияние режима выращивания на диаметр люмена ранних трахеид древесины 40–летних культур сосны на осушенной торфяной почве

| Густота, тыс. шт/га | Вариант опыта | Диаметр люмена (мкм), по периодам | | | | |
|---------------------|----------------|-----------------------------------|------------|------------|------------|--------------------|
| | | 1-10 лет | 11-20 лет | 21-30 лет | 31-40 лет | за период 1-40 лет |
| 4 | Контроль | 42,8±3,55 | 61,2±2,86 | 69,3±4,17 | 65,9±5,65 | 59,8±5,92 |
| | Удобрения | 33,3±3,15 | 32,1±0,10* | 47,5±0,1* | 51,5±0,15* | 41,1±4,92* |
| | Удобр.+гербиц. | 53,8±3,07 | 61,9±2,59 | 63,5±2,9* | 46,9±11,2* | 56,6±3,85* |
| 2 | Контроль | 57,7±5,44 | 56,3±2,08 | 57,5±0,13 | 57,8±6,63 | 57,3±0,36 |
| | Удобрения | 72,1±0,75 | 61±2,07 | 57,3±4,21 | 52,9±13,8* | 60,8±4,10* |
| | Удобр.+гербиц. | 53,4±8,04 | 70,1±1,46* | 68,9±1,01* | 68,2±3,05* | 65,1±3,92* |
| 1 | Контроль | 51±3,97 | 61,1±5,25 | 61,0±0,02 | 63,6±4,80 | 59,2±2,80 |
| | Удобрения | 53,1±5,52 | 72,2±2,03* | 52,1±15,0* | 66,9±1,17* | 61,1±5,01* |
| | Удобр.+гербиц. | 51,4±2,05 | 75,7±4,72* | 40,7±12,1* | 62,3±3,09 | 57,5±7,49 |

* - различие с контролем существенно

В культурах, созданных густотой 4 тыс. шт/га после применения удобрений формировались ранние трахеиды меньшего размера (-31,3%). Совместное применение удобрений и гербицидов при густоте 4 тыс.шт/га(-5,4%) снизило диаметр люмена ранних трахеид, в то же время в варианте с густотой 2 тыс. шт/га формировались ранние трахеиды большего диаметра (+13,6%).

5.3 Влияние лесохозяйственных мероприятий на химический состав древесины

С увеличением возраста культур сосны разной густоты происходит снижение смолистости древесины во всех вариантах опыта. Полученные данные также свидетельствуют о меньшем содержании целлюлозы в древесине сосны при большей густоте, что связано с изменением анатомического строения древесины. В древесине культур сосны большей густоты отмечается более высокое содержание лигнина. Данное обстоятельство должно быть учтено при использовании такой древесины в химической промышленности.

ГЛАВА 6. ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ НА АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ 53-ЛЕТНИХ КУЛЬТУР СОСНЫ НА ПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ, ПРОЙДЕННЫХ ПАЛОМ

6.1 Рост культур сосны на участках с многолетним ежегодным внесением удобрений

Внесение удобрений благоприятно повлияло на рост культур сосны по диаметру и высоте. Наиболее интенсивный рост по диаметру (+22 % в сравнении с контролем) отмечается при внесении азота. Средняя высота сосны на всех удобренных участках была выше контрольных значений (+17-28%). Применение основных минеральных удобрений привело к увеличению запаса древесины в 1,4–2,2 раза. Класс бонитета повысился в зависимости от вида удобрения на 0.7–1.2 класса.

6.2 Структура древесины сосны, сформировавшейся в результате 30-летнего ежегодного применения удобрений

Ширина годичного кольца. Статистически значимое повышение средней ширины годичного слоя отмечается только при применении азотного удобрения (период с 8 до 53 лет +33%). Однако в данном случае значение базисной плотности не отличалось от контрольного. Ширина годичного кольца древесины в период последствий удобрений снижалась постепенно во всех вариантах опыта. Данные свидетельствуют об увеличении ширины годичного слоя в период внесения удобрений, максимально проявившееся во втором десятилетии (N+22%, P+15%). В период последствий происходило постепенное снижение радиального прироста.

