

Артемьева Ирина Николаевна

**ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ,
ФИТОМАССА И ГОДИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ НИЖНИХ
ЯРУСОВ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В СЕВЕРОТАЕЖНЫХ
СОСНЯКАХ ЛИШАЙНИКОВЫХ ХМАО-ЮГРЫ**

**06.03.02 – Лесоведение, лесоводство,
лесоустройство и лесная таксация**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Екатеринбург – 2022

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Уральский государственный
лесотехнический университет»

Научный руководитель:	кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Шевелина Ирина Владимировна
Официальные оппоненты:	Ковязин Василий Федорович, доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный уни- верситет», кафедра инженерной геодезии, профессор; Кутявин Иван Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук», Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, отдел лесобиологиче- ских проблем Севера, научный сотрудник.
Ведущая организация:	ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяй- ственная академия имени Н.В. Верещагина».

Защита состоится «30» июня 2022 г. в 13⁰⁰ часов на заседании диссертаци-
онного совета Д 212.281.01 при ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесо-
технический университет» по адресу: 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт
37, ауд. 401.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО
«Уральский государственный лесотехнический университет» (www.usfeu.ru).

Автореферат разослан «___» мая 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
канд. с.-х. наук, доцент

Магасумова
Альфия Гаптрауфовна

Общая характеристика работы

Актуальность темы. На современном этапе важными критериями лесоправления признаются поддержание и улучшение климаторегулирующих свойств и биологического разнообразия лесных экосистем. Углерододепонирующая способность фитоценозов в условиях современных изменений климата становится важной экосистемной услугой по снижению их негативных последствий (Алексеев, 1994; Вараксин, 2008; Замолотчиков, 2008; и др.). Вклад лесов в компенсацию выбросов углекислого газа в атмосферу признан сегодня на международном уровне (Рамочная конвенция..., 1992; Киотский протокол..., 1997; Парижское соглашение..., 2015). Леса стали рассматриваться как биологическая преграда угрозам глобального изменения климата (Усольцев, 2001; Курбанов, 2002; Щепашенко, 2005). Планируется переход на климатически оптимизированное ведение лесного хозяйства (Леринк и др., 2020).

В специальной литературе отмечается, что для оценки и прогноза биосферной роли лесов, в частности, их углеродного бюджета, необходимы эмпирические данные о биологической продуктивности насаждений на локальном, региональном и глобальном уровнях. В этом отношении леса в России охвачены крайне неравномерно. Актуальными остаются региональные оценки фитомассы и годичной продукции насаждений, являющиеся эмпирической основой определения бюджета углерода в лесных экосистемах.

Результаты большинства исследований в этом направлении содержат сведения только о фитомассе древостоев. Однако в биопродукционном процессе активно участвуют и нижние яруса растительности – подрост, подлесок и живой напочвенный покров (ЖНП). Отсутствие информации о их фитомассе и годичной продукции не позволяет корректно оценить бюджет углерода в насаждениях. Известно, что нижние яруса растительности, в частности ЖНП, в некоторых экосистемах вносит существенный вклад в продуцирование растительной массы (Кошурникова и др., 2008; Усольцев, 2010; Загидуллина, 2021; и др.).

Исследования нижних ярусов растительности в лесах актуальны не только для определения бюджета углерода, но и во многих других аспектах: оценке биологического разнообразия, процессов обмена веществ и энергии, запасов лесных ягод и лекарственного сырья, кормовых ресурсов диких животных и т.д.

В северотаежных лишайниковых сосняках ХМАО-Югры фитомасса и годичная продукция нижних ярусов растительности изучены крайне недостаточно. Это обстоятельство определило актуальность и постановку цели настоящих исследований. Работы выполнены автором в 2008-2021 гг. в рамках научно-исследовательских тем кафедры лесной таксации и лесостроительства УГЛТУ.

Степень разработанности темы исследований. Исследования фитомассы насаждений в нашей стране и за рубежом выполнены в большом объеме. Результаты многих из них вошли в специальные сводки (Уткин, 1970; Стаканов и др., 1994; Усольцев, 2001). Однако большинство этих исследований содержат сведения только о продуктивности древостоев. Вопросы, связанные с оценкой продукционных процессов нижних ярусов растительности, нуждаются в дальнейшем изучении и обобщении. Выполненное исследование является продолжением работ по изучению фитомассы насаждений, начатых ранее в северотаежных лишайниковых сосняках ХМАО-Югры (Артемьева и др., 2008, Нагимов, 2011; Нагимов и др., 2012).

