

На правах рукописи

Пономарева Тамара Игоревна

ВЛИЯНИЕ ЛЕСООСУШЕНИЯ НА ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ СОСНЯКОВ
КУСТАРНИЧКОВО-СФАГНОВЫХ
СЕВЕРОТАЕЖНОГО РАЙОНА АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

06.03.02 – Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Архангельск – 2022

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаверова Уральского отделения Российской Академии наук»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Наквасина Елена Николаевна

Официальные оппоненты: **Кузнецов Олег Леонидович**, доктор биологических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник лаборатории болотных экосистем, Института биологии - обособленного подразделения ФГБУН ФИЦ «Карельский научный центр Российской академии наук», заслуженный деятель науки РФ

Новоселов Анатолий Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры географии и рационального природопользования ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет»

Ведущая организация: ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства»

Защита диссертации состоится 7 июня 2022 г. в 14:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.008.03 при ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова» по адресу: 163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 17, ауд. 1220.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова», www.narfu.ru

Автореферат разослан «___» _____ 2022 года.

Ученый секретарь диссертационного совета



Тюкавина Ольга Николаевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. На Европейском Севере РФ в конце XX века площадь осушаемых лесных земель превышала 1,4 млн.га (Дружинин, 2006). Однако преобладание в составе гидромелиоративного фонда, особенно в северной тайге, олиготрофных лесоболотных экосистем со слабой реакцией на осушения привело к тому, что такие осушаемые участки стали исключать из гидромелиоративного фонда, а уходы за осушительными сетями не проводили ввиду их экономической неэффективности (Тараканов, 2004). В современных условиях осушительные сети на обширных осушаемых территориях в лесах Европейского Севера остались без обслуживания (Грабовик и др., 2006; Дружинин, 2006; Федотов, 2016). Антропогенно нарушенные осушаемые лесоболотные экосистемы долгие годы развивались с учетом изменившихся гидрологических условий эдафотопы. Реакцией осушаемых экосистем на вышеуказанные воздействия стало, прежде всего, изменение лесорастительных условий.

Целесообразно оценить изменения лесорастительных условий заболоченных лесов под воздействием длительного осушения для устойчивого и неистощительного ведения хозяйственной деятельности в условиях осушаемых олиготрофных лесоболотных комплексов в рамках концепции устойчивого управления лесами с соблюдением требований, как по сохранению защитных функций лесов, так и обеспечения выполнения экосистемами экологических функций (Критерии и индикаторы..., 1998; Пахучий, Пахучая, 2017).

Степень разработанности темы исследования. Основы гидромелиорации как науки в середине - конце XX века заложили А. Д. Дубах (1930, 1934, 1944, 1945), С. Х. Будыка (1959), К. К. Буш (1968, 1970), Н. И. Пьявченко (1962, 1979, 1980) и другие (Пятецкий, 1963, 1967, 1976; Сабо, 1966, 1983; Вомперский, 1975; Артемьев 1986, 1991; Пахучий, 1991, 2012; Бабилов, 2002, 2004; Пахучий, Пахучая, 2017). Осушенным лесам Европейского Севера РФ также уделено много внимания (Корепанов, 1994; Феклистов и др., 1995; Дружинин и др., 2001, 2011; Тараканов, 2004; Дружинин, 2006; Нешатаев, 2017; Германов, Саковец, 2004; Корепанов, Корепанов, 2002). Исследования осушаемых болот затрагивают чаще всего либо древостой, в направлении повышения его продуктивности, либо торфяную залежь – при промышленной разработке торфа (Буш, 1968; LeBarron, Neetzel, 2002; Матюшкин, 2007; Чыонг, 2017; Hydrology ..., 2018). Оценка лесорастительных условий в осушаемых сосняках проводилась А. М. Таракановым (Тараканов, 2004) и А. С. Новоселовым и Н. А. Дружининым (Дружинин, 2006; Дружинин и др., 2011; Новоселов, Дружинин, 2017). Исследования проводились, как правило, на лесных участках, где хозяйственная деятельность человека после проведения осушения не прекращалась.

Цель исследования. Комплексное изучение длительного влияния лесосушения на лесорастительные условия сосняков кустарничково-сфагновых для выявления закономерностей их трансформации при отсутствии лесохозяйственных мероприятий и разработки предложений по устойчивому лесоуправлению на осушаемых территориях в северотаежном лесном районе Архангельской области.

Задачи исследования:

1. Оценить наиболее характерные для северотаежной подзоны Европейского Севера РФ нативные и осушаемые участки болот и заболоченных лесов; заложить репрезентативные ключевые участки для детального изучения трансформаций лесоводственных параметров в сосняках кустарничково-сфагновых;

2. Выявить изменение гидротермического режима сосняков кустарничково-сфагновых под влиянием длительного периода осушения различной эффективности;

3. Оценить характеристики древесного яруса сосняков кустарничково-сфагновых при длительном влиянии осушения различной эффективности;

4. Выявить сукцессионные изменения состава и структуры нижних ярусов растительности сосняков кустарничково-сфагновых при длительном осушении различной эффективности;

5. Выявить физико-химические, агрохимические и химические аспекты трансформации торфяной залежи сосняков кустарничково-сфагновых под влиянием длительного периода осушения различной эффективности;

6. Дать предложения по устойчивому лесоуправлению осушаемых сосняков кустарничково-сфагновых в северотаежном лесном районе.

Научная новизна. Для северотаежной подзоны Европейской части РФ выявлены закономерности изменения лесорастительных условий сосняков кустарничково-сфагновых в результате длительного периода осушения без проведения уходов за мелиоративной сетью и фитоценозами. Показана связь сезонных гидротермических факторов с многолетними изменениями других компонентов биогеоценозов в сосняках кустарничково-сфагновых при различной эффективности длительного осушения. Впервые для условий северной подзоны тайги показана реакция сосны обыкновенной в динамике за 50 лет на эффективность осушения сосняков кустарничково-сфагновых при отсутствии мелиоративных уходов; установлены направления сукцессионных изменений состава и структуры живого напочвенного покрова (прогрессивная и восстановительная) при различной эффективности осушения сосняков кустарничково-сфагновых в течение 50 лет естественного самовосстановления в северотаежном лесном районе; показаны трансформационные изменения в биологических, физико-химических (*in situ*), агрохимических, химических свойств торфа на разных глубинах торфяной залежи при различной эффективности осушения сосняков кустарничково-сфагновых в течение 50 лет естественного самовосстановления в северотаежном лесном районе.

Теоретическая и практическая значимость работы. Материалы, полученные при оценке трансформации лесорастительных условий через 50 лет после проведения осушения разной эффективности и естественного самовосстановления сосняков кустарничково-сфагновых, могут быть использованы для количественного уточнения критериев и индикаторов устойчивого лесоуправления; для корректировки программ мелиораций, технологических приемов и нормативов осушительных мелиораций в условиях олиготрофных лесоболотных экосистем Севера; могут служить подходами для разработки принципов мониторинга и оценки лесоводственно-экологических последствий лесосошения. Данные по трансформации структуры и состава нижних ярусов растительности могут быть использованы для экологических природоохранных подходов к выделению ключевых биотопов (в рамках добровольной лесной сертификации). Полученные результаты будут полезны при учете вклада осушаемых и нативных объектов в глобальный углеродный цикл, при прогнозировании влияния климатических изменений, а также при стоимостной оценке экосистемных услуг.