Содержание поздней древесины. Наибольшее содержание поздней древесины отмечалось при внесении азота (значения близки к контрольным 35%). При внесении фосфора содержание поздней древесины в годичном кольце было ниже, чем в древесине контрольного варианта (-3%). При применении калийных удобрений доля поздней древесины была наименьшей (-9%).

Плотность древесины. Наибольшее среднее значение базисной плотности соответствует варианту с внесением азота. При использовании фосфорных удобрений плотность древесины снизилась незначительно (-2%). Внесение калия вызвало достоверное снижение средней базисной плотности на 8%. После многолетних подкормок азотными удобрениями формировалась древесина с плотностью близкой к контрольной, что согласуется с утверждением И.И. Степаненко о различной эффективности лесохозяйственных мероприятий в зависимости от вида удобрений (Сте-

паненко, 2000). Повышение плотности древесины отмечено после прекращения внесения азотных и фосфорных удобрений.

Число рядов трахеид. Среднее общее число рядов трахеид на участках с внесением фосфора и калия превышало значение контрольного (P+10%; K+17%). В период последействия азотных удобрений общее количество рядов трахеид снизилось на 30%, фосфорных на 14% и калийных на 3%.

Наибольшее число рядов ранних трахеид содержала древесина, образованная после применения калийных удобрений (+11% при сравнении с контролем). Азотные удобрения снизили число рядов ранних трахеид на 6%.

В период последействия удобрений наибольшее число рядов поздних трахеид отмечалось при внесении калия (+30% в сравнении с контролем). После прекращения внесения азотных и фосфорных удобрений отмечена тенденция снижения числа рядов поздних трахеид на 14% и на 15%, соответственно.

Толщина радиальной стенки трахеид. Средняя толщина стенки поздних трахеид на вариантах с внесением фосфорных и калийных удобрений была выше контрольных значений (P +8,5%; K +4,2%) (табл. 6.1).

Таблица 6.1 – Влияние долговременного внесения минеральных удобрений на толщину стенки поздних трахеид в древесине 53-летних культур сосны

| Вариант опыта | Толщина стенки поздних трахеид (мкм), по периодам | | | | | |
|---------------|---|------------|------------|------------|------------|----------------------|
| | 8-16 лет | 17-26 лет | 27-36 лет | 37-46 лет | 47-53 лет | за период (8-53 лет) |
| Контроль | 8,5±0,27 | 8,1±0,32 | 9,2±0,30 | 9,9±0,37 | 11,3±0,32 | 9,4±0,32 |
| N | 7,2±0,34* | 7,7±0,31 | 8,5±0,29 | 12,3±0,55* | 10,3±0,34* | 9,2±0,37 |
| P | 9,2±0,50 | 11,1±0,40* | 10,9±0,30* | 10,3±0,40 | 9,4±0,40* | 10,2±0,40 |
| K | 7,9±0,30 | 8,8±0,30 | 10,4±0,40* | 10,2±0,50 | 11,5±0,40 | 9,8±0,40 |

* - различие с контролем существенно

Средняя толщина стенки ранних трахеид на всех вариантах с внесением удобрений была ниже контрольного значения (N-6,5%; P-11%; K-3%). Трахеиды ранней древесины с наименьшей толщиной стенки формировались (-2%) при внесении фосфорных удобрений (табл. 6.2).

В период последействия азотных удобрений средняя толщина радиальной стенки трахеид древесины была выше, чем в период их внесения: поздних +44,9%; ранних +17%. В период последействия фосфорных удобрений толщина стенок ранних трахеид была выше на 25%, чем во время внесения. При использовании калийных удобрений в течение всего периода наблюдений не отмечалось значительных колебаний в значении толщины стенки трахеид, как в ранней, так и в поздней зонах древесины (см. табл. 6.1., 6.2).