Цель и задачи исследований. Основная цель работы – оценка закономерностей формирования, запасов и годичной продукции фитомассы нижних ярусов растительности в северотаежных лишайниковых сосняках ХМАО-Югры.

Поставленная цель достигалась решением следующих задач:

1. Изучение видового состава и особенностей пространственного распределения характеристик ЖНП.
2. Оценка закономерностей формирования, запасов и годичной продукции фитомассы ЖНП.
3. Определение характеристик и особенностей распределения по площади растений лесовозобновления (всходов и подроста).
4. Оценка запасов и годичной продукции фитомассы растений лесовозобновления.
5. Стыковка данных по фитомассе нижних ярусов растительности с таблицами надземной фитомассы древостоев исследуемого типа леса.
6. Определение вклада отдельных ярусов растительности в формировании общей фитомассы и ее годичной продукции в лишайниковых сосняках.
7. Разработка нормативов для оценки запасов и годичной продукции фитомассы нижних ярусов растительности.

Научная новизна. Для северотаежных лишайниковых сосняков получены данные о пространственной структуре ЖНП и подроста, необходимые для совершенствования методик по оценке их количественных показателей и фитомассы. Выявлены факторы, оказывающие наибольшее влияние на формирование фитомассы и годичной продукции нижних ярусов растительности. Новыми и существенными результатами исследований являются полученные данные о запасах фитомассы и годичной продукции ЖНП и растений возобновления в зависимости от полноты и длительности периода беспожарного развития древостоев. Выявлена роль отдельных растительных компонентов в формировании запасов и годичной продукции фитомассы насаждений. Разработаны уравнения и таблицы для оценки фитомассы и годичной продукции нижних ярусов растительности. Составлена таблица биологической продуктивности лишайниковых сосняков.

Теоретическая и практическая значимость работы. Результаты исследований могут быть использованы в качестве теоретической, методической и экспериментальной основы при оценке фитомассы и годичной продукции нижних ярусов растительности и составлении лесооценочных нормативов. Они применимы при определении углерододепонирующей функции и биологического разнообразия нижних ярусов растительности, осуществлении многоцелевого лесопользования, моделировании лесных пожаров в лишайниковых сосняках. Результаты работы используются в учебном процессе и научной деятельности кафедры лесной таксации и лесоустройства УГЛТУ.

Методология и методы исследований. Методология основывается на комплексных, многоаспектных принципах оценки. Работы проводились на пробных площадях (ПП), которые закладывались с учетом положений ОСТ 56-69-83. В основу оценки нижних ярусов растительности положены типовые лесоводственно-таксационные методики. При обработке экспериментальных материалов широко использованы методы математической статистики.

Положения, выносимые на защиту.

1. Показатели ЖНП и подроста в среднем характеризуются повышенной и высокой изменчивостью; распределения массы ЖНП и количества растений возобновления по площади в большинстве случаев носят контагиозный характер.
2. Наиболее значимыми факторами, определяющими запасы фитомассы и годичной продукции ЖНП и растений возобновления, являются полнота и длительность беспожарного периода в развитии древостоев.
3. Характерной особенностью исследуемых сосняков является накопление высо-

ких запасов фитомассы ЖНП (при средней полноте от 5,5 до 8,6 т/га) при незначительной фитомассе растений возобновления.

4. В биопродукционный процесс исследуемых сосняков нижние яруса растительности вносят существенный вклад; несмотря на сравнительно небольшой удельный вес по фитомассе, доля их годичной продукции в общей продукции насаждения сопоставима с приростом древостоя.

Степень достоверности результатов. Достоверность результатов исследования обеспечена и подтверждена достаточным объемом эмпирических данных, собранных с четким соблюдением положений использованных методик, применением корректных математико-статистических методов анализа и оценки достоверности полученных данных.

Апробация результатов. Основные результаты и положения исследований были представлены на международных (Екатеринбург, 2009, 2011, 2015, 2022; Йошкар-Ола, 2010) и всероссийских (Екатеринбург, 2007-2012) научных и научно-технических конференциях.