Методология и методы исследования. Методология исследования опирается на комплексный подход к исследованию лесных экосистем, сочетающий в себе применение общепринятых лесоводственных, таксационных и геоботанических методов исследования фитоценозов; общепринятых и авторских методов полевых и лабораторных исследований эдафотопы, а также общепринятых в гидрометеорологии методов исследования микроклимата. В работе для подтверждения выводов и рекомендаций использованы статистические критерии и закономерности.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Полученные результаты комплексной оценки лесорастительных условий сосняков кустарничково-сфагновых северной подзоны тайги, сформировавшихся под влиянием длительной осушительной мелиорации (50-80 лет) при отсутствии уходов за лесом и осушительной сетью;

2. Установленная зависимость микроклимата лесоболотных комплексов от региональных особенностей климата и проявление особенностей гидротермического режима осушаемых участков, определяющих изменение сроков и характера прогрева воздуха и торфяной залежи в зависимости от уровня болотных вод;

3. Результаты оценки влияния эффективности осушения на таксационные характеристики осушаемых древостоев; оценка ответной реакции живого напочвенного покрова на эффективность осушения, в частности пространственной и эколого-ценотической структуры;

4. Установленные закономерности трансформации свойств торфяной залежи в результате осушения различной эффективности; специфика окислительно-восстановительного режима и кислотности, а также фракционно-группового состава органического вещества торфа.

Степень достоверности и апробация результатов. Статистическая значимость и достоверность полученных результатов подтверждена с использованием методов параметрической и непараметрической статистики в процессе обработки полученных материалов с использованием программ MS Excel (пакет «Анализ данных») и SPSS Statistics 11.

Основные результаты исследований докладывались на 5 конференциях различного уровня: VII Всероссийская научная конференция с международным участием «Экологические проблемы северных регионов и пути их решения». (16-22 июня 2019, Апатиты); XIV международная научно-практическая конференция daRostim 2018 «Биологически активные препараты для растениеводства. Научное обоснование – рекомендации – практические результаты». (2-6 июля 2018, Минск, Республика Беларусь); EGU General Assembly (апрель 2021, Австрия, Вена); Всероссийская научная конференция с международным участием XI Галкинские чтения (апрель 2021, Санкт-Петербург); Межрегиональная конференция XIV Перфильевские научные чтения «Растительный покров Европейского Севера и Арктики», которые посвящены 140-летию со дня рождения Ивана Александровича Перфильева (март 2022, Архангельск).

Разработана методика измерений группового химического состава торфа гравиметрическим методом № 88-16365-009-2017 / Селянина С. Б., Пономарева Т. И., Орлов А. С., Ярыгина О. Н., Труфанова М. В. Свидетельство об аттестации выдано 06.12.2017.

Часть диссертационного исследования выполнена в рамках темы ФНИР лаборатории болотных экосистем №АААА-А18-118012390224-1 и при поддержке РФФИ (Грант № 17-45-298602 р_а и № 18-05-60151 «Арктика»).

По теме диссертации опубликовано 14 научных работ, в том числе в журналах из списка ВАК – 3 публикации; в изданиях, рецензируемых в базах данных Web of Science и Scopus – 3 публикации; в других изданиях – 8 публикаций.

Личный вклад автора. Автором проведен обзор литературных источников; поставлена научная задача; разработана методика исследования; проведены подготовительные работы с ГИС-данными и материалами лесоустройства; подобраны места закладки и заложены пробные площади; проведены полевые работы на ненарушенных и осушаемых участках сосняков кустарничково-сфагновых; проведены биологические и физико-химические лабораторные исследования отобранных образцов растительного материала, образцов торфа; проведена

камеральная обработка полученных материалов; сформулированы выводы и предложения. Работа является результатом 6-летних (2016 – 2021 гг.) исследований автора.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 187 страницах машинописного текста и включает введение, 7 глав, заключение, практические рекомендации и список литературы (238 наименований, в том числе 22 на иностранных языках). Текст диссертации содержит 15 таблиц, 35 иллюстраций и 5 приложений.

Благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д. с.-х. наук, профессору Наквасиной Елене Николаевне, за всестороннюю помощь в выполнении диссертационного исследования и большое терпение. Заведующей лабораторией болотных экосистем, к.т.н. Селяниной С. Б. за моральную поддержку, научную, методическую и организационную помощь на протяжении всего периода исследований. Особую благодарность автор выражает к.б.н. Чураковой Е.Ю. за помощь в проведении геоботанических исследований и идентификации видов напочвенного покрова, и к.б.н. Забелиной С. А. за проведение совместных исследований по оценке микробиологической активности торфяных почв. Автор выражает благодарность к.х.н. Зубову И. Н., Орлову А. С., Ярыгиной О. Н., Штанг А. К. и к.б.н. Волкову А. Г. за помощь в сборе и обработке материалов по теме диссертационного исследования.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

В главе приведена информация об уровне заболоченности бореальных лесов Европейской части Российской Федерации и наиболее распространенных лесоболотных экосистемах данных территорий. Рассмотрен генезис заболачивания таежных лесов, в частности специфика болотообразовательных процессов после последнего оледенения и преобладающие пути их развития на современном этапе на территории Архангельской области. Приведен анализ факторов природной среды нативных заболоченных сосняков, развивающихся в условиях непроточного экологического ряда заболачивания в северной подзоне тайги – как наиболее характерных для Архангельской области лесоболотных комплексов. В частности, рассмотрены климатические особенности, гидрологический режим, особенности формирования фитоценоза, специфика структуры и свойств эдафотопы – торфяной залежи. Показано, что в таких условиях формируются преимущественно низкопродуктивные и низкособитетные сосняки кустарничково-сфагновые. Отражена информация по истории лесосушения в целом по Российской Федерации и по Европейскому Северу. Отражена специфика современного состояния осушаемых земель, особенно с низким лесоводственным эффектом, и ведения хозяйственной деятельности на них. Приведена информация о влиянии лесосушения на условия олиготрофных лесоболотных комплексов.

2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальные данные были получены в 2016-2021 году. Этап оценки состояния сосняков кустарничково-сфагновых проводился на территории северной подзоны тайги и частично притундровых лесов в границах Архангельской области. При этом проводили полное геоботаническое описание пробных площадей по стандартной методике (Оценка и сохранение..., 2000), заложенных на олиготрофных лесоболотных комплексах, для оценки лесорастительных условий сосняков кустарничково-сфагновых, как осушаемых, так и

неосушаемых. На основании полученных данных были выбраны ключевые участки для детальных исследований.

Полевой этап работы на выбранных ключевых участках включал в себя: измерение параметров микроклимата (температуры и влажности воздуха, измерение температуры напочвенного покрова и торфяной залежи на различной глубине путем закладки логгеров) и измерение уровня болотных вод в гидрологических скважинах согласно (Наставление..., 1985); закладку пробных площадей в границах выбранных ключевых участков для исследования таксационных показателей древостоя в соответствии с (ОСТ 56-69-83); определение возраста и динамики радиального прироста в исследованных древостоях (Ваганов и др., 1996); изучение, оценку структуры и состава живого напочвенного покрова на трансектах по укрупненным показателям (Лавренко, Корчагина, 1964; Дылис, 1974; Работнов, 1983); отбор гербарных образцов мхов и высших растений с целью их идентификации в лабораторных условиях; заложение почвенного профиля для определения типа почв (Оценка и сохранение..., 2000), а также с целью отбора проб для лабораторных анализов согласно (ГОСТ 17644-1983); исследование физико-химических показателей торфяной залежи (рН и ОВП) *in situ* по методике указанной в (Орлов и др., 2017; Зубов и др., 2019).

В лабораторных условиях проведен анализ массива метеорологических данных ближайших метеостанций за 50-летний период (1971-2021 гг.); определена видовая принадлежность отобранных гербарных образцов (Флора Северо-востока..., 1974; Игнатов, Игнатова, 2004; Киселева и др., 2005; Маевский, 2014; Носкова, 2016); определена принадлежность видов к эколого-ценотическим группам по (Смирнов и др., 2006) и отношение видов к факторам трофности и влажности по (Загольнова, 2008); проведены исследования группового химического состава органического вещества согласно авторской методике (Методика измерений..., 2017) и агрохимических свойств отобранных образцов торфа согласно общепринятым методикам; проведен анализ микробиологической активности образцов торфа (Методы почвенной..., 1991) и оценен состав пигментного комплекса сфагновых мхов (Починок, 1976; Муравьева и др., 1987).