Таблица 6.2 – Влияние долговременного внесения минеральных удобрений на толщину стенки ранних трахеид в древесине 53-летних культур сосны

| Вариант опыта | Толщина стенки ранних трахеид (мкм), по периодам | | | | | |
|---------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------|
| | 8-16 лет | 17-26 лет | 27-36 лет | 37-46 лет | 47-53 лет | за период (8-53 лет) |
| Контроль | 6,3±0,22 | 5,9±0,29 | 6,2±0,19 | 6,0±0,19 | 6,7±0,21 | 6,2±0,22 |
| N | 5,1±0,18* | 5,6±0,25 | 5,6±0,23* | 6,9±0,36* | 5,6±0,22* | 5,8±0,25* |
| P | 4,2±0,20* | 5,3±0,20 | 5,5±0,30* | 6,7±0,30* | 5,8±0,30* | 5,5±0,30* |
| K | 5,5±0,20* | 5,5±0,20 | 6,5±0,30 | 5,8±0,20 | 6,5±0,02 | 6,0±0,20 |

* - различие с контролем существенно

Диаметр люмена трахеид. Средний диаметр люмена поздних и ранних трахеид на всех участках с внесением удобрений был выше контрольного значения (N-22%; 10,3%; P-17%; 11,3%; K-9%; 14,8%) (табл.6.3, 6.4)

Таблица 6.3 – Влияние долговременного внесения минеральных удобрений на диаметр люмена поздних трахеид в древесине 53-летних культур сосны

| Вариант опыта | Диаметр люмена поздних трахеид (мкм), по периодам | | | | | |
|---------------|---|------------|------------|------------|-----------|----------------------|
| | 8-16 лет | 17-26 лет | 27-36 лет | 37-46 лет | 47-53 лет | за период (8-53 лет) |
| Контроль | 9,7±0,47 | 15,2±1,02 | 11,2±0,79 | 9,4±0,51 | 14,0±0,88 | 11,9±0,73 |
| N | 17,9±0,88* | 13,7±0,63 | 13,5±0,60* | 13,8±0,73* | 13,6±0,72 | 14,5±0,71* |
| P | 14,8±0,60* | 18,1±1,10* | 13,5±0,40* | 10,1±0,50 | 13,0±0,80 | 13,9±0,70* |
| K | 12,5±0,60* | 13,2±0,90 | 12,1±0,70 | 13,4±0,70* | 13,9±0,50 | 13,0±0,70 |

* - различие с контролем существенно

Таблица 6.4 – Влияние долговременного внесения минеральных удобрений на диаметр люмена ранних трахеид (мкм) в древесине 53-летних культур сосны

| Вариант опыта | Диаметр люмена ранних трахеид (мкм), по периодам | | | | | |
|---------------|--|------------|------------|------------|------------|----------------------|
| | 8-16 лет | 17-26 лет | 27-36 лет | 37-46 лет | 47-53 лет | за период (8-53 лет) |
| Контроль | 26,5±1,19 | 36,2±1,54 | 47,3±2,18 | 39,2±1,16 | 40,1±1,58 | 37,9±1,53 |
| N | 42,1±1,46* | 42,7±1,95* | 44,2±1,78 | 36,0±1,40 | 44,0±1,90 | 41,8±1,69 |
| P | 38,9±1,80* | 45,2±1,80* | 44,5±1,90 | 40,7±2,30 | 41,7±2,20 | 42,2±2,00 |
| K | 32,6±1,80* | 47,6±1,30* | 40,2±2,00* | 46,9±2,00* | 50,1±2,10* | 43,5±1,80* |

* - различие с контролем существенно

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Проведение гидроселомелиорации в сосняке травяно-сфагновом на переходной торфяной почве в целом положительно влияет на качество древесины сосны. После осушения происходит интенсивное формирование более крупных и толстостенных трахеид. Отмечается повышение общей плотности древесины за счет увеличения

