

На правах рукописи



Овсянникова Наталья Валентиновна

**ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ЕЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ (PICEA ABIES (L.) KARST.)
В ЧЕРНИЧНОМ ТИПЕ ЛЕСА**

06.03.02 – лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация»

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Архангельск 2015

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Феклистов Павел Александрович

Официальные оппоненты: **Дружинин Фёдор Николаевич**
доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
ФГБОУ ВПО «Вологодская государственная
молочнохозяйственная академия имени
Н.В. Верещагина», профессор кафедры лесного
хозяйства

Торбик Дарья Николаевна
кандидат сельскохозяйственных наук, ФБУ
«Северный научно-исследовательский институт
лесного хозяйства», научный сотрудник
лаборатории таежных экосистем и
биоразнообразия

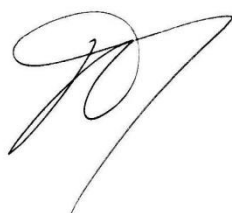
Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Петрозаводский
государственный университет»

Защита состоится 29 апреля 2015 г. в 13:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.008.03 на базе ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» по адресу: 163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17, главный корпус, ауд. 1220.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова». www.narfu.ru

Автореферат разослан «___» марта 2015 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Клевцов Денис Николаевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Исследование физиологических особенностей деревьев ели на Европейском Севере является важным аспектом при определении интенсивности физиологических процессов и степени активности защитных реакций. В.Н. Сукачев (1964) подчеркивал, что «знание эколого-физиологических свойств древесных растений является главнейшей основой лесоводства, т.к. от этих свойств зависит устойчивость лесов против неблагоприятных факторов, характер произрастания и взаимоотношений с другими породами и организмами в лесном сообществе».

Частью эколого-физиологических исследований является исследование водного режима древесных растений, температурного режима ствола дерева. Из литературы известно (Лир, 1974; Крамер, 1983), что водный режим растений связан с физиологическим состоянием. Распределение влаги в растущих деревьях представляет большой интерес для оценки их физиологического состояния и степени устойчивости к неблагоприятным факторам среды. Распределение влаги в стволе растущего дерева обуславливает интенсивность физиологических процессов и степень активности защитных реакций, играющих решающую роль в противодействии грибным инфекциям и нападению вредных насекомых. Особенности водообмена в древесных тканях во многом определяют рост и развитие деревьев, накопление их биомассы и, следовательно, продуктивность насаждений.

Температурный режим таких массивных образований, как древесные стволы весьма своеобразен. Результаты исследования теплового режима ствола дерева позволяют отслеживать динамику жизнеспособности деревьев и количественно оценивать происходящие под влиянием неблагоприятных факторов среды и антропогенных воздействий изменения в физиологическом состоянии лесных экосистем (Карасев, 2000). Изучение эколого-физиологических особенностей жизнедеятельности деревьев различного состояния позволит в более ранние сроки проводить научно обоснованные хозяйственные мероприятия по улучшению состояния лесов и тем самым способствовать повышению их продуктивности, средостабилизирующей роли и других функций леса.

Цели и задачи исследования. Целью исследований является изучение физиологических свойств ели обыкновенной (*Picea abies* (L.) Karst.) в лесах чернично-зеленомошной группы и оценка экологического состояния исследуемых насаждений на территории Архангельской области в северной подзоне тайги. Для выполнения поставленной цели предусматривалось решение следующих задач:

- изучить показатели водного режима хвои (влажность хвои, водный дефицит хвои), показатели водного режима ствола дерева (влажность древесины, размер водопроводящей зоны);
- определить температурные показатели стволов деревьев различных категорий жизнеспособности;

- провести оценку санитарного состояния деревьев;
- определить содержание химических элементов в древесине.

Научная новизна. На территории Архангельской области в лесах проведен анализ распределения влаги по радиусу ствола (от сердцевины к камбию) ели обыкновенной. Получены данные по изменению параметров водопроницающей зоны, по водному и температурному режиму стволов деревьев ели обыкновенной. Установлена взаимосвязь между показателями водного режима и состоянием деревьев.

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные результаты могут быть использованы как теоретическая основа проведения ряда лесохозяйственных мероприятий. Кроме того, представленные материалы исследований могут быть использованы в учебном процессе в высших учебных заведениях при изучении курсов «Экология», «Физиология растений», а так же в научно-исследовательской работе.

Методология и методы исследования. Основу исследования составили труды отечественных и зарубежных ученых, занимающиеся теоретическими и практическими вопросами: водного режима растений, влажности древесины растущих деревьев, диагностики жизненного состояния деревьев, оценки степени изменения лесов, химического состава древесины. В процессе исследования применялись диалектический подход, методы статического анализа.

Положения, выносимые на защиту.

- взаимосвязь показателей водного режима хвой и влажности древесины с физиологическим состоянием деревьев;
- температура стволов деревьев является информативным показателем их экологического состояния;
- содержание минеральных веществ в древесине может служить как показатель для оценки состояния дерева;
- экологической особенностью пригородных лесов является отсутствие ельников с сильной и средней степенью повреждения.

Апробация работы. Основные положения диссертации представлены на международных конференциях «Modern problems and perspectives of rational forest use in market conditions: Symposium of Conference proceeded» (St. Petersburg, 2011), «Renewable Forest Resources: innovative development in forestry» (St. Petersburg, 2011), «ДЕНДРО-2012: перспективы применения древесно-кольцевой информации для целей охраны, воспроизводства и рационального использования древесной растительности» (Москва, 2012), на научной конференции преподавателей и аспирантов Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова (Архангельск, 2012).

Личный вклад автора. Автором выполнены: аналитический обзор вопроса, поставлены цели и задачи исследования, определены методики исследования, проведен сбор и обработка экспериментального материала, аналитическая и обобщающая части работы, сформулированы выводы.

Степень достоверности подтверждается большим по объему и разнообразию экспериментальным материалом, применением научно-обоснованных методик сбора данных, использованием современных методов обработки, анализа и оценки достоверности данных.

Публикации. По материалам исследований опубликовано 9 печатных работ, из них 3 работы в рецензируемых журналах из списка ВАК.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов, списка литературы и приложения. Список литературы включает 141 наименование, в том числе 10 на иностранных языках. Работа изложена на 149 страницах печатного текста, иллюстрирована 24 рисунками, содержит 19 таблиц и 4 приложения.

I. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Вопросом водного режима хвои занимались многие авторы (Новицкая, 1971; Абражко, 1983; Горышина, 1979; Веретенников, 1987; Бобкова, 1987; Жолкевич, 1989; Ладанова, 1992; Сенькина, 2001; Сенькина, 2002; Залялов, 2004; Прорежина, 2005). Систематическое изучение водного режима у хвойных пород в условиях Севера проводилось мало (Иванов, 1946; Дадыкин, 1952; Веретенников, 1968 и др.). Хвойные растения представляют особый интерес для таких исследований. Круглогодичное сохранение воды требует решения вопроса водообеспечения.