Статистическую обработку полученных данных проводили с привлечением методов описательной статистики, корреляционного, регрессионного и дисперсионного анализов (Дворецкий, 1971; Бондаренко, Жигунов, 2016).

Объём выполненных работ включает: анализ метеоданных с ближайших метеостанций (Архангельск и Холмогоры) за 50-летний период (1971-2021 гг.); полное геоботаническое описание 25 пробных площадей (400 м²); обустройство гидрологических скважин (12) с замером уровня болотных вод. Всего 144 замера; оценка динамики параметров микроклимата (температуры атмосферного воздуха, верхнего слоя торфяной залежи, количества осадков) – 12 пунктов наблюдения. Всего 144 замера; отбор и обработка кернов для уточнения возрастной структуры древостоя. Всего 105 кернов; описание живого напочвенного покрова заложенных трансектах – 1200 учетных площадок; определение структурных особенностей торфяных залежей – 3 разреза торфяной залежи. Всего 218 анализов; определение агрохимических, химических свойств торфа – 9 образцов. Всего 51 анализ; определение физико-химических свойств торфяной залежи *in situ* – 7 ключевых участков в течение вегетационного сезона 2019-2021. Всего 864 замера; определение микробиологической активности торфа – 9 образцов. Всего 36 анализов.

3 ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Природные условия района исследований

Природно-климатические условия Архангельской области очень разнообразны. Избыточное увлажнение и низкие среднегодовые температуры в совокупности особенностями рельефа и процессов почвообразования способствуют формированию обширных заболоченных территорий (как заболоченных лесов, так и открытых болот).

3.2 Объекты исследования

При обследовании олиготрофных лесоболотных комплексов (2016-2020 гг.) были заложены пробные площади (20) в сосняках кустарничково-сфагновых в подзоне северной тайги и притундровых лесов Архангельской области (в Холмогорском, Архангельском, Онежском, Лешуконском и Мезенском лесничествах), как на естественных участках (12), так и на осушаемых участках (8). Схематическое расположение объектов исследований приведено на рисунке 1.

В качестве ключевых участков диссертационного исследования были выбраны сосняки кустарничково-сфагновые V класса бонитета на мощных верховых болотных торфяных почвах, подстилаемых моренными, озерно-ледниковыми и флювиогляциальными отложениями среднего и легкого гранулометрического состава, расположенные в Исакогорском участковом лесничестве Архангельского лесничества.

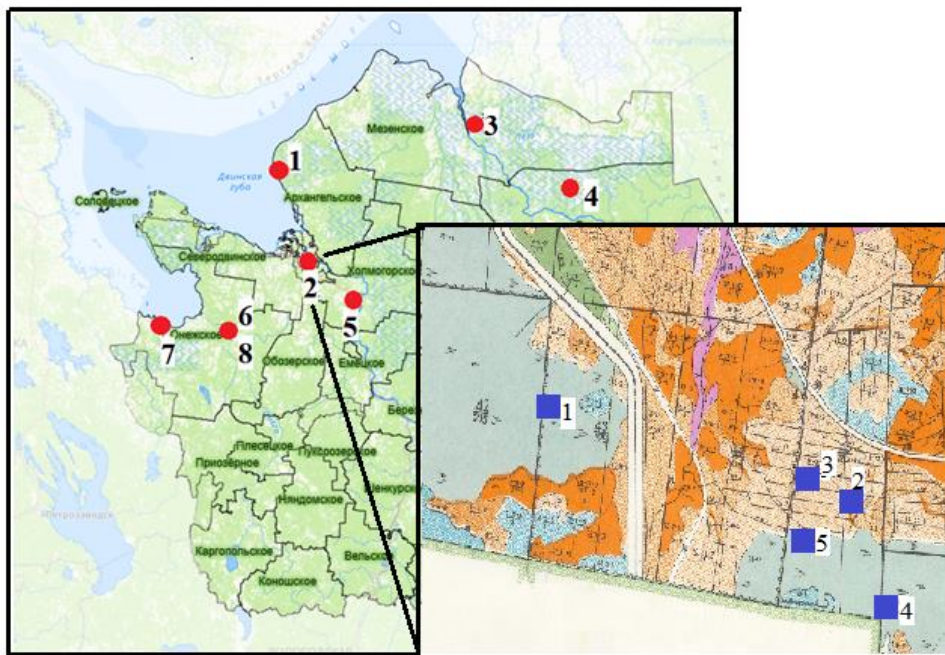


Рисунок 1 – Расположение объектов исследования

4 СОСТОЯНИЕ ОСУШАЕМЫХ СОСНЯКОВ КУСТАРНИЧКОВО-СФАГНОВЫХ СЕВЕРОТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

4.1 Древесный ярус

Изменение гидрологического режима участков в результате осушительных мероприятий оказывает влияние на древесный ярус сосняков кустарничково-сфагновых, однако это не приводит повышению класса бонитета на осушаемых участках. Наиболее значимым ответом (Таблица 1) на понижение уровня грунтовых вод является увеличение среднего диаметра

древостоя: на участках, осушенных 50 и более лет назад средний диаметр – 3,0-7,72 см, что на 18,3 % больше по сравнению с неосушаемыми. Высота древостоя на осушаемых участках на 53,0-63,2 % при выполнении нормы осушения, на 6,0-32,9 % при высоком уровне болотных вод выше, чем на неосушаемых участках.

4.2 Живой напочвенный покров

В процессе длительного (более 50 лет) осушения меняется структура нижних ярусов растительности осушаемых участков. Связь параметров живого напочвенного покрова с уровнем болотных вод значительная (Таблица 1). При уровне болотных вод, соответствующему норме осушения (Тараканов, 2004), фитоценозы развиваются в направлении прогрессивной сукцессии с некоторым увеличением видового разнообразия, усложнения структуры фитоценозов, формирования яруса кустарничков и постепенного улучшения условий произрастания. При недостаточном понижении уровня болотных вод через 50-80 лет наблюдается восстановительная сукцессия сосняков кустарничково-сфагновых в сторону исходных фитоценозов неосушаемых олиготрофных лесоболотных систем.

Таблица 1 – Теснота связи параметров древостоя, живого напочвенного покрова и торфяной залежи от уровня болотных вод в осушаемых и естественных сосняках кустарничково-сфагновых

Параметр	Коэффициент корреляции, r	Ошибка коэффициента корреляции, M_r	Показатель достоверности, t_r	Теснота связи*
Средняя высота древостоя, м	-0,436	$\pm 0,186$	2,347	умеренная
Средний диаметр древостоя, см	-0,605	$\pm 0,145$	4,160	значительная
Сомкнутость древостоя	-0,496	$\pm 0,173$	2,867	умеренная
Запас древостоя, м ³ /га	-0,420	$\pm 0,184$	2,281	умеренная
Количество видов ЖНП, шт.	-0,584	$\pm 0,151$	3,863	значительная
Общее ПП, %	0,648	$\pm 0,133$	4,869	значительная
ПП травяно-кустарничкового яруса, %	-0,685	$\pm 0,122$	5,625	значительная
ПП мохово-лишайникового яруса, %	-0,492	$\pm 0,174$	2,829	умеренная
Степень разложения, %	-0,504	$\pm 0,171$	2,945	значительная
Показатель pH (<i>in situ</i>)	-0,276	$\pm 0,212$	1,302	слабая
Мощность подстилки, см	0,372	$\pm 0,198$	1,882	умеренная
Мощность торфяной залежи, см	0,378	$\pm 0,197$	1,922	умеренная

Примечание: жирным выделена значительная связь

4.3 Торфяная залежь

Изменения свойств торфяных залежей исследованных сосняков кустарничково-сфагновых через 50-80 лет после проведения мелиоративных работ при отсутствии уходов за лесом и осушительной сетью минимальны. Наиболее тесная связь наблюдается между степенью разложения торфа верхнего слоя торфяной залежи и уровнем болотных вод ($r = -0,504$), что объясняется улучшением условий аэрации верхних слоев торфа на осушаемых участках. Наименьшая теснота связи наблюдается между уровнем болотных вод и активной кислотностью ($r = -0,276$).