плотности ранней и доли поздней древесины, за исключением адаптационного периода;

- после проведения рубки ухода и внесения удобрений увеличение радиального прироста отмечается уже в первые годы после их проведения, в то же время достоверного снижения плотности древесины не происходит, что в целом свидетельствует об эффективности лесохозяйственных мероприятий;

- внесение минеральных удобрений в осушенных сосняках травяно-сфагновых способствует увеличению диаметра люмена трахеид;

- рубки ухода приводят к образованию в поздней зоне древесины сосны более тонкостенных трахеид меньшего диаметра;

- проведение комплексного ухода (проходная рубка+удобрение) снижает плотность древесины, однако за счет увеличенного радиального прироста уменьшения запаса древесины не происходит;

- достоверного влияния лесохозяйственных мероприятий на химический состав древесины сосны, сформированной в осушенных сосняках травяно-сфагновых, не выявляется;

- лесохозяйственные мероприятия в осушенных сосняках травяно-сфагновых на переходной торфяной почве приводят к формированию древесины неоднородной по содержанию доли ранней и поздней древесины с различными значениями ширины годичного кольца, что может отрицательным образом сказаться на качественных характеристиках пиловочника. Таким образом, рекомендуется использование древесины на получение балансов.

2. В культурах сосны, созданных разной исходной густотой, на осушенных торфяных почвах внесение удобрений и гербицидов увеличивает средний радиальный прирост за весь период наблюдений;

- внесение удобрений и гербицидов вызывает формирование большего числа рядов трахеид, что оказывает влияние на радиальный прирост;

- в результате применения удобрений и гербицидов в культурах, созданных густотой 1 и 2 тыс.шт/га, формируются тонкостенные ранние и поздние трахеиды большего диаметра; использование минеральных удобрений в культурах сосны густотой 4 тыс. шт/га вызывает формирование тонкостенных трахеид меньшего диаметра;

- с увеличением густоты культур сосны, созданных на осушенной торфяной почве, содержание целлюлозы в древесине снижается, а лигнина повышается. Применение минеральных удобрений и гербицидов снижает смолистость древесины с повышением возраста культур сосны;

- исходя из полученных данных по качественным характеристикам древесины культур сосны и нормативов лаборатории сырья ВНИИБ, а также ГОСТ-968-68, выращивание культур различной густоты с применением удобрений и гербицидов можно рекомендовать для получения балансовой древесины и высококачественного пиловочника общего назначения. По величине плотности полученное древесное сырье относится в целлюлозно-бумажной промышленности к балансам I категории, за исключением удобренных культур густоты 4 и 1 тыс.шт/га, где сырье соответствует балансам II категории.

3. Выявлены особенности многолетнего воздействия разных видов удобрений на структуру годичного кольца;

- увеличение ширины годичного слоя сопровождается снижением доли поздней древесины и плотности, однако выявленные различия по данным показателям не достоверны;

- наибольшее среднее значение базисной плотности при наиболее широком годичном кольце с наивысшим процентом поздней древесины соответствует варианту с внесением азота;

- при общей оценке по комплексу всех изученных показателей под влиянием азота качество древесины не ухудшается. В данном случае статистически значимое повышение средней ширины годичного слоя отмечается в течение всего периода наблюдений, однако, значение базисной плотности не отличается от контрольного значения;

- на протяжении всего периода внесения азотных удобрений наблюдается формирование тонкостенных ранних и поздних трахеид древесины сосны, компенсируемое в период последствия образованием большего числа рядов толстостенных поздних трахеид большего размера. Общее число рядов в данном варианте является наименьшим;

- длительное внесение фосфора не оказывает значительного влияния на качество древесины культур сосны. За весь наблюдаемый период процент поздней древесины и плотность снижаются несущественно, при этом ширина годичного слоя становится выше. Радиальный прирост повышается в основном за счет количества рядов более толстостенных поздних трахеид большего диаметра. В ранней зоне формируются трахеиды с меньшей толщиной стенки;