Температурный режим хвойных деревьев малоизученный вопрос. Температуру ствола и ее изменения, наряду с влиянием температур воздуха, представляет истинный температурный фон для физиологических процессов (Горышина, 1979, Карасев, 2001; Чернова, 2004). Результаты этих исследований нередко бывают противоречивыми (Пузырев, Соломатов, 1975; Радченко, 1967; Смирнов, 1979; Курбак, Аникеева, 1984; Грибов, 1986). Одной из причин расхождения теоретических расчетов с экспериментальными данными, вероятно, является неоднозначность определения скорости движения пасоки.

Исследованием вопроса влажности древесины посвящены работы М.Д. Данилова, 1968; А.В. Давыдова, 1969; А.А. Молчанова, 1971; Л.Н. Исаева, 1970; Ю.А. Израэль, 1983; А.В. Веретенникова, 1987; Н.Е. Судачковой и др., 1990; П.А. Феклистова и др., 1997; А.А. Колесниковой, 1998а; З.Я. Нагимова, 2000; О.Н. Тюкавиной, 2003. Длительное изучение влажности растущих деревьев различных хвойных пород не внесло в этот вопрос достаточной ясности. Многочисленные исследования влажности древесины характеризуются весьма разноречивыми результатами, что объясняется отсутствием единой методики и различными целевыми установками исследований.

Актуальным является вопрос по оценке состояния деревьев и насаждений. При визуальной оценке состояния деревьев по внешним морфологическим признакам, ошибка достигает 50% (Рутковский, Кишенков, 1980). Примером визуальной оценки является шкала, приведенная в «Правилах

санитарной безопасности в лесах» утвержденных Постановлением Правительства РФ от 29.06.2007 №413.

Температурный режим хвойных деревьев как способ диагностики физиологического состояния деревьев малоизученный вопрос. На данный момент существует потребность в современных способах диагностики физиологического состояния деревьев, позволяющего осуществить прогнозирование и оценку устойчивости лесных экосистем. Новое направление в получении информации о физиологическом состоянии и жизнеспособности древесных растений основано на оценке тепловых параметров и обусловлено наличием тесной связи между состоянием деревьев и температурой стволов.

II. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Район обследования расположен на северо-западе европейской части Российской Федерации, в северной части Архангельской области (Приморский район). Климат умеренно-континентальный, особенностью климата является частая смена воздушных масс различного происхождения. Особенно частую смену влекут за собой циклоны, поступающие преимущественно со стороны Атлантического океана (Агроклиматический справочник ..., 1961). Вегетационный период умеренно холодный. Продолжительность периода с температурой выше +5°C составляет около 137 дней. Период с температурами выше +10°C длится 93 дня. Самый холодный месяц – январь, самый тёплый – июль (Климат и ..., 1964; Климат Архангельска, 1982). Район обследований расположен в районе глеево-подзолистых и подзолисто-болотных суглинистых почв на морене (Агроклиматический справочник ..., 1961). Основными почвообразующими породами служат моренные суглинки, а также аллювиальные и морские пески и глины.

Согласно лесотаксационному районированию леса Архангельской области относятся к Северо-восточному району европейской части России северо-таёжному подрайону (Лесотаксационный справочник..., 1986). Леса региона представляют собой формации хвойных пород бореальной структуры (Бабич и др., 1999). Наибольшую площадь и запас среди хвойных пород имеют насаждения ели – 64,7%. Сосновые насаждения составляют 17,4% от покрытой лесом площади.

III. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ

Полевым работам предшествовало рекогносцировочное обследование территории. Подбор и закладка пробных площадей выполнялись с учётом требований ОСТ 56-69-83 и подробно описанных методик (Анучин, 2004; Сукачев, Зонн, 1961). Перечет деревьев главной породы производился методом непровешенной ходовой линии, разработанный П.Н. Тальманом (1964).

Типологическое описание пробных площадей производилось согласно методическим указаниям В.Н. Сукачёва и С.В. Зонна (1961). На каждой пробной площади отбирали по 15 учетных деревьев и проводили морфометрические измерения и подробное внешнее описание. Для определения среднего возраста древостоя возрастным буравом Пресслера брали керны на высоте шейки корня дерева (Корчагин, 1960).

На каждой площадке проводился пересчёт подроста по категориям крупности и состоянию (Мелехов, 2002). При описании подлеска определяли видовое название, количество и характер размещения на пробе. Представители напочвенного покрова определялись с использованием общепринятых пособий (Флора европейской части СССР, 1972, 1976, 1978, 1979). Описание ботанического состава напочвенного покрова выполняли с учетом рекомендаций Л.Г. Раменского (1937). Описание почвы производилось с учетом ОСТ 56-81-84.

Состояние деревьев оценивалось на основании действующих «Правил санитарной безопасности в лесах». Оценка состояния лесов устанавливалась по методике, разработанной Б.И. Ковалевым (Ковалев, 2000).

Измерения температуры ствола производились портативным цифровым мультиметром МУ 64 у деревьев различных категорий состояния. В стволе сверлили шурфы диаметром 5 мм. Электроды представляли собой стальные стержни, изолированные до поверхности контакта (4,5 мм) и соединенные с прибором посредством гибкого провода (Евсикова, 2008). Измерения температуры ткани проводились в солнечную и пасмурную погоду, у различных категорий состояния, выявленных на данной пробной площади, с целью установления взаимосвязи полученных показателей. Шурфы сверлились с северной стороны, на различной высоте: у шейки корня, на высоте 1, 1,5 и 2 метра.

Для выявления содержания химических элементов в сухой массе древесины деревьев ели были проведены исследования на 8 пробных площадях. На пробных площадях производился отбор образцов с модельных деревьев. С каждого модельного дерева с высоты 1,3 метра были взяты керны. Далее в камеральных условиях каждый образец был высушен до абсолютно сухого состояния в сушильном шкафу при температуре +105°C в течении суток. Для передачи образцов на анализ необходимо было измельчить корку, древесину заболони и ядра деревьев каждой категории состояния. Общее количество проб составило 36 штук. Работа по определению содержания минеральных элементов и тяжелых металлов выполнена на оборудовании ЦКП НО «Арктика» (САФУ) при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (Уникальный идентификатор работ RFMEFI59414X0004).