Личный вклад автора. При непосредственном участии автора сформулированы цель и задачи исследования, разработана программа и обоснована методика работ, организованы экспедиционные работы и собран экспериментальный материал. Автором выполнены статистическая обработка экспериментальных материалов, анализ, обобщение и интерпретация полученных результатов.

Публикации. По результатам исследований опубликованы 20 работ, в том числе 4 в изданиях из списка ВАК РФ.

Структура и объём диссертации. Диссертация включает в себя введение, 6 глав, заключение и список литературных источников из 228 наименований (в т.ч. 22 на иностранных языках). Текст изложен на 188 страницах, иллюстрирован 29 рисунками, сопровождается 27 таблицами.

1. Природно-климатические характеристики района и объекты исследования

В соответствии с лесорастительным районированием Е.П. Смолоногова и А.М. Вегерина (1980) район исследований находится в северотаежной подзоне лесной зоны в пределах Надымско-Пуровской и Тазовско-Енисейской лесорастительных провинций.

Район отличается резко континентальным климатом и нехваткой термических ресурсов. Рельеф территории достаточно сложный, характеризуется чередованием низин, низменных и возвышенных равнин. Почвы по трофности бедные с жесткими для растительности водным и термическим режимами.

Климатогеографические факторы и почвенные условия в исследуемом районе обеспечивают формирование и рост лесных насаждений в основном низкой производительности. Из древесных пород в наибольшей степени к ним адаптирована сосна обыкновенная.

Объектами настоящих исследований выбраны сосновые насаждения лишайникового типа леса. Они слабо изучены, имеют в районе сравнительно большое распространение (16% по площади), представляют большую ценность и в хозяйственном и экологическом отношениях.

2. Состояние вопроса

2.1. Основные этапы исследования фитомассы насаждений

Сведения о фитомассе деревьев, древостоев и насаждений накапливались на пер-

вых этапах в рамках решения различных физиологических, ресурсоведческих, лесоводственных задач (Burger, 1929; 1937, 1948; Яблоков, 1934; Молчанов, 1949; и др.), с середины 50-х годов прошлого столетия – на фоне расширения биогеоценотических исследований (Ovington, 1956; Молчанов, 1961; Смирнов, 1961; и др.), с середины 60-х годов – в связи с реализацией Международной биологической программы (Baskerville, 1965; Поздняков, 1967; Молчанов, 1971; Смирнов, 1971; Семечкина, 1978; Kreutzer, 1979; Онучин, Борисов, 1984; Pellinen, 1984; Усольцев, 1985, 1988; Бобкова, 1987; и др.). Исследования фитомассы лесных экосистем вышли на принципиально новый уровень после принятия Рамочной конвенции ООН об изменении климата (1992) и Киотского протокола (1997) с акцентом на оценку углерододепонирующей способности лесов (Аткин, 1994; Бобкова, Тужилкина, 2001; Усольцев, 2001, 2002, 2010, 2014; Ведрова и др., 2002; Казанкин, 2002; Курбанов, 2002, 2007; Бабич и др., 2004; Щепаченко, 2005; Вараксин и др. 2006; Замолодчиков и др., 2008; Терехов, Усольцев, 2008; Биржов, 2009; Маленко, Усольцев, 2009; Маленко, 2012; Швиденко, Щепаченко, 2014; Кутявин, 2018; Цепордей, 2019; Целитан, 2021; и др.).

2.2. Исследования фитомассы нижних ярусов растительности

Продуктивность нижних ярусов растительности исследована в значительно меньшей степени, чем древостоев. Тем не менее в некоторых регионах страны для различных насаждений получены достаточно полные сведения о фитомассе их растительных компонентов (Кулагина, 1978; Шахнович, 1982; Гордина, 1985; Аткин, 1994; Аткина, 2000; Ведрова и др., 2002; Курбанов, 2002; Власова, 2007; Трофимова, 2015; Иванова и др., 2018; Кутявин, 2018; Загидуллина, 2021; Целитан, 2021; и др.).

Сухие сосняки, к которым, безусловно, относятся и лишайниковые, формируются и растут в режиме постоянно действующих лесных пожаров (Корчагин, 1954; Чижов, Санникова, 1978; Листов, 1986; Санников, 1992; и др.). Поэтому большое внимание в специальной литературе уделяется постпирогенной динамике нижних ярусов растительности, в частности ЖНП (Ипатов, Самойлов, 1995; Баккал и др., 2005; Горшков, Баккал, 2012; Кучеров, Зверев, 2012; Иванова и др., 2018; Загидуллина, 2021; Залесов, 2021; и др.).