- ежегодные подкормки калием приводят к достоверному снижению базисной плотности за счет уменьшения процента поздних зон по сравнению с контролем и вызывают формирование более тонкостенных ранних трахеид. Остальные параметры микроструктуры древесины остаются на уровне контроля, либо несколько превосходят его;

- подтверждается наибольшая потребность в азоте сосны, произрастающей на вересково-паловых вырубках в условиях сосняков брусничных;

- древесину, выращенную при многолетнем ежегодном внесении минеральных удобрений, исходя из полученных качественных характеристик, можно рекомендовать для получения высококачественного пиловочника.

СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях из перечня ВАК:

1. Кистерная М.В., Аксененкова Я.А. Изменение анатомического строения древесины сосны под влиянием комплекса лесохозяйственных мероприятий// Лесной журнал. №4. 2007 г. С.19-25

2. Козлов В.А., Кистерная М.В., Неронова Я.А. Влияние лесохозяйственных мероприятий на плотность и химический состав древесины сосны обыкновенной// Лесной журнал, №6, 2009 г. С.7-13

3. Соколов А. И., Пеккоев А. Н., **Неронова Я. А.**, В. А. Харитонов. Влияние удобрений на рост и структуру древесины *Pinus sylvestris* (Pinaceae) на гарях// «Растительные ресурсы», №2, 2018 г.С.235-245

В других изданиях:

4. Козлов В.А., Кистерная М.В., **Аксененкова Я.А.** Влияние лесохозяйственных мероприятий на качество древесины сосны обыкновенной: долговременные прогнозы// Лесоводственно-экологические аспекты хозяйственной деятельности в лесах Карелии/ Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2005, С. 86-100.

5.**Неронова Я.А.** Лесохозяйственные мероприятия и качество формирующейся древесины у сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.)// Материалы XVI Всероссийской молодежной научной конференции «Актуальные проблемы биологии и экологии», Сыктывкар, 2009 г., С.140-141

6.Козлов В.А., Кистерная М.В., **Неронова Я.А.** Формирование годичного кольца у сосны обыкновенной (*P.sylvestris* L.) при проведении гидролесомелиоративных работ// Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием «Лесные ресурсы таежной зоны России: проблемы лесопользования и лесовосстановления», Петрозаводск, 2009 г. С.205-207

7. **Неронова Я.А.**, Козлов В.А. Влияние лесохозяйственных мероприятий на качество древесины сосны обыкновенной (*P. sylvestris* L.) // Актуальные проблемы использования и охраны лесов: Сб. ст.- Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2013. С.36-38

8. **Неронова Я.А.**, Козлов В.А. Специфика влияния лесохозяйственных мероприятий на качество древесины сосны обыкновенной (*P.sylvestris* L.)// Международная научно-практическая конференция «Правовые проблемы использования и охраны лесов и повышение лесного потенциала России», 2013 г., ПетрГУ, г.Петрозаводск. С. 91-95.

9. **Неронова Я.А.** Анатомическое строение древесины плантационных культур сосны обыкновенной (*P.sylvestris* L.) на осушенном переходном болоте// «Инновации и технологии в лесном хозяйстве» ИТФ-2016. Тезисы докладов V Международной научно-практической конференции, 2016 г. Санкт-Петербург, ФБУ «СпбНИИЛХ», С.105

10. **Неронова Я.А.** Влияние многолетнего внесения фосфорных и калийных удобрений на анатомическое строение древесины культур сосны обыкновенной// Тезисы докладов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 60-летию Института леса Карельского научного центра РАН (Петрозаводск, 11-15 сентября 2017 года). Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2017. С.198-200

Отзывы на автореферат в двух экземплярах с указанием фамилии, имени, отчества, почтового адреса, адреса электронной почты, наименования организации, должности лица, составившего отзыв, подписанные и заверенные печатью, просим направлять по адресу: 194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5, литер У, ученому секретарю диссертационного совета.