Для проведения измерений оводненности и водного дефицита хвои с каждого учетного дерева брали образцы хвои с боковых ветвей (ветвей отходящих от ствола). Ветви отбирались высотным секатором, таким образом, чтобы в образце оставалась хвоя текущего года и одно-, двух-, трех-, четырех-, пяти- и шестилетняя хвоя. Изучение водного режима проводилось с хвой

терминального и бокового побегов. Побеги для анализа отбирали в нижней части кроны. Материал для анализа брали в одни и те же часы суток (12 – 13 часов), в летний период. Водный дефицит хвои определяли по методу Штоккера (Лархер, 1978).

Влажность древесины определяли при использовании торсионных весов типа ВТ-500 с последующей сушкой в сушильном шкафу при температуре 105°C. Далее производился расчет относительной влажности древесины. Определяли влажность заболони и ядра, их средние показатели. Керны отбирались у шейки корня, предварительно определялся возраст дерева. При помощи бинокля МБС – 1 учитывались годовые кольца.

Всего за время проведения исследования было заложено 20 пробных площадей. Общей площадью 1,7 га. Диаметр измерен у 336 деревьев, высота у 336 деревьев. Распределение подроста по категориям крупности и состоянию обследовано на общей площади в 2050 м². В ходе исследований было сделано 900 замеров температуры древесины. Для определения влажности водного дефицита были взяты около 800 хвоинок текущего года и однолетней хвои с терминального побега и 800 хвоинок текущего года и однолетней хвои с бокового побега ели. А так же около 3600 штук хвои текущего года, одно-, двух-, трех-, четырех-, пяти- и шестилетней хвои. У 300 деревьев измерена влажность древесины. У 300 деревьев измерено их биологическое состояние и измерено содержание химических элементов. У 4000 деревьев была определена категории жизнеспособности.

Объектом изучения являлись различные возрастные состояния ели обыкновенной (*Picea abies* (L.) Karst.).

Исследования проводились в среднеполнотных, низкобонитетных (III, IV и V класс бонитета), разновозрастных ельниках черничных свежих.

IV. ВОДНЫЙ РЕЖИМ ХВОИ

В данной главе представлены результаты изучения влажности и водного дефицита хвои ели, а так же сезонные изменения данных показателей, изменение от возраста хвои и возраста дерева, связь водного режима с состоянием деревьев.

Анализ полученных данных показал, что в среднем влажность хвои текущего года составляет 67%, однолетней – 55%. В среднем водный дефицит хвои текущего года составляет 10%, однолетней – 12%, данный водный дефицит далек от сублетального.

При исследовании зависимости общего содержания воды в хвое, как текущего года, так и однолетней от температуры окружающего воздуха, выявлено увеличение влажности с увеличением температуры. В условиях северной тайги водный дефицит увеличивается с увеличением температуры воздуха. Увеличение водного дефицита с увеличением температуры воздуха возможно связано с высокой транспирацией.

Показатели оводненности и водного дефицита изменяются и по годам. Данные по характеристике влажности и водного дефицита хвои были получены в период интенсивного роста в июне-августе 2011-2012 г.г. Влажность, как хвои текущего года, так и однолетней хвои снижается на протяжении трех летних месяцев в 2012 г. Для периода исследования 2011 г. характерна обратная ситуация, наибольшие значения влажности хвои наблюдаются в конце вегетационного сезона. Наибольшие различия оводненности хвои в 2011 и 2012 годах отмечаются в начале вегетационного сезона и связаны с разностью температур воздуха. Водный дефицит хвои текущего года и однолетней хвои в период исследования 2012 г. характеризуется тенденцией снижения к концу вегетационного сезона. В период исследования 2011 г. не было выявлено четкой тенденции по изменению данного показателя в течение вегетационного сезона.

Оводненность хвои зависит от возраста хвои и колеблется от 60 % до 82,5% у хвои текущего года и от 50 до 61% у однолетней хвои. Водный дефицит во всех без исключения случаях у однолетней хвои больше, чем у хвои текущего года. Водный дефицит колебался от 8,2 до 12,7% у хвои текущего года и от 10,8 до 13,3% у однолетней хвои. Интересно, что такие стабильные показатели проявляются на разных пробных площадях, в разные сроки вегетационного периода и при различных погодных условиях, в частности, температуры воздуха. Наиболее существенные различия влажности хвои отмечаются именно между хвоей текущего года и перезимовавшей, различие составляет до 12% (рисунок 1). Снижение влажности хвои связано с тем, что по мере старения хвои прослеживается сопряженность изменений в структурной организации ассимиляционного аппарата с ее функциональными особенностями.

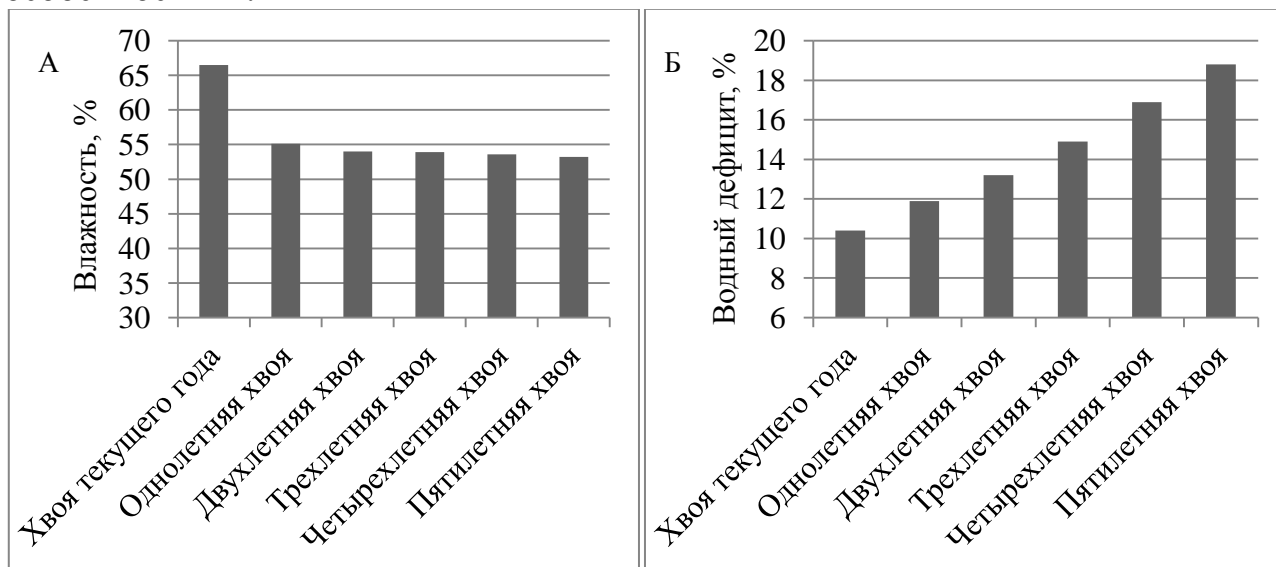


Рисунок 1 – Влажность (А) и водный дефицит (Б) в хвое разного возраста

Наибольшие различия между показателями водного дефицита, так же как и влажности хвои, наблюдаются между хвоей текущего года и перезимовавшей хвоей. Между двухлетней хвоей и хвоей последующих лет различия водного дефицита составляют 1-2%. Водный дефицит с возрастом хвои увеличивается,

что связано с увеличением в тканях количества связанной воды. Это определяется процессами водоснабжения, расхода и распределения влаги в деревьях, которые в свою очередь обусловлены как внутренними, так и внешними факторами.