2.3. Исследования годичной продукции нижних ярусов растительности

При исследованиях биологической продуктивности насаждений наиболее сложной процедурой и слабо проработанной в методическом плане остается оценка годичной продукции нижних ярусов растительности. Поэтому сведений по данному вопросу в специальной литературе сравнительно мало (Кулагина, 1978; Ильюшенко, 1982; Рождественский, 1982; Уткин и др., 1982; Гончарова, 2008; Косых, Махатков, 2008; Кошурникова и др., 2008; Абдульманова, Эктова, 2013; Абдульманова, 2015; Трофимова, 2015; Кутявин, 2018; Загидуллина, 2021).

2.4. Исследования пространственной структуры нижних ярусов растительности

Продуктивность растительных сообществ неразрывно связана с их пространственной структурой. В этой связи исследованиям этого показателя уделялось и уделяется в настоящее время достаточно большое внимание (Грейг-Смит, 1967; Фрей, 1968; Каволюнене, 1985; Миркин, 1985; Заугольнова, 1999; Крамаренко, 2004; Getzin et al., 2006; Власова, 2007; Грабарник, 2010; Фардеева, 2014; Ковязин, Фам, 2018; Загидуллина, 2021; и др.). Признается, что пространственный рисунок является адаптивным признаком растительных сообществ к лесорастительным условиям и важным показателем их состояния и жизнеспособности.

3. Программа, методика исследований и объем выполненных работ

3.1. Программа исследований

Программа исследований разработана в соответствии с поставленными задачами и преследовала выполнение основной цели работы.

3.2. Основные положения методики исследований

В основе исследований лежит комплексный подход. Изучение нижних ярусов растительности проводилось в границах ПП, заложенных с учетом соответствующих лесоводственно-таксационных требований и ОСТ 56-69-83 для изучения хода роста и надземной фитомассы древостоев. Оценка фитомассы и ее годичной продукции проводилась с учетом пирогенного фактора. Давность пожара устанавливалась на основе анализа годичных колец образцов древесины, выпиленных у модельных деревьев в зоне пожарного повреждения.

Для изучения характеристик *растений лесовозобновления* (всходов и подроста) и *ЖНП* на каждом исследуемом объекте закладывались учетные площадки (УП) размером 1,0х1,0 м, которые размещались в регулярном порядке вдоль трансект, заданных преимущественно по диагоналям ПП.

На каждой УП после сплошного извлечения (срезания) всходов и подроста у каждого экземпляра определялись высота стволика с точностью 0,1 см, диаметр у основания с точностью до 0,1 мм и возраст. После этого растения возобновления на всех УП объединялись с распределением по возрастным группам: до 2 лет (всходы), от 3 до 5 лет и от 6 лет и старше. Все последующие работы велись дифференцированно по этим группам. Растения каждой группы взвешивались на электронных весах с точностью 0,1 г. Затем хвоя на растениях отделялась от стволика и веточек (скелетной части) и повторно определялась масса этих фракций. Для определения абсолютно сухой фитомассы из каждой фракции отбирались навески (в большинстве случаев равные общей массе).

Годичная продукция однолетних всходов принималась равной их общей надземной фитомассе, а двухлетних – половине общей массы. Продукция древесной массы подроста в каждой возрастной группе определялась делением абсолютно сухой массы скелетной части растений на их средний возраст. У подроста годичная продукция хвои принималась равной массе хвои последнего года.

Характеристики ЖНП определялись на площадках размером 0,5х0,5 м, «вложенных» в УП для исследования подроста. На каждой такой площадке вначале определялась высота мохово-лишайникового покрова в пяти пунктах (по углам и на середине). После этого производилось срезание всей растительности на уровне лесной подстилки и ее взвешивание на электронных весах с точностью до 0,1 г. Эти данные послужили материалом для фиксирования фитомассы ЖНП в свежесрезанном состоянии. Для определения видового состава ЖНП и ее абсолютно сухой фитомассы отбирался средний смешанный образец весом не менее 300 г статистическим методом из всех учетных площадок на пробной площади.