Помимо общих тенденций изменения лесорастительных условий сосняков кустарничково-сфагновых под влиянием длительного осушения, прослеживается зависимость исследованных параметров компонентов экосистемы от качества осушения (Таблица 2). Таким

параметром считается норма осушения, которую для данной группы типов леса А. М. Тараканов (2004) определяет в 24-28 см.

Таблица 2 – Результаты однофакторного дисперсионного анализа ($\alpha = 0,05$) изменения показателей сосняков кустарничково-сфаговых от уровня болотных вод

Параметр	Сумма квадратов отклонений фактическая	Факторная дисперсия	Остаточная дисперсия	Критерий Фишера*, $F_{набл}$
Средняя высота древостоя, м	20,82	10,41	2,35	4,43
Средний диаметр древостоя, см	29,62	14,81	3,85	3,85
Сомкнутость древостоя	0,15	0,07	0,008	8,26
Количество видов ЖНП, шт.	28,93	14,47	1,98	7,30
Общее ПП, %	2000,18	1000,59	60,78	16,46
ПП травяно-кустарничкового яруса, %	3274,18	1637,09	72,07	22,73
ПП мохово-лишайникового яруса, %	4485,99	2242,99	263,05	8,53
Степень разложения, %	190,66	95,33	32,66	2,92
Показатель pH (<i>in situ</i>)	0,28	0,14	0,50	0,28
Мощность очеса/лесной подстилки, см	192,43	96,22	29,33	3,28
Мощность торфяной залежи, см	27451,38	13725,69	4284,45	3,20

Примечание: * $F_{крит} = 3,63$; жирным выделены достоверные значения параметра

Исследованные участки с вероятностью 95 % разделили на три группы: неосушаемые, эффективно осушаемые и неэффективно осушаемые, отличающиеся по параметрам древесного яруса, живого напочвенного покрова и торфяной залежи (Рисунок 2).

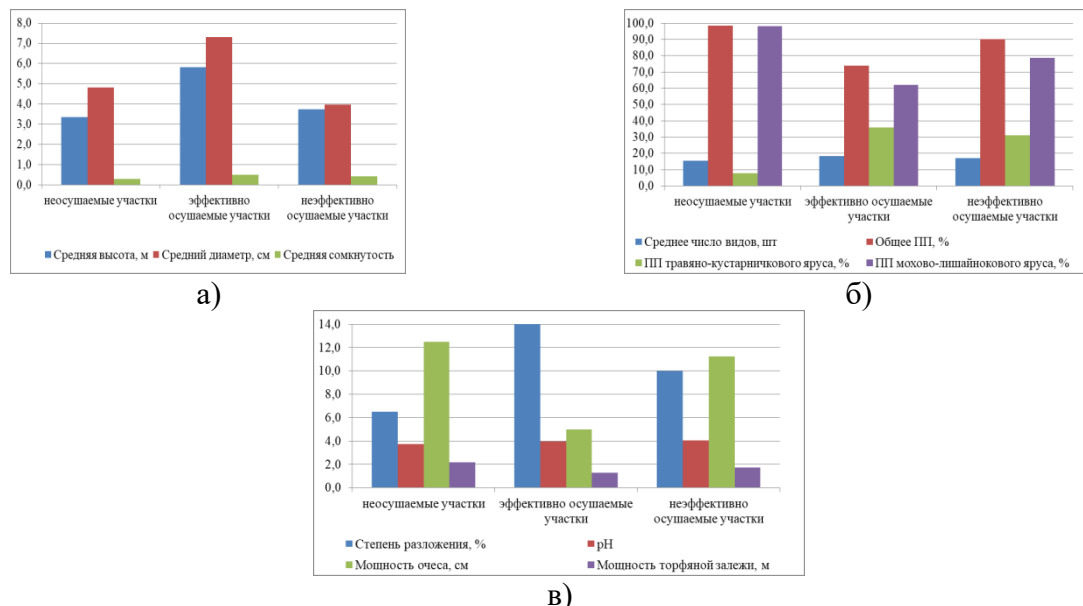


Рисунок 2 – Средние показатели исследованных параметров на изученных участках с различной эффективностью осушения: а – древесного яруса; б – живого напочвенного покрова; в – торфяной залежи

Было установлено, что при выполнении нормы осушения осушаемые участки развиваются в рамках прогрессивной сукцессии с постепенным улучшением лесорастительных условий, а при высоких уровнях болотных вод осушаемые участки развиваются в рамках восстановительной сукцессии, постепенно восстанавливая лесорастительные условия близкие к неосушаемым участкам.

Для раскрытия механизмов взаимодействия компонентов лесоболотных экосистем в процессе длительного осушения был проведен блок детальных исследований всех компонентов осушаемых сосняков кустарничково-сфагновых как в процессе эффективного, так и в результате неэффективного осушения, на ключевых участках.

5 ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА СОСНЯКОВ КУСТАРНИЧКОВО-СФАГНОВЫХ В ПРОЦЕССЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ОСУШЕНИЯ

На микроклимат лесоболотных экосистем важное влияние оказывают климатические условия региона. Температура и влажность воздуха на конкретном участке лесоболотной экосистемы тесно связана (коэффициент корреляции 0,71-0,99) с метеоусловиями, фиксируемыми на ближайших метеостанциях. Однако, через 50 лет проведения гидромелиорации на участках с эффективным осушением за счет разрастающегося древесного яруса формируется специфичный микроклимат и изменяются механизмы регулирования температурного режима, по сравнению с интактными участками.

В результате на эффективно осушаемых участках температура воздуха в диапазоне повышенных температур (выше 20 °С) ниже на 0,6-2,1 °С, по сравнению с неосушаемыми, а в диапазоне пониженных температур (ниже 20 °С) на 0,2-3,0 °С выше. На участках с неэффективным осушением наблюдается «парниковый» эффект, вызванный совокупным действием дискретно обводняющейся торфяной залежью (после обильных осадков) и функционированием древесного яруса. Данный эффект проявляется в повышенной температуре воздуха на 1,4-1,7 °С относительно неосушаемого участка в течение всего вегетационного сезона.

Температурный режим торфяных залежей исследованных участков повторяет динамику температуры воздуха только до глубины 10 см. В начале вегетационного сезона осушаемые торфяные залежи прогреваются лучше, в это время эффективное осушение обеспечивает прогрев верхнего слоя торфяной залежи на 1,5-4,5 °С выше по сравнению с неосушаемыми участками, а неэффективное на 5,5-10,0 °С. В середине вегетационного сезона температурный режим верхнего слоя эффективно осушаемой торфяной залежи и неосушаемой торфяной залежи уравниваются, а «парниковый» эффект на участках с неэффективным осушением приводит к превышению температуры верхнего слоя торфа на 1,4-3,3 %. Ход температур на больших глубинах торфяной залежи мало зависит от суточных колебаний температур и имеет вид плавной кривой с постепенным изменением температуры от 9,0-9,5 °С в начале вегетационного сезона до 13,0-13,5 °С в середине-конце августа и последующим постепенным плавным снижением температуры торфяной залежи до 7,0-7,5 °С в конце вегетационного сезона. На участках с эффективным осушением быстрый прогрев торфяной залежи в начале вегетационного сезона обеспечивает эффективный отвод талых вод, а на неэффективно осушаемых участках более сильный прогрев (на 2,5-3,0 °С выше по сравнению с остальными участками) обеспечивает дискретное обводнение.

6 ИЗМЕНЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА СОСНЯКОВ КУСТАРНИЧКОВО-СФАГНОВЫХ В ПРОЦЕССЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ОСУШЕНИЯ

6.1 Древесный ярус

Исследованные осушаемые сосняки кустарничково-сфагновые представляют собой средневозрастные насаждения (59-73 года), сформировавшиеся, преимущественно из последующего осушению возобновления.