Согласно исследованиям влажность хвои текущего года начинает увеличиваться при достижении деревом IV класса возраста. Начиная с 60- до 100-летнего возраста дерева она имеет небольшой тренд по увеличению в пределах 2%. Влажность хвои текущего года, взятой с деревьев старше 100 лет, неизменно уменьшается на 1,7%. Изменение влажности однолетней хвои у деревьев разного возраста происходит аналогично. Водный дефицит хвои текущего года уменьшается при достижении дерева 40-летнего возраста и продолжается в течение последующих 60 лет, но уменьшение это незначительное. При достижении деревом возраста 100 лет, происходит очень незначительное увеличение величины водного дефицита хвои ели на 1%. Изменение водного дефицита однолетней хвои происходит аналогично.

Для выяснения того как влияет разная степень ослабления на водный режим хвои мы исследовали здоровые, ослабленные, сильноослабленные и усыхающие деревья и сухостой текущего года. Более всего обводнена хвоя здоровых деревьев, это относится как к хвое текущего года, так и к хвое последующих лет жизни. У здоровых деревьев влажность хвои текущего года составляет 70%, а однолетней 56%. Наибольшие изменения влажности хвои наблюдаются между хвоей текущего года и 1-летней (до 26%). Далее с увеличением возраста хвои показатели обводненности стабилизируются и разница не превышает даже 1%. Для ослабленных, сильноослабленных и усыхающих деревьев разница в показателях влажности хвои наибольшая так же между хвоей текущего года и однолетней, но составляет около 12-13%. Для сухостойных деревьев текущего года показатели влажности являются наименьшими. Водный дефицит, наоборот, растет у усыхающих деревьев по сравнению со здоровыми деревьями. У здоровых деревьев водный дефицит хвои текущего года составляет около 10%, однолетней – 11,6%. У сильно ослабленных он выше на 1,5%. Показатели водного режима хвои могут быть использованы для оценки состояния деревьев.

V. ВЛАЖНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ

В главе рассмотрены вопросы влажности древесины стволов ели обыкновенной, влажности древесины разных по жизнеспособности деревьев, изменение влажности древесины у деревьев разной высоты и диаметра, размер водопроводящей зоны поперечного сечения дерева. Изучая влажность древесины ствола ели обыкновенной, было выделено три модели.

1 модель – максимальная влажность отмечена на отрезке 0-5 мм от камбия. Далее на протяжении 30 мм происходит постепенное снижение влажности на 45%. За 15-20 мм до центра ствола влажность поддерживается на относительно постоянном уровне, а затем уменьшается на 10%. Такой тип

распределения влажности по сечению ствола наблюдается у 13% древостоев IV класса возраста, для древостоев V класса возраста – 8%, для древостоев VI класса возраста – 2%, для древостоев VII класса возраста – 3%.

2 модель – максимальная влажность установлена на расстоянии 0-10 мм от камбия. Далее на протяжении 15 мм показатели влажности древесины почти не изменяются и находятся на постоянном уровне, разность не превышает 6%. После происходит резкое снижение влажности в центральной части древесины на 30%. Данная модель наиболее характерна для спелых древостоев ели.

3 модель характеризуется постоянным снижением содержания влаги в древесине. Эта модель характерна для более молодых древостоев. Такое распределение связано с тем, что у молодых деревьев древесина почти полностью задействована в передвижении воды.

Анализ изменения влажности в стволах растущих деревьев ели показывает существенные различия показателей периферийной и центральной части древесины. Средняя влажность периферийной части древесины у всех учетных деревьев составляет 83,4%, средняя влажность спелой части – 50,6%. Влажность периферийной части древесины выше влажности спелой части примерно в 2,0 – 2,5 раза.

Анализ влажности древесины показал зависимость от возраста дерева. Для учетных деревьев влажность заболони с увеличением возраста увеличивается (таблица 1). Связь влажности периферийной части поперечного сечения дерева с возрастом деревьев умеренная прямая достоверная ($r=0,48\pm 0,18$, $t=2,7$).

Таблица 1 – Влажность периферийной части древесины деревьев разных возрастов

Статистические показатели	Класс возраста				
	IV	V	VI	VII	VIII
Среднее значение, %	83,3	84,7	86,5	87,0	86,9
Основная ошибка	0,4	0,8	0,6	1,0	1,0
Среднее квадратичное отклонение, %	4,8	3,5	3,1	5,1	4,7
Коэффициент изменчивости, %	5,8	4,1	3,6	5,9	5,4
Достоверность среднего значения	208	105	144	87	86

Влажность спелой древесины в отличие от древесины периферийной части древесины уменьшается с возрастом. Связь влажности центральной части древесины с возрастом дерева значительная обратная достоверная ($r = 0,69\pm 0,11$, $t = 6,3$). В среднем влажность центральной части древесины у деревьев IV класса возраста составляет 59,7%, изменчивость показателя средняя; V – 58,6%, изменчивость показателя средняя; VI – 56,7%, изменчивость показателя средняя; VII – 51,6%, изменчивость показателя средняя; VIII – 51,5%, изменчивость показателя большая. Различия между средними показателями достоверно.

При оценке влажности древесины относительно категории состояния (жизнеспособности) деревьев, было выявлено снижение влажности с ухудшением состояния дерева. Наибольшие показатели влажности

наблюдаются у абсолютно здоровых деревьев без признаков ослабления (69,6%), показатели влажности у сильно ослабленных деревьев меньше на 5%, наименьшие показатели влажности отмечены у усыхающих деревьев (63,3%). Влажности древесины периферийной и сердцевинной зоны выше у деревьев без признаков ослабления и составляет в среднем 86,3 и 53,0%, соответственно.

Установлено, что влажность древесины изменяется в зависимости от диаметра исследуемых деревьев. Результаты исследования показали, что влажность периферийной части уменьшается с увеличением диаметра, что связано с увеличением зольности заболони деревьев старших возрастов. Влажность с 12 по 24 ступень толщины уменьшается на 40% (таблица 2). Однако и для центральной части древесины характерно изменение влажности относительно диаметра дерева.