За годичную продукцию кустарничков принималась фитомасса побегов с листьями последнего года (Ярмишко и др., 2002б). При однократных наблюдениях продукцию мхов и лишайников объективно определить на основе существующих методик практически невозможно. Для этой цели в нашей работе использованы переводные коэффициенты (доля прироста от общей фитомассы растений), полученные в сходных лесорастительных условиях на основе специальных исследований другими исследователями: по лишайникам С.Ю. Абдульмановой и С.Н. Эктовой (2013) и мхам – А.Т. За-

гидуллиной (2021). В этой связи, данные по годичной продукции мохово-лишайникового покрова, полученные расчетным путем, следует воспринимать с определенной долей условности.

Для оценки степени однородности распределения высоты и возраста растений возобновления, а также высоты и массы ЖНП вычислялись: минимальное, максимальное и среднее значения показателя, ошибка среднего значения, дисперсия, коэффициент вариации и точность опыта. Характер горизонтального распределения растений возобновления, высоты и массы ЖНП оценивался по индексу Одума, определяемого как отношение дисперсии к среднему значению признака (Одум, 1986; Крамаренко, 2004).

Подлесок на ПП отсутствовал, поэтому данных по нему в работе нет.

Статистическая обработка материалов выполнялась средствами статистико-графической системы STATISTICA 10.0 и Microsoft Excel. Для оценки разрабатываемых уравнений вычислялись коэффициент детерминации (R^2), стандартная ошибка (δ) и достоверность коэффициентов по критерию Стьюдента (t).

3.3. Объем выполненных работ

Характеристики растений возобновления изучались на 28 ПП, а ЖНП – на 22. Исследованиями охвачены чистые насаждения сосны V и Va классов бонитета, I - VII классов возраста, с относительной полнотой 0,37-0,93. Для оценки характеристик растений возобновления заложено 560 УП, на которых извлечены и исследованы все растения (всходы и подрост). На 220 УП определены видовой состав, высота, фитомасса и годичная продукция ЖНП; произведено более 1100 измерений высоты мохово-лишайникового покрова. Отобраны, высушены до абсолютно сухого состояния и обработаны 84 образца хвои и 84 образца древесины (скелетной части) подроста, разобрано по видам и высушено 22 смешанных образца ЖНП. Для получения таксационной характеристики древостоев ПП на них при непосредственном участии автора произведены перечеты деревьев, а также отбор, рубка и обработка 220 модельных деревьев сосны.

4. Фитомасса и годичная продукция живого напочвенного покрова

В настоящих исследованиях мы основывались на том, что в отдельно взятом типе леса главными факторами, определяющими формирование и развитие ЖНП, являются характеристики древостоя и давность пожара. За продолжительность восстановительной сукцессии ЖНП в насаждениях, пройденных пожаром, принят период беспожарного развития, а в насаждениях без следов пожарных повреждений – возраст древостоя.

4.1. Видовой состав ЖНП

В исследуемых сосняках формируется ЖНП с весьма ограниченным количеством видов. На ПП обнаружено девять видов лишайников (*Cladonia rangiferina* (L.) Web., *Cladonia arbuscula* (L.) Hoffm., *Cladonia stellaris* (Opiz.) Pouzar, *Cladonia gracilis* (L.) Willd., *Cladonia deformis* (L.) Hoffm., *Cladonia uncialis* (L.) Web., *Cladonia cornuta* (L.) Hoffm., *Cladonia mitis* Sandst., *Cladonia crispata* (Ach.)), два вида мха (*Pleurozium Schreberi* (Willd. ex Brid) и *Hylocomium splendens* (Hedw.)) и три полукустарничка (*Vaccinium vitis-idaea* (L.), *Empetrum nigrum* (L.), *Ledum palustre* (L.)). Причем из 22 ПП *Ledum palustre* (L.) встречается только на 2, а *Hylocomium splendens* (Hedw.) – на 6.

Количество видов ЖНП и их соотношения в насаждениях в значительной мере определяются стадией восстановительной сукцессии. На отдельных ПП фиксировались от 8 до 13 видов. Характер изменений обилия конкретных видов с увеличением продолжительности сукцессионного периода в целом не противоречит результатам

специальных исследований, проведенных другими авторами (Горшков, Баккал, 2012; Кучеров, Зверев, 2012; Загидуллина, 2021; и др.).