В процессе лесоосушения на эффективно осушаемых участках увеличивается сомкнутость сосняков кустарничково-сфагновых до 0,6-0,7, в составе древостоя появляется береза (*Betula pubescens* Ehrh.), активно растущая вдоль осушителей. На неэффективно осушаемых участках сомкнутость ниже – 0,3-0,4. При эффективном осушении наблюдается увеличение радиального прироста сосны до 0,8-1,0 мм в течение 40 лет, тогда как на участках с неэффективным осушением прирост через 20 лет начинает снижаться и достигает показателя 0,1-0,2 мм, что соответствует приросту на неосушенных участках и говорит о развитии процессов ренатуризации (Рисунок 3).

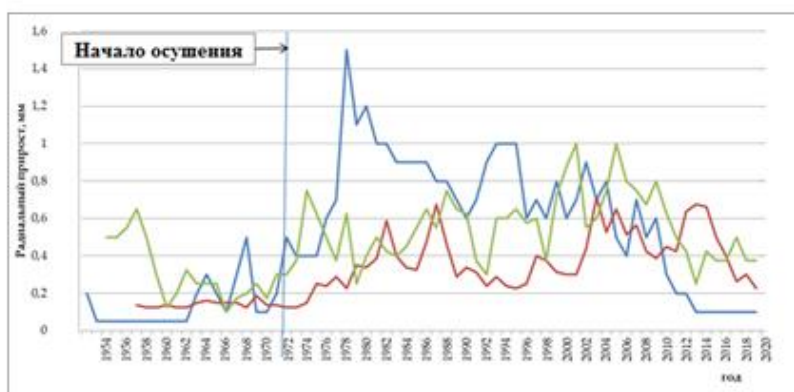


Рисунок 3 – Усредненная динамика абсолютного прироста модельных деревьев *Pinus sylvestris* L: — неосушаемый участок; — участок с эффективным осушением; — участок с неэффективным осушением

Снижение эффективности осушения приводит к замедлению роста древостоя сосняка кустарничково-сфагнового. Через 50 лет после осушения таксационные показатели участка с неэффективным осушением ниже, чем на участке с эффективным осушением: средняя высота на 40,5 %, а средний диаметр на 27,8 %. Это связано с угнетением корневой системы постоянно меняющимся уровнем болотных вод.

6.2 Живой напочвенный покров

Осушение не способствует резкому увеличению видового богатства – видовой состав фитоценозов включает 15-18 видов, как на неосушаемых, так и на осушаемых участках.

На участках с эффективным осушением повышается участие травяно-кустарничкового яруса с 2-6 % до 60-80 %. При этом на доминирующие позиции выходят кустарнички (*Vaccinium uliginosum* L и *Ledum palustre* L.), с коэффициентом участия 15-76 % и средним проективным покрытием 29,7-39,7 %. Сфагновые мхи снижают участие в структуре фитоценозов осушаемых участков до 10-55 %, по сравнению со 100 % на неосушаемых участках. Наибольшее участие сфагнумов в центре межканального пространства. В составе фитоценоза появляются лесные зеленые мхи и лишайники рода *Cladonia*. Пространственная структура мохово-лишайникового яруса становится дискретной (Рисунок 4). На участках с

неэффективным осушением процессы ренатурализации приводят к восстановлению сплошного мохово-лишайникового покрова (до 100 %), особенно в центре межканального пространства, и восстановлению доминирующих позиций сфагновых мхов в структуре фитоценоза.

Осушение оказывает влияние на эколого-ценотическую структуру нижних ярусов растительности. Доля олиготрофной (болотной) флоры в составе травяно-кустарничкового яруса снижается до 60-75 % по сравнению с нативными местообитаниями (90-100 %). Заметную роль начинают играть бореальные (лесные) виды (10-30 %), а также появляются луговые и лугово-опушечные виды (8-10 %). В мохово-лишайниковом ярусе осушаемых участков изменение гидрологического режима способствует выпадению из покрова типичных болотных видов сфагновых мхов и расселению лесоболотного *Sphagnum capillifolium* (Ehrh.) Hedw., увеличению участия лишайников рода *Cladonia*, а также появлению лесных видов зеленых мхов.

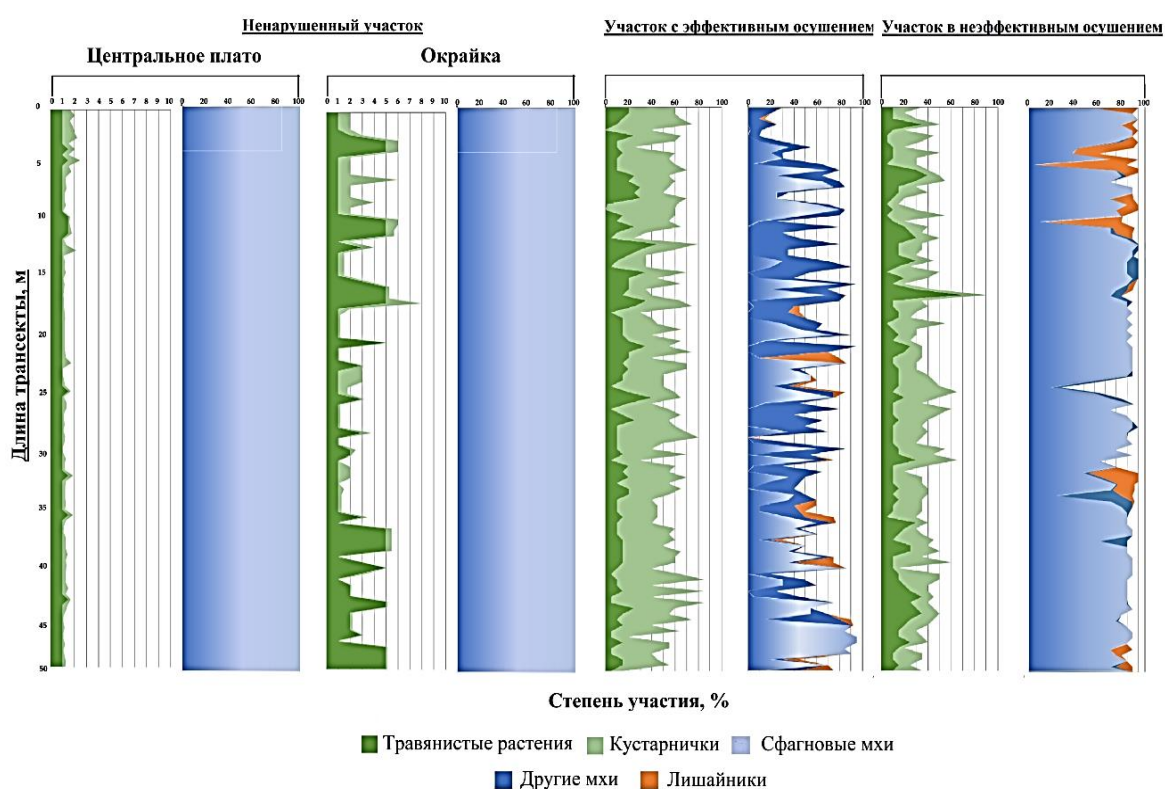


Рисунок 4 – Участие отдельных групп растительности в структуре фитоценоза исследованных ключевых участков

Осушение оказывает влияние на спектр экологических групп растений по отношению к фактору трофности и влажности. Более требовательные к трофности местообитаний олигомезотрофы и мезотрофы не занимают доминирующих позиций в структуре травяно-кустарничкового яруса осушаемых фитоценозов (15-30 % и 7-10 %, соответственно). В мохово-лишайниковом ярусе участие мезотрофов в спектре достигает 65 %. Процессы ренатурализации на участках с неэффективным осушением способствуют тому, что олиготрофные виды начинают восстанавливать доминирующие позиции: олиготрофов и мезотрофов в мохово-лишайниковом покрове становится поровну. В травяно-кустарничковом ярусе осушение приводит к снижению доли гигрофитов до 70-75 %. В составе фитоценозов появляются виды, относящиеся к мезофитам (8-10 %) и склерофитам (15-20 %). На участках с

неэффективным осушением доля склерофитов снижается до 8 %. В мохово-лишайниковом ярусе на осушаемых участках спектр представленных экологических групп также изменяется – доминируют мезофиты и ксерофиты (25-37 % и 37-50 %, соответственно), с заметным участием гигромезофитов (7-10 %). При этом гигрофиты и гидрогигрофиты из спектра экологических групп не выпадают.