Таблица 2 – Влажность периферийной части древесины деревьев разных возрастов (рассчитана от сухой массы)

Статистические показатели	Степень толщины						
	12	14	16	18	20	22	24
Среднее значение, %	117,7	116,2	108,3	90,5	70,7	65,2	61,6
Основная ошибка	1,6	1,3	1,6	1,1	1,4	1,3	1,3
Среднее квадратичное отклонение, %	4,3	5,1	4,4	4,0	3,9	5,4	4,2
Достоверность среднего значения	74	89	67	82	51	52	47

Результаты проведенных исследований указывают на наличие закономерности распределения влаги по высоте ствола дерева. График изменения влажности древесины по высоте ствола приведены на рисунке 2. С увеличением высоты ствола в изученном диапазоне влажность древесины равномерно убывает. Влажность древесины по высоте ствола уменьшается от комля к вершине в исследуемом диапазоне в среднем на 3%.



Рисунок 2 – Изменение влажности древесины по высоте ствола дерева в исследуемом диапазоне

В среднем площадь водопродводящей зоны поперечного сечения ствола составила 62 см². Отмечена тенденция увеличения площади водопродводящей зоны поперечного сечения ствола с увеличением возраста исследуемых деревьев. У деревьев, относящихся к IV возрастной группе площадь водопродводящей зоны равна 49 см², а у деревьев VIII группы – 85 см². Различия между средними показателями данных достоверны, в среднем $t=5,7$. Выявлена корреляционная зависимость между возрастом деревьев и площадью водопродводящей зоны деревьев. Связь между показателями высокая прямая достоверная ($r=0,74$ при $t=12,3$).

Рассматривая вопрос изменения доли водопродводящей зоны от общей площади поперечного сечения ствола на высоте 1,3 метра в зависимости от возраста дерева (рисунок 3) можно постановить, что с возрастом деревьев отмечается тенденция уменьшения доли водопродводящей части в поперечного сечения ствола. Самая высокая доля наблюдается у деревьев IV класса возраста (61-80 лет).

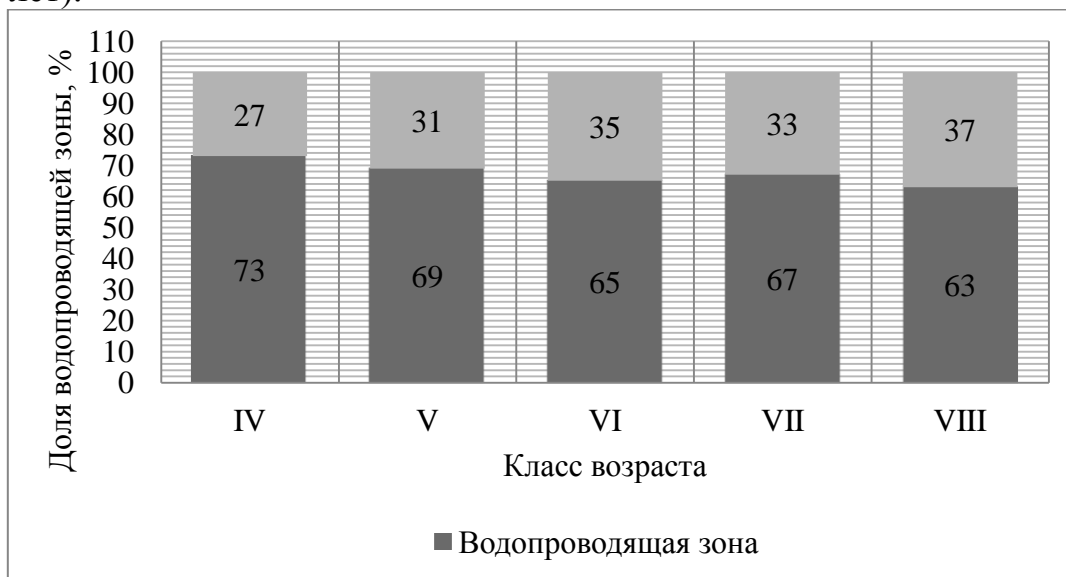


Рисунок 3 – Доля водопродводящей зоны поперечного сечения ствола деревьев разного класса возраста

VI. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДЕРЕВЬЕВ

Данная глава посвящена оценки состояния деревьев и насаждения в целом. В ней рассмотрен вопрос оценки состояния деревьев по внешним (морфологическим) признакам, по температурному режиму ствола дерева, по содержанию в древесине химических элементов, а так же установлены степени деградации насаждений.

Проведенная оценка по степени деградации лесов показала, что исследуемые насаждения характеризуется устойчивым положением лесных экосистем. Оценка деревьев ели по санитарному состоянию в насаждениях с отсутствием деградации показала, что у большинства деревьев отсутствуют признаки повреждения (38%), имеется небольшое количество ослабленных деревьев с признаками механических повреждений (2%).

Деревья, относящиеся к насаждениям со слабой степенью деградации, в большинстве своем имеют механические повреждения (31%), такие как облом ветвей, порезы на нижней части ствола, связанные в основном с человеческим фактором (31%). Присутствуют здоровые деревья в количестве 23%, а так же сильноослабленные деревья (1%), которые имеют механические повреждения и фитопатологические повреждения в виде пожелтения хвои.

Оценка деревьев на пробной площади со средней степенью деградации показала, что большая часть деревьев сильноослабленные (3,6%), присутствует примерно в равной доле усыхающие деревья (0,6%) и сухостой текущего года (0,5%). Количество ослабленных деревьев невелико (0,3%). Ослабление жизненного состояния деревьев происходит так же за счет уплотнения верхнего слоя почвы, в результате чего оголяются корни деревьев.

При оценке деревьев ели по санитарному состоянию массового размножения патогенов и насекомых-вредителей обнаружено не было. Общее санитарное состояние деревьев ели удовлетворительное.

При оценке состояния дерева по температуре ствола выявлена неоднородность температуры по высоте ствола и в течение вегетационного сезона (рисунок 4).

Температура ткани ствола здоровых деревьев у шейки корня ниже, чем на высоте 1, 1,5 и 2 метра, при передвижении по стволу она нагревается за счет температуры окружающего воздуха. В среднем вертикальный градиент температуры стволов составляет $1,61^{\circ}$ на каждый метр высоты (в изученном диапазоне).

Наибольшие различия наблюдались в середине и конце июля. Разница достигает от 1 до 3 градусов, а в среднем $2,15^{\circ}$. Показатели температуры воздуха наиболее близки к температуре ксилемы на высоте 2 метра, разница составляет менее 1°C . Показатели температуры тканей ствола наименьшие в июне месяце, так как температура влаги, поступающей из почвы, несмотря на высокие показатели температуры воздуха, еще незначительна.