4.2. Пространственное распределение ЖНП

Характер пространственного распределения ЖНП оценивался по изменению высоты и массы этого компонента насаждения по площади на учетных площадках фиксированного размера. С этой целью для каждой ПП были составлены ряды распределения высоты мохово-лишайникового покрова и фитомассы ЖНП. Выбор для анализа высоты мохово-лишайникового покрова (без учета высоты кустарничков) обусловлен исключительным доминированием в составе ЖНП мхов и лишайников (в среднем 92% по массе), а также простотой и объективностью измерения этого показателя.

Высота мохово-лишайникового покрова в исследуемых насаждениях характеризуется повышенной изменчивостью (по Мамаеву, 1970). Среднее значение коэффициента вариации по всем ПП составляет 23,7%. Средняя высота данного показателя изменяется в достаточно широком диапазоне (от 1,7 до 7,5 см) и зависит от таксационных показателей насаждений (возраста и полноты) и продолжительности восстановительной сукцессии. 10-процентная точность с вероятностью 0,95 и 5-процентная точность с вероятностью 0,67 при определении этого показателя обеспечивается случайной выборкой из 23 измеренных высот на исследуемой территории. Изменчивость фитомассы ЖНП несколько выше, чем высоты (среднее значение коэффициента вариации составляет 26,4%), но также соответствует повышенному уровню. Среднее значение свежесрезанной фитомассы на 1 м² изменяется от 324 до 2416 г.

Характер распределения показателей (высоты и фитомассы) ЖНП по площади исследуемых сосняков существенно различается. Неравномерность распределения (по индексу Одума) высоты мохово-лишайникового покрова по площади статистически доказывается только на пяти ПП из двадцати двух, а фитомассы – на девятнадцати. На наш взгляд, достаточно равномерный характер распределения высоты мохово-лишайникового покрова в основном связан исключительным доминированием лишайников в ЖНП. Существенная неоднородность распределения массы ЖНП по площади объясняется зависимостью этого показателя от большего числа факторов: видового состава, участия полукустарничков, плотности и влажности ЖНП.

4.3. Запасы фитомассы ЖНП

Запасы фитомассы ЖНП в исследуемых сосняках колеблются в значительных пределах. По отдельным ПП общая масса ЖНП в абсолютно сухом состоянии варьирует от 1958 до 8302 кг/га. В формировании фитомассы ЖНП основную роль играют лишайники. Их доля в среднем составляет 89,8%. Второе место по запасам занимают кустарнички (8,3%), третье – мхи (1,9%). Можно предположить, что высокая изменчивость запасов фитомассы ЖНП связана с таксационными характеристиками насаждений и продолжительностью восстановительной сукцессии. Зависимость запасов ЖНП от возраста и средней высоты древостоев слабая. Не обнаруживается и одностороннее систематическое влияние класса бонитета на данный показатель. Наиболее существенными факторами, определяющими накопление запасов фитомассы ЖНП ($M_{\text{ЖНП}}$), выступают полнота древостоев (P) и продолжительность сукцессионного периода (A_c) (рис. 4.1).

Продолжительность сукцессионного периода и полнота древостоев практически не коррелированы между собой и корректно включаются в уравнение множественной регрессии по оценке фитомассы ЖНП:

$$M_{\text{ЖНП}} = 8,949 + 0,044 * A_c - 8,643 * P, \quad R^2 = 0,692 \quad (4.3)$$