7 ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ В ПРОЦЕССЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ОСУШЕНИЯ

7.1 Физико-химические свойства торфа

На мелиорированных участках выравнивание показателей ОВП и pH происходит на той же глубине, что и на ненарушенном участке. При эффективном осушении происходит изменение окислительно-восстановительного режима в верхнем аэрированном слое (Рисунок 5): ОВП и кислотность снижаются почти в 2 раза (до 130-150 мВ и pH 3,3-3,4, соответственно), что связано с трансформацией органического вещества и уплотнением структуры залежи. Процессы ренатурализации на участках с неэффективным осушением не приводят к полному восстановлению окислительно-восстановительных условий аэрированного слоя торфа до исходного состояния, для окислительно-восстановительного потенциала параметры восстанавливаются в среднем на 83,4 %, для кислотности – на 73,4 %.

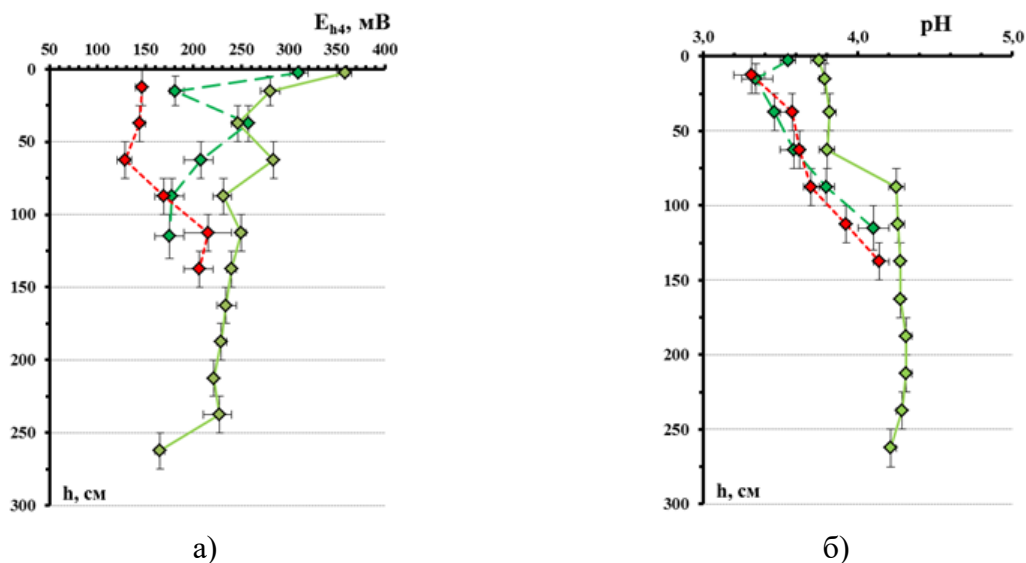


Рисунок 5 – Изменение физико-химических показателей ненарушенного и осушаемых участков торфяной залежи по глубине (*in situ*):

а – ОВП торфа; б – актуальная кислотность торфа;
 —◆— неосушаемый участок; —◆— эффективно осушаемый участок;
 —◆— неэффективно осушаемый участок

7.2 Агрохимические свойства торфа

Под влиянием длительного осушения отсутствуют явные изменения в полевой влажности, зольности, насыпной плотности и степени разложения торфа, что приводит к недоступности для растений имеющихся запасов биогенных элементов и поддерживает низкую агрохимическую ценность осушаемых олиготрофных торфяных почв.

В торфяных почвах через 50 лет после осушения содержание биогенных элементов остается достаточно низким (Таблица 3 фрагмент), хотя содержание доступных форм азота и

фосфора возрастает. По сравнению с неосушаемыми участками содержание аммиачного азота повышается почти в 5,5 раз, нитратного – в 100 раз, а доступных форм фосфора в верхнем корнеобитаемом слое – в 15 раз. Влияния осушения на содержание калия не выявлено.

Процессы ренатурализации при неэффективном осушении несколько снижают содержание доступных форм питательных элементов, но их количество все же остается более высоким, чем на неосушаемых участках: для аммиачного в 3,7 и нитратного азота в 150 раз, а фосфора в 5 раз в корнеобитаемом слое.

Таблица 3 – Агрохимические характеристики торфяной почвы на исследованных ключевых участках (фрагмент)

Показатели	Неосушаемый	С эффективным осушением		С неэффективным осушением	
		0-35	35-75	0-10	10-70
Глубина отбора образцов, см	5-80	0-35	35-75	0-10	10-70
pH _{водн.}	4,65±0,10	3,65±0,10	3,87±0,10	3,86±0,10	3,81±0,10
pH _{сол.}	3,25±0,10	2,62±0,10	2,76±0,10	2,75±0,10	2,68±0,10
Азот (NH ₄), мг/100г почвы	1,4±0,7	7,5±1,1	7,5±1,1	5,0±0,7	5,0±0,7
Азот (NO ₃), мг/100г почвы	менее 0,01	1,1±0,1	1,0±0,1	1,5±0,2	1,5±0,2
Фосфор (P ₂ O ₅), мг/100г почвы	менее 1	15,0±3,2	15,0±3,2	5,0±1,1	5,0±1,1
Калий (K ₂ O), мг/100г почвы	0,7±0,2	1,0±0,3	0,7±0,2	0,6±0,2	0,5±0,1
Гидролитическая кислотность, ммоль/100 г почвы	84,5 ±10,0	137,7 ±21,0	126,5 ±21,0	96,0 ±10,0	116,2 ±21,0
Поглощенный Са, %	0,03±0,01	0,04±0,01	0,04±0,01	0,03±0,01	0,02±0,01
Поглощенный Mg, %	0,03±0,01	0,03±0,01	0,04±0,01	0,03±0,01	0,06±0,01
Сумма обменных оснований, мг-экв/100 г почвы	36,43	105,66	104,98	115,01	113,79

Состав микробного комплекса и общая численность микроорганизмов в нативном и осушаемых торфяных залежах (толща 100 см) примерно одинакова. Минерализация органического вещества идет слабо в торфяных залежах вне зависимости от наличия осушения.

7.3 Фракционно-групповой состав органического вещества торфа

Осушение наиболее заметно сказывается на фракционно-групповом составе органического вещества торфа в верхнем слое (таблица 4 фрагмент), что связано с изменениями в составе и структуре фитоценоза.

В торфяных залежах осушаемых участков активно синтезируются и накапливаются липиды (в 1,9 раза на эффективно осушаемом участке и в 2,2 раза активнее на участке с неэффективным осушением), по сравнению с неосушаемыми участками. Доля геммицеллюлоз с увеличением глубины залежи снижается в 2 раза, по сравнению с участками, где торфяная залежь находится в обводненном состоянии.

Эффективное осушение приводит к смене характера гумусообразования в верхнем аэрируемом слое участка с фульватно-гуматного на гуматный, в связи с активизацией процессов трансформации органического вещества. При снижении эффективности осушения происходит возврат к фульватно-гуматному гумусообразованию в связи с торможением процессов трансформации органического вещества торфа.

Осушение оказывает влияние на содержание целлюлозы и лигнина в составе органического вещества торфа. Доля целлюлозы в торфе эффективно осушаемого участка по сравнению с неосушаемым участком снижается на 17,4 %, а на неэффективно осушаемом

участке на 39,0 %. Для лигноподобных соединений наблюдается обратная динамика: в верхнем слое эффективно осушаемого участка доля лигнина возрастает на 37,6 %, а на неэффективно осушаемом участке – на 65,9 %.