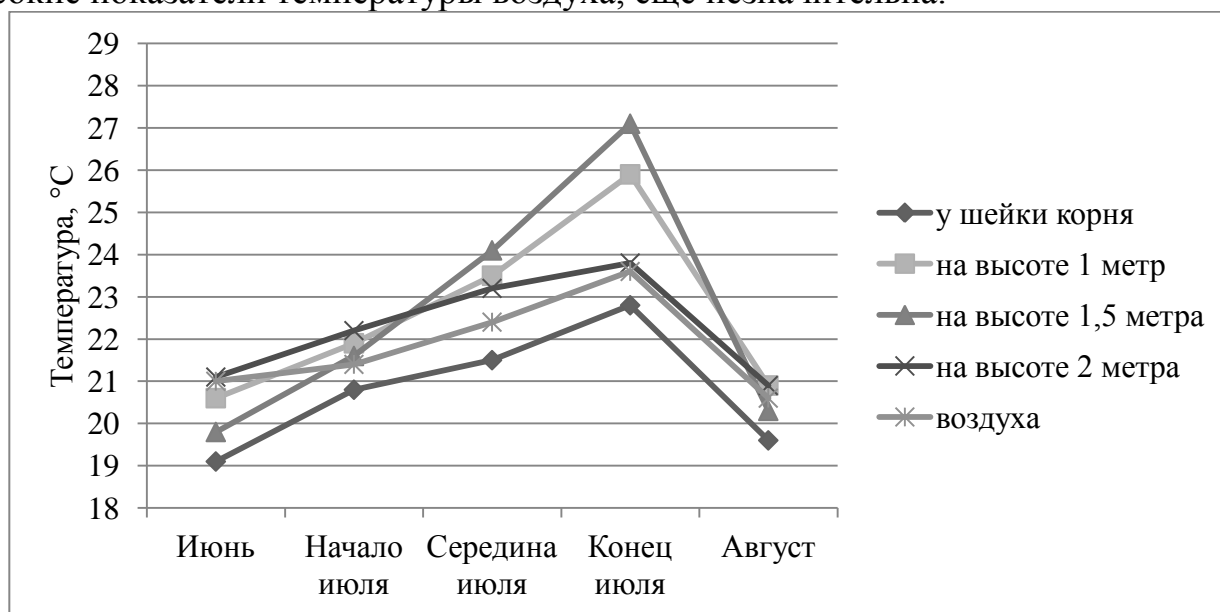


Рисунок 4 – Изменение температуры ксилемы стволов ели

Показатель температуры стволов может быть использован для диагностики состояния деревьев (рисунок 5). Чем больше угнетено дерево, тем выше его температура.

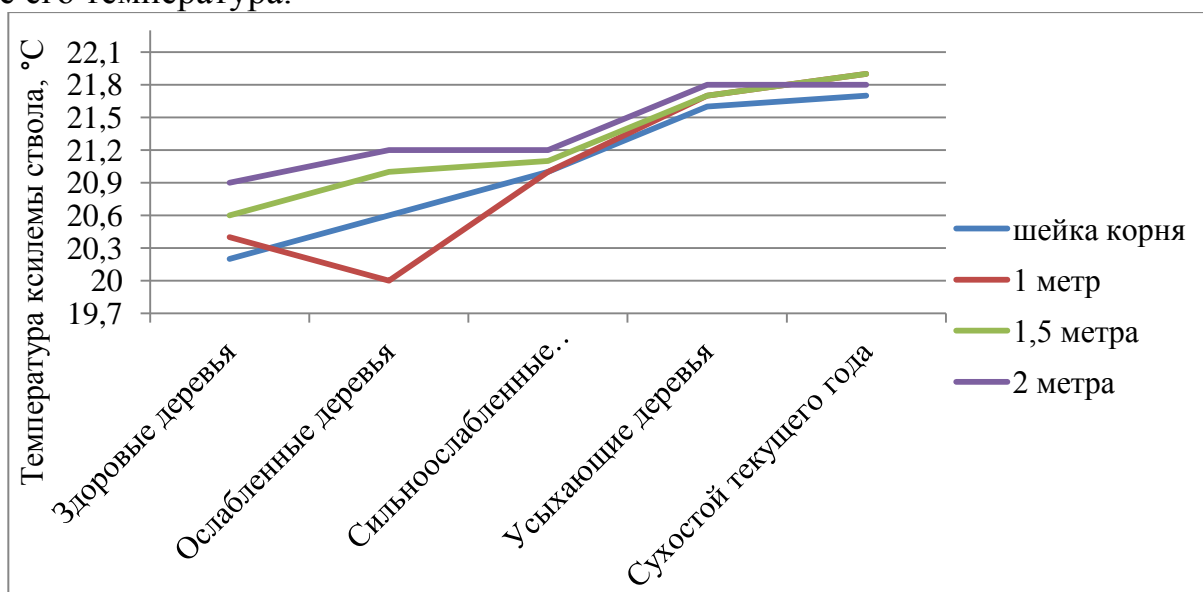


Рисунок 5 – Изменение температуры стволов ели на разной высоте при различных категориях состояния деревьев

Тенденция увеличения температуры древесины ствола по мере ослабления состояния дерева прослеживается четко. Разница достигает у здоровых и сухостойных деревьев 1–1,5°C. Самая высокая температура отмечена у сухостойных деревьев 21,9 и 21,8°C на высоте 1,5 и 2 метра, соответственно.

Наряду с изучением вопроса об оценке состояния деревьев по температурному режиму, было выявлено уменьшение температуры древесины с возрастом деревьев (таблица 3). Наибольшая температура стволов ели наблюдаются у деревьев IV класса возраста (приспевающие). Наименьшая – у деревьев VIII класса возраста (перестойные). Однако одновременно уменьшается и температура окружающего воздуха и неясно, влияет на это уменьшение температуры воздуха или возраст деревьев. Изменение температуры может быть связано как с возрастом деревьев, так и температурой воздуха.

При одинаковом притоке тепла извне динамика изменения температуры ствола отражает жизнеспособность дерева как целостной биологической системы. Для исключения влияния разной температуры воздуха была подсчитана относительная температура по замеряемым высотам. Температура ствола на высоте 2 метра совпадает с температурой окружающего воздуха для деревьев всех возрастов. Температура ствола у шейки корня примерно на 3% ниже температуры окружающего воздуха. Что подтверждает данные о том, что температура в области кроны ближе к температуре воздуха, а в области комля – к температуре почвы. Однако для спелых деревьев разницы в температуре на исследуемых высотах ствола и температуре окружающего воздуха не отмечено. Наиболее явные отличия в разнице температур ствола и температуре воздуха характерно для более молодых деревьев.