$$t_0=8,51 \quad t_1=4,42 \quad t_2=-5,82$$

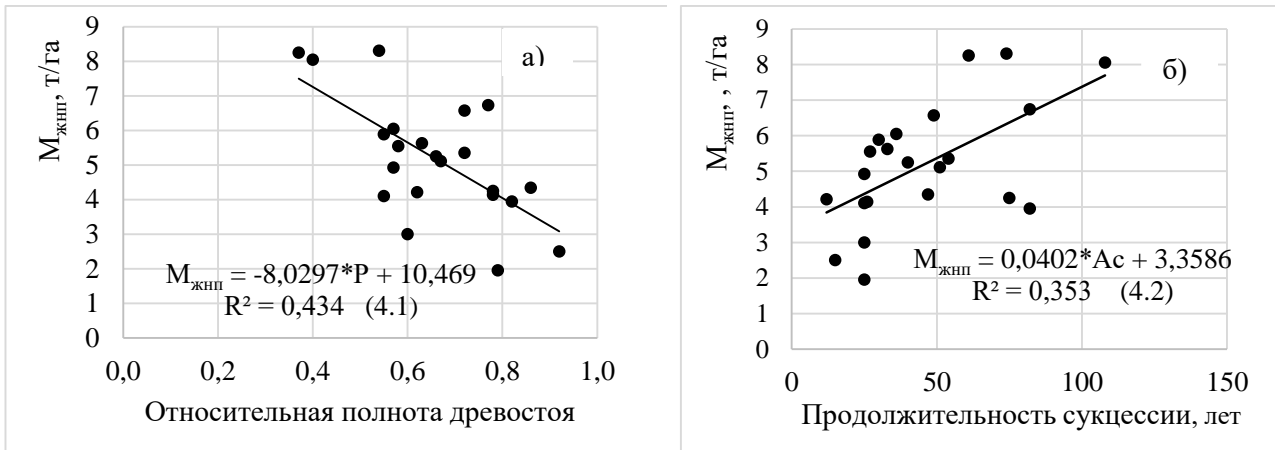


Рисунок 4.1 – Зависимость запасов абсолютно сухой фитомассы ЖНП от полноты древостоев (а) и продолжительности сукцессионного периода (б)

Коэффициент детерминации уравнения (4.3) показывает, что полнота древостоя и продолжительность сукцессионного периода вместе объясняют 69,2% варьирования запаса фитомассы ЖНП. Оба определяющих фактора достоверны на 5%-ном уровне ($t_{\text{факт.}} > t_{0,05}$). Вклад полноты в объяснении изменчивости фитомассы ЖНП несколько выше ($t = -5,82$), чем длительности беспожарного периода ($t = 4,42$). Коэффициент со знаком минус у полноты, свидетельствует, что при одинаковой продолжительности восстановительного периода запас фитомассы ЖНП закономерно уменьшается с увеличением полноты. Этот факт не требует особых разъяснений и связан в основном с снижением освещенности под пологом древостоев при повышении относительной полноты.

Ниже приведен фрагмент двухвходовой таблицы запасов абсолютной сухой фитомассы ЖНП, составленной с использованием уравнения (4.3) (табл. 4.1).

Таблица 4.1. – Запасы абсолютно сухой фитомассы ЖНП в зависимости от полноты древостоя и продолжительности восстановительной сукцессии.

Продолжительность сукцессии, лет	Относительная полнота древостоя							
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
20	7,236	6,372	5,507	4,643	3,779	2,915	2,050	1,186
40	8,116	7,252	6,387	5,523	4,659	3,795	2,930	2,066
60	8,996	8,132	7,267	6,403	5,539	4,675	3,810	2,946
80	9,876	9,012	8,147	7,283	6,419	5,555	4,690	3,826
100	10,756	9,892	9,027	8,163	7,299	6,435	5,570	4,706
120	11,636	10,842	9,907	9,043	8,179	7,385	6,450	5,586

Ее данные свидетельствуют, что в исследуемых сосняках при полноте древостоев от 0,3 до 1,0 и продолжительности сукцессионного периода от 20 до 120 лет запас фитомассы ЖНП может варьировать от 1,186 до 11,636 т/га. Этот показатель закономерно возрастает при одинаковых значениях полноты с увеличением сукцессионного периода, а при одинаковой длительности сукцессионного периода – с уменьшением полноты.

Запасы фитомассы мохово-лишайникового покрова ($M_{\text{мл.}}$) и ЖНП ($M_{\text{жнп}}$) в целом очень тесно связаны прямолинейной зависимостью со средней высотой ($H_{\text{мл}}$) мохово-лишайникового покрова (рис. 4.2).