Таблица 4 – Фракционно-групповой состав органического вещества образцов торфа исследуемых участков (фрагмент)

Ключевой участок	Глубина отбора образца, см	Содержание, %						
		липидов	ПС и ПФ*	гуминовых кислот	фульвовых кислот	гемицеллюлоз	целлюлозы	лигнина
Неосушаемый	5-80	3,9 ±0,02	1,2 ±0,06	13,2 ±0,03	8,1 ±0,05	46,2 ±0,02	14,1 ±0,10	14,1 ±0,08
С эффективным осушением	0-35	4,3 ±0,05	1,3 ±0,10	12,2 ±0,15	4,9 ±0,05	47,3 ±0,02	11,6 ±0,10	19,7 ±0,54
	35-75	8,9 ±0,04	1,7 ±0,08	24,3 ±0,15	3,5 ±0,05	31,6 ±0,14	6,3 ±0,10	25,3 ±0,02
С неэффективным осушением	0-10	5,3 ±0,05	1,6 ±0,02	13,2 ±0,38	8,3 ±0,05	40,9 ±0,15	8,9 ±0,10	23,4 ±0,09
	10-70	6,3 ±0,05	1,1 ±0,07	14,7 ±0,17	6,6 ±0,05	42,9 ±0,05	11,2 ±0,10	18,2 ±0,30

Примечание: *водорастворимые полисахариды и полифенолы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования по теме «Влияние лесосушения на лесорастительные условия сосняков кустарничково-сфагновых северотаежного района Архангельской области» впервые позволили комплексно изучить влияние процессов длительного осушения на лесорастительные условия сосняков кустарничково-сфагновых, как наиболее характерных лесоболотных комплексов северотаежной подзоны Архангельской области, а также выявить основные закономерности трансформации данных экосистем при развитии постмелиоративного сукцессионного процесса при отсутствии лесомелиоративных уходов как по прогрессивному типу (при эффективном заболачивании), так и по восстановительному типу (при неэффективном заболачивании). По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. На территории Архангельской области в северной подзоне тайги и близких к ним притундровых лесах во второй половине XX века проводились лесосушительные мероприятия в сосняках кустарничково-сфагновых. За прошедший период существования осушительных систем уходы за лесом и за осушительной сетью не проводились. В условиях Европейского Севера за 50-80 лет осушения в сосняках кустарничково-сфагновых выраженного лесоводственного эффекта не наблюдается: класс бонитета не меняется; увеличение прироста по диаметру наблюдается только при выполнении нормы осушения.

2. Постмелиоративные сукцессии в осушаемых сосняках кустарничково-сфагновой группы имеют разную направленность. При сохранении нормы осушения (средний уровень болотных вод на исследованных участках –32 см) развитие сукцессии идет по прогрессивному типу, что отражает эффективность осушения. При нарушении нормы осушения (средний уровень болотных вод на исследованных участках –16 см) развитие сукцессии идет по восстановительному типу, что отражает неэффективность осушения. На осушение наиболее

быстро и выраженно реагирует живой напочвенный покров – активным разрастанием травяно-кустарничкового яруса.

3. Климатические условия региона оказывают значимое влияние на микроклимат сосняков кустарничково-сфагновых (коэффициент корреляции 0,71-0,99), но специфика хода температур воздуха (на высоте 2 м) и верхних слоев торфяной залежи определяется совокупным влиянием древесного полога и гидрологических условий. На эффективно осушаемых участках в диапазоне температур ниже 20 °С температура воздуха на 0,2-3,0 °С, а верхних необводненных слоев торфяной залежи на 1,5-4,5 °С выше, чем на неосушаемых участках; в диапазоне температур выше 20 °С – температура воздуха ниже на 0,6-2,1 °С, чем на неосушаемых участках, а торфяная залежь прогревается аналогично неосушаемым участкам. На неэффективно осушаемых участках температура воздуха и верхних слоев торфяной залежи выше на 1,4-1,7 °С и 5,5-10,0 °С, соответственно, по сравнению с неосушаемыми участками в течение всего вегетационного сезона.

4. Торфяная залежь эффективно осушаемых участков достигает максимума прогрева на 10-14 дней раньше по сравнению с неосушаемыми участками; на неэффективно осушаемых участках тенденции соответствуют неосушаемым участкам, но температуры максимального прогрева на 2,5-3,0 °С выше, чем на осушаемых. Ход температур торфяной залежи ниже 40 см не зависит от суточных колебаний температуры воздуха и составляет 7-14 °С.

5. Осушаемые сосняки кустарничково-сфагновые представлены средневозрастными насаждениями (59-73 года), сформированными преимущественно из последующего осушению возобновления. На эффективно осушаемых участках поселяется береза (до 3 единиц в составе). Сомкнутость на эффективно осушаемых участках составляет 0,6-0,7, на неэффективно осушаемых – 0,3-0,4. Различия по высоте и диаметру на участках с эффективным и неэффективным осушением составляет 40,5 % и 27,8 %, соответственно. При отсутствии ухода снижение радиального прироста начинается уже через 20 лет. Процессы лесовозобновления на осушаемых участках спустя 20-25 лет начинают влиять на сукцессионное развитие напочвенного покрова.

6. Осушение в целом не изменяет видового богатства живого напочвенного покрова (15-18 видов). На участках с эффективным осушением участие травяно-кустарничкового яруса в составе фитоценоза увеличивается (до 60-80 %), среднее проективное покрытие возрастает до 30-55 %. Встречаемость сфагновых мхов снижается в 2 раза, кроме того, происходит смена видового состава сфагновых мхов на более экологически пластичный *Sphagnum capillifolium* (Ehrh.) Hedw. Пространственная структура фитоценозов эффективно осушаемых участков становится гетерогенной; появляются лесные зеленые мхи; лишайники. На участках с неэффективным осушением пространственная структура травяно-кустарничкового яруса близка к эффективно осушаемым участкам; в мохово-лишайниковом ярусе наблюдается выход на доминирующие позиции лесоболотного *Sphagnum capillifolium* (Ehrh.) Hedw. и снижение участия зеленых мхов и лишайников в составе фитоценоза, особенно в межканальном пространстве.

7. Эколого-ценотическая структура живого напочвенного покрова на осушаемых участках отличается от неосушаемых. Снижается (до 30-75 %) доля типичной болотной флоры, за счет увеличения доли лесных видов; появляются лесоболотные (в частности *Sphagnum capillifolium* (Ehrh.) Hedw.) и лугово-опушечные виды (в частности *Deschampsia cespitosa* (L.) P.Beauv.). В составе ценофлоры травяно-кустарничкового яруса доминируют олиготрофы, а олиго-мезотрофы и мезотрофы составляют 15-30 % и 7-10 %, соответственно. В мохово-лишайниковом ярусе доля мезотрофов при эффективном осушении достигает 60 %, а при

неэффективном снижается до 50 %. Осушение приводит к снижению доли гигрофитов в травяно-кустарничковом ярусе (до 70-75 %). В мохово-лишайниковом ярусе гигрофиты из спектра групп не выпадают, но увеличивается доля мезофитов и ксерофитов (25-37 % и 37-50 %, соответственно).

8. Изменения в ценофлоре и гидротермическом режиме осушаемых участков приводят к изменению состава и свойств верхних аэрированных слоев торфяной залежи. При эффективном осушении окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) снижается в 2 раза (до 130-150 мВ), кислотность повышается до 3,3-3,4 единиц рН. При неэффективном осушении идет восстановление ОВП и кислотности на 83 % и 73 % соответственно, по сравнению с неосушаемыми участками. Значительных изменений полевой влажности, зольности, насыпной плотности и степени разложения торфа не наблюдается. Состав микробного комплекса и общая численность микроорганизмов практически не изменяются. Содержание биогенных элементов остается достаточно низким, хотя в верхнем корнеобитаемом слое в разы повышается количество аммиачного и нитратного азота и доступных форм фосфора, по сравнению с неосушаемыми участками, наиболее заметное при эффективном осушении. Разложение сдерживается понижением количества бактерий-аммонификаторов (в 30-400 раз) и отсутствием грибной флоры.