Таблица 3 – Температура ствола ели обыкновенной деревьев разного класса возраста

Класс возраста	Температура, °С				Температура воздуха, °С
	Относительная температура, %				
	у шейки корня	на высоте 1 метр	на высоте 1,5 метра	на высоте 2 метра	
IV (приспевающие)	<u>21,8</u> 97	<u>22,1</u> 98	<u>22,1</u> 98	<u>22,3</u> 100	22,4
V (спелые)	<u>21,5</u> 98	<u>21,7</u> 99	<u>21,7</u> 99	<u>21,8</u> 100	21,9
VI (спелые)	<u>20,6</u> 97	<u>20,8</u> 98	<u>21,0</u> 99	<u>21,2</u> 100	21,2
VII (перестойные)	<u>21,0</u> 96	<u>21,3</u> 98	<u>21,5</u> 99	<u>21,7</u> 100	21,7
VIII (перестойные)	<u>20,7</u> 100	<u>20,7</u> 100	<u>20,7</u> 100	<u>20,8</u> 100	20,7

Содержание химических элементов может являться критерием оценки состояния деревьев. Рассматривая содержание минеральных элементов в зависимости от категории жизнеспособности деревьев ели, следует отметить, что наибольшее содержание их отмечается у деревьев V категории (сухостой текущего года) (рисунок 6). Содержание химических элементов представляет собой следующую картину: содержание калия, серы, фосфора и магния незначительны (до 0,01%) и являются практически постоянными величинами для всех категорий жизнеспособности деревьев. Отмечено увеличение содержания таких тяжелых металлов как цинк, железо и медь по мере ухудшения состояния деревьев, но общие величины данных показателей являются фоновыми и не представляют угрозу для насаждений.

По результатам исследования следует отметить, что суммарное содержание минеральных элементов и тяжелых металлов в разных частях древесины отличается друг от друга (рисунок 7). Древесина периферийной части отличается по своему суммарному содержанию химических элементов от древесины центральной части (ядро) менее чем на 1%, наибольшее содержание отмечается в коре – 8,46%.

Изменение содержания в периферийной и центральной частях древесины ели таких минеральных элементов как калий, кальций является незначительным не более 0,01%. У остальных элементов: сера, фосфор, магний отмечаются незначительные изменения по древесине. Судя по данным содержание серы в периферийной и оклосердцевинной древесины почти не отличается, ее количество возрастает в коре. Рассматривая присутствие тяжелых металлов в древесине ели, следует отметить, что их содержится не более 0,01%. В целом периферийная часть древесины содержит меньшее количество минеральных элементов, чем центральная часть древесины. Наше исследование показало, что распределение содержания минеральных элементов и тяжелых металлов зависит от расположения их в поперечном сечении ствола

деревя: их содержание увеличивается по направлению от периферии заболони к сердцевине. Наибольшая концентрация минеральных элементов отмечена в коре.

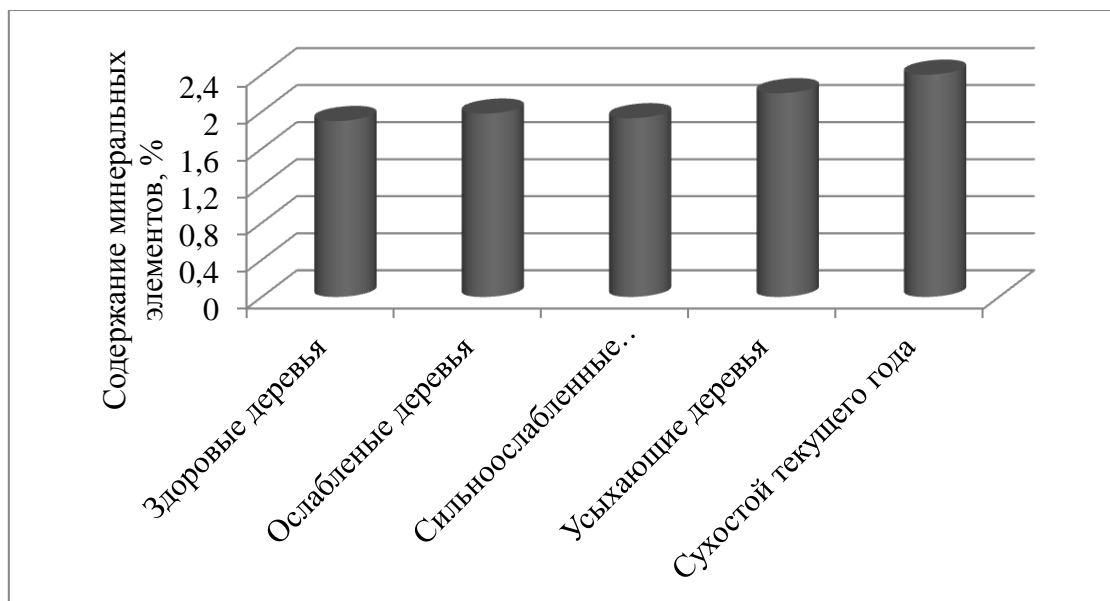


Рисунок 6 – Содержание минеральных элементов у деревьев различных категорий жизнеспособности