9. Фракционно-групповой состав органического вещества в верхнем слое осушаемых северотаежных сосняков кустарничково-сфагновых изменяется под влиянием состава и структуры фитоценоза. В торфе в 2 раза увеличивается содержание липидов по сравнению с неосушаемыми участками. На эффективно осушаемых участках с увеличением глубины залежи заметно снижается содержание гемицеллюлоз. При этом эффективное осушение меняет характер гумусообразования на гуматный, при неэффективном осушении сохраняется присущий неосушаемым участкам фульватно-гуматный тип гумусообразования. При эффективном осушении доля целлюлозы снижается на 17 %, а доля лигнина возрастает на 38 %; при неэффективном осушении на 39 и 66 % соответственно.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Полученные результаты показали, что выраженного лесоводственного эффекта в сосняках кустарничковых северной тайги можно добиться поддержанием нормы осушения, путем обеспечения эффективной работы осушительной сети. При обустройстве осушительной сети на мощных торфах рекомендуется прокладка осушительных каналов с заглублением в минеральный грунт и устройство обводного канала, отсекающего сток с обводненных открытых частей олиготрофных болот. После осушения обязательно проводить уходы за мелиоративной сетью, не позволяя каналам зарастать сфагновыми мхами. Для поддержания эффективной работы осушительной сети (например, при обеспечении отвода избыточных вод от дорожного полотна) рекомендуется проводить уходы не позднее, чем через 20 лет. Нарушение работы осушительной сети приводит к развитию восстановительных сукцессионных процессов.

В настоящее время в осушаемых сосняках кустарничково-сфагновых не актуально проведение лесоводственных рубок ухода. Возможно проведение содействия естественному возобновлению путем удаления живого напочвенного покрова: на эффективно осушаемых – кустарничкового, на неэффективно осушаемых – сфагнового.

Участки осушаемых сосняков кустарничково-сфагновых могут быть рекомендованы для передачи арендаторам, ориентированным на побочное пользование лесами (агрофорест-предприятия).

Данные по трансформации структуры и состава нижних ярусов растительности могут быть использованы: для экологических природоохранных подходов к выделению ключевых биотопов при совершенствовании методических рекомендаций по отводу и разработке лесосек с учетом требований по сохранению биоразнообразия в рамках добровольной лесной сертификации по схеме Лесного попечительского совета.

Полученные результаты будут полезны: при учете вклада осушаемых и нативных объектов в глобальный углеродный цикл, при прогнозировании влияния климатических изменений, в первую очередь связанных с изменением гидротермического режима и трансформации торфяных залежей, а также при стоимостной оценке экосистемных услуг.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

Публикации в изданиях из перечня ВАК:

1. **Пономарева Т.И., Штанг А.К., Ярыгина О.Н., Селянина С.Б.** Трансформация микроклимата и гидрологических условий осушаемых сосняков кустарничково-сфагновых северотаежной подзоны Архангельской области // *Успехи современного естествознания*. – 2021. – 12(1). – С. 56-63.

2. Селянина С.Б., Кокрятская Н.М., **Пономарева Т.И.**, Ярыгина О.Н., Труфанова М.В. К вопросу о влиянии геоклиматических условий на состав и перенос органического вещества водно-болотных экосистем // *Успехи современного естествознания*. – 2016. – № 11(2). – С. 396-400.

3. Селянина С.Б., Татаринцева В.Г., Зубов И.Н., Кутакова Н.А., **Пономарева Т.И.** Пигментный состав *Sphagnum Fuscum* заболоченных территорий в условиях техногенного воздействия // *ИВУЗ. Лесной журнал*. – 2020. – Вып. 6. – С. 120-131.

Публикации в изданиях, входящих в базы данных Web of science, Scopus:

4. Selyanina S.B., **Ponomareva T.I.**, Mikhailova G.V., Churakova E.Y., Zubov I.N., Yarygina O.N. Transformation of arctic ecosystems under impact of open-pit extraction of mineral resources // В сборнике: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. «III International Scientific and Technical Conference Materials, Technology and Equipment for the Development of the Arctic and Siberia». – 2019. – P. 012003.

5. Parfenova L.N., Selyanina S.B., Trufanova M.V., Bogolitsyn K.G., Orlov A.S., Volkova N.N., **Ponomareva T.I.**, Sokolova T.V. Influence of climatic and hydrological factors on structure and composition of peat from northern wetland territories with low anthropogenic impact // *The Science of the Total Environment*. – 2016. – Vol. 551-552. – P. 108-115.

6. **Ponomareva T.**; Selyanina S.; Shtang A.; Zubov I.; Yarygina O. Transformation of an Oligotrophic Sphagnum Bog during the Process of Rewetting // *Land*. – 2021. – 10. – 670.

В других изданиях:

7. Селянина С.Б., Труфанова М.В., Ярыгина О.Н., Орлов А.С., **Пономарева Т.И.**, Титова К.В., Зубов И.Н. Особенности биотрансформации органических веществ в условиях болотных экосистем севера (на примере Иласского болотного массива) // *Труды Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН*. – 2017. – № 79 (82). – С. 200-206.

8. Томсон А.Э., Орлов А.С., Селянина С.Б., Стригуцкий В.П., Соколова Т.В., Пехтерева В.С., Сосновская Н.Е., Труфанова М.В., **Пономарева Т.И.**, Ярыгина О.Н.,

Зубов И.Н. Сравнительный анализ органической части верхового торфа, сформированного в различных геоклиматических условиях // Природопользование. – 2018. – № 1. – С. 198-207.

9. Селянина С.Б., **Пономарева Т.И.**, Ярыгина О.Н., Орлов А.С. Особенности методологических подходов к анализу компонентного состава торфяных отложений болотных экосистем // В сборнике: Материалы конференции «IX Галкинские Чтения». – СПб.: БИН РАН – 2018. – С. 183-185.

10. Селянина С.Б., Зубов И.Н., Труфанова М.В., **Пономарева Т.И.**, Орлов А.С. Интеграция подходов при оценке состояния водно-болотных угодий. В сборнике: Материалы конференции «X Галкинские Чтения». – СПб.: БИН РАН. – 2019. – С. 172-174.

11. **Пономарева Т.И.**, Штанг А.К., Селянина С.Б., Зубов И.Н. Трансформация растительного покрова южноприбалтийского олиготрофного болота под влиянием длительного осушения // Материалы конференции «XI Галкинских Чтений». – СПб.: БИН РАН, 2021. – С. 110-111.

12. Татаринцева В.Г., Селянина С.Б., **Пономарева Т.И.**, Ярыгина О.Н. Влияние гидрологических условий на свойства торфяных залежей болот южноприбалтийского типа // Западно-Сибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее: Материалы VI Международного полевого симпозиума. – Томск : Издательство Томского университета. – 2021. – С. 142-143.

13. Штанг А.К., Татаринцева В.Г., Чуракова Е.Ю., Селянина С.Б., **Пономарева Т.И.** Особенности пигментного комплекса некоторых сфагновых мхов южноприбалтийских болот на примере Иласского болотного массива // Западно-Сибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее. Материалы VI международного полевого симпозиума. – Томск. – 2021. – С. 98-99.

14. Shtang A.K., Yarygina O.N., **Ponomareva T.I.** An assessment of the impact of the groundwater level decline during the open-pit extraction on the state of the subarctic wetlands // Geophysical Research Abstracts. – 2021. – С. 4358.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью организации, просьба присылать по адресу: 163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 17, ФГАОУ ВПО Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова, диссертационный совет Д 212.008.03. Тел. 8 (8182) 21-61-58, e-mail: o.tukavina@narfu.ru