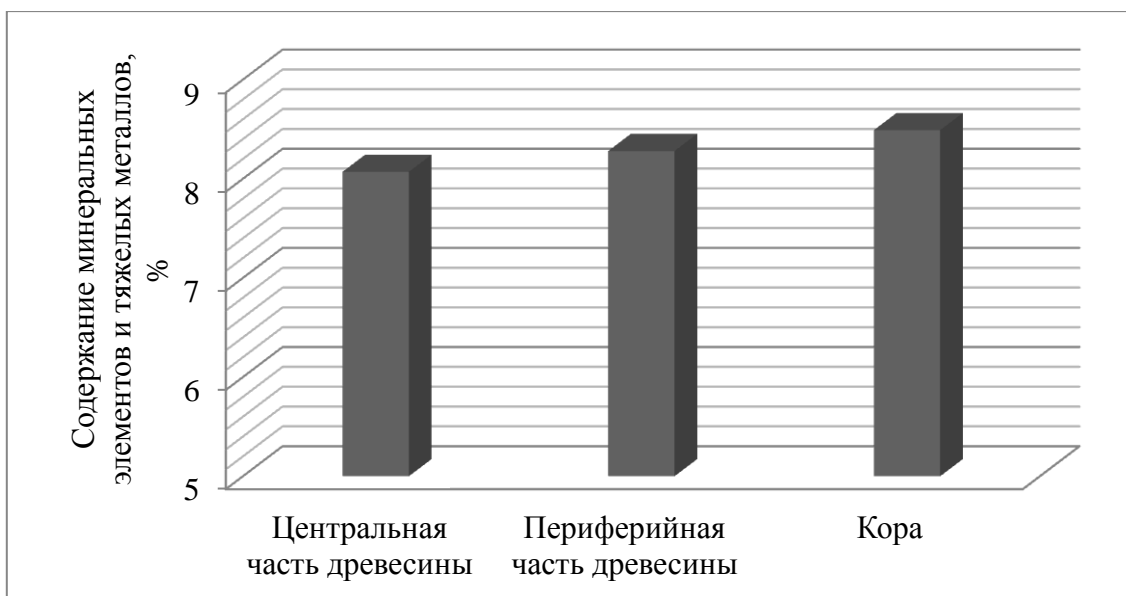


Рисунок 7 – Содержание минеральных элементов и тяжелых металлов в древесине ели

ВЫВОДЫ

1. Достигнута цель исследования, заключающаяся в изучении физиологических свойств ели обыкновенной в лесах чернично-зеленомошной группы, проведена оценка экологического состояния исследуемых насаждений на территории Архангельской области в северной подзоне тайги.

2. Изучен водный режим хвой. Установлено, что запас воды в хвое ели обыкновенной является достаточно стабильным, величина влажности хвой текущего года 65 – 69%, величина водного дефицита хвой текущего года составляет 10-13%.

3. С возрастом хвой влажность уменьшается от 67% для хвой текущего года до 53% у пятилетней хвой. Водный дефицит варьирует с учетом возраста хвой с 10 до 19%. Наибольшие различия между показателями водного дефицита и влажности хвой наблюдаются между хвоей текущего года и перезимовавшей хвоей. Между двухлетней хвоей и хвоей последующих лет различия водного дефицита составляют 1-2%.

4. Влажность хвой текущего года и однолетней хвой увеличивается до достижения деревом 100-летнего возраста, водный дефицит хвой текущего года и однолетней имеет тренд по уменьшению с 40- до 100-летнего возраста деревьев.

5. Выделены три модели распределения влажности древесины в поперечном сечении ствола.

6. Установлена закономерность изменения влажности древесины в стволе дерева. Влажность периферийной части примерно в 2,0-2,5 раза больше влажности центральной части (ядра).

7. Влажность древесины увеличивается по высоте ствола в среднем на 3% в изученном диапазоне, влажность периферийной части древесины от комля к вершине постепенно возрастает, древесина сердцевинной зоны ствола изменяется незначительно.

8. Площадь водопроводящей зоны поперечного сечения ствола составила в среднем 62 см². С возрастом дерева отмечено увеличение площади водопроводящей части ствола, в тоже время доля водопроводящей зоны в поперечном сечении ствола, наоборот, уменьшается.

9. Проведена оценка состояния насаждений по внешним морфологическим свойствам. Насаждения характеризуются устойчивым положением лесных экосистем, при котором их регуляторные механизмы способны восстановить первичное состояние.

10. Установлена закономерность изменения температуры стола дерева в течение вегетационного сезона: температура ствола ели обыкновенной с июня по август у корневой шейки ниже температуры ствола на высоте 2 метра в среднем на 2,15°С.

11. Температура ствола является показателем жизнеспособности дерева: наибольшие значения температуры ксилемы у усыхающих и сухостойных деревьев, наименьшие у здоровых деревьев.

12. Исследовано содержание химических элементов в древесине и коре дерева. Периферийная часть древесины содержит меньшее количество минеральных элементов по сравнению с центральной.

Список публикаций по теме диссертации

Статьи в рецензируемых журналах из списка, утвержденного ВАК:

1. **Овсянникова Н.В.** Влажность древесины ели в черничном типе леса / Н.В. Овсянникова, П.А. Феклистов, В.В. Худяков, С.В. Третьяков, М.Д. Мерзленко, Е.Д. Гельфанд // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2012. – № 2. – С.53-57.

2. **Овсянникова Н.В.** Показатели водного режима хвои ели в черничном типе леса / Н.В. Овсянникова, П.А. Феклистов, Н.В. Волкова, Б.А. Мочалов, В.И. Мелехов, И.И. Дроздов // Лесной Вестник. – Москва: МГУЛ. – 2012. – №3. – С.24-29.

3. **Овсянникова Н.В.** Температура древесины ели обыкновенной / Н.В. Овсянникова, П.А. Феклистов, Н.В. Волкова, В.И. Мелехов, А.М. Тараканов, М.Д. Мерзленко // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2013. – № 1. – С.38-42.

Прочие публикации:

4. **Овсянникова Н.В.** Водный режим хвои ели обыкновенной в зимний период / Н.В. Овсянникова, П.А. Феклистов // Экологические проблемы Арктики и северных территорий: Межвузовский сборник научных трудов. – Архангельск: изд-во САФУ. – 2011. – Вып.14. – С. 26-28.

5. **Овсянникова Н.В.** Оценка состояния деревьев в условиях рекреационного лесопользования в лесопарке «Ягры» / Н.В. Овсянникова, Н.В. Волкова // Современные проблемы и перспективы рационального лесопользования в условиях рынка: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых. – Санкт-Петербург: СПбГЛТУ. – 2011. – С. 97-100.

6. Волкова Н.В. Влияние рекреационной нагрузки на видовое разнообразие почвенного покрова в сосняках черничных / Н.В. Волкова, **Н.В. Овсянникова**, П.А. Феклистов // Экологические проблемы Арктики и северных территорий: Межвузовский сборник научных трудов. – Архангельск: изд-во САФУ. – 2012. – Вып.15. – С. 35-38.

7. **Овсянникова Н.В.** Температура стволов ели / Н.В. Овсянникова, П.А. Феклистов, Н.В. Волкова // Экологические проблемы Арктики и северных территорий: Межвузовский сборник научных трудов. – Архангельск: изд-во САФУ. – 2012. – Вып.15. – С. 28 -30.

8. **Овсянникова Н.В.** Температура стволов сосны и ели как фактор определения категории санитарного состояния деревьев ели / Н.В. Овсянникова, Н.В. Волкова, П.А. Феклистов // Возобновляемые лесные ресурсы: инновационное развитие в лесном хозяйстве: сборник материалов международной конференции. – Санкт-Петербург: СПбГЛТУ. – 2012. – С. 256-260.

9. **Овсянникова Н.В.** Температура стволов сосны и ели как фактор определения категории санитарного состояния деревьев ели / Н.В. Овсянникова, Н.В. Килюшева, П.А. Феклистов // ДЕНДРО-2012: перспективы применения древесно-кольцевой информации для целей охраны, воспроизводства и рационального использования древесной растительности: сборник материалов международной конференции. – Москва: ФБГОУ ВПО МГУЛ. – 2012. – С. 55-56.