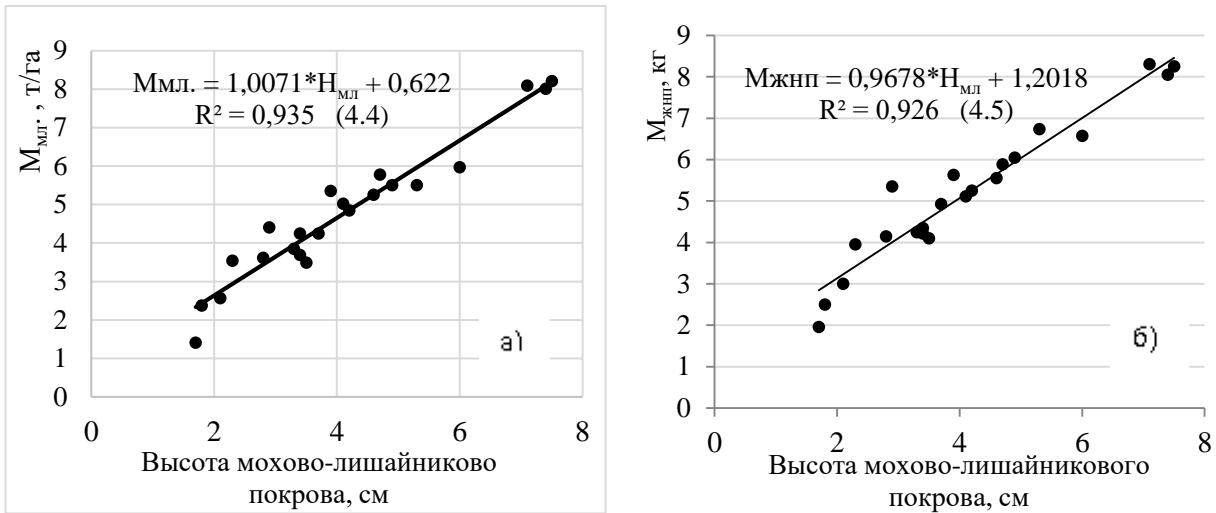


Рисунок 4.2 – Зависимость фитомассы мхов и лишайников (а) и ЖНП (б) от средней высоты мохово-лишайникового покрова

Уравнения (4) и (5) и разработанные на их основе таблицы, позволяют с использованием высоты мохово-лишайникового покрова определить его запас, а также общий запас ЖНП в абсолютно сухом состоянии.

4.4. Годичная продукция фитомассы ЖНП

Годичная продукция фитомассы ЖНП в исследуемых сосняках варьирует в пределах от 186,8 до 845,1 кг/га. Как и в случае с фитомассой, наиболее существенными факторами, определяющими величину этого показателя, являются полнота древостоя и продолжительность восстановительной сукцессии. Уравнения зависимости годичной продукции ЖНП ($Z_{жнп}$) от этих факторов имеют следующие выражения:

$$Z_{жнп} = 0,9392 - 0,6302 * P \quad R^2 = 0,311 \quad (4.6)$$

$$Z_{жнп} = 0,3359 + 0,0040 * A_c, \quad R^2 = 0,353 \quad (4.7)$$

В многофакторном уравнении полнота древостоев и продолжительность сукцессионного периода вместе объясняют 67,5% варьирования годичного прироста фитомассы ЖНП. Оба определяющих фактора достоверны на 5%-ном уровне:

$$Z_{жнп} = 0,7861 + 0,0036 * A_c - 0,6765 * P, \quad R^2 = 0,675 \quad (4.8)$$

$t=7,07 \quad t=4,19 \quad t -4,52$

На основе уравнения (4.8) составлена таблица годичной продукции фитомассы ЖНП, фрагмент которой приведен ниже (табл. 4.2).

Таблица 4.2 – Годичная продукция фитомассы ЖНП в зависимости от полноты древостоя и продолжительности сукцессионного периода, т/га

Продолжительность сукцессии, лет	Полнота древостоя							
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
20	0,655	0,588	0,520	0,452	0,385	0,317	0,249	0,182
40	0,727	0,660	0,592	0,524	0,457	0,389	0,321	0,254
60	0,799	0,732	0,664	0,596	0,529	0,461	0,393	0,326
80	0,871	0,804	0,736	0,668	0,601	0,533	0,465	0,398
100	0,943	0,876	0,808	0,740	0,673	0,605	0,537	0,470
120	1,015	0,948	0,880	0,812	0,745	0,677	0,609	0,542

Доля годичной продукции фитомассы ЖНП в общей фитомассе данного компонента насаждения в зависимости от полноты древостоев и длительности восстанови-

тельной сукцессии варьирует от 8,7 до 19,5%. Она закономерно возрастает при одинаковой длительности восстановительной сукцессии с повышением полноты древостоев, а при одинаковой полноте – с уменьшением длительности восстановительного периода.

5. Фитомасса и годичная продукция подроста

5.1 Видовой состав и количественные характеристики подроста

В исследуемых сосняках общее количество растений возобновления (всходов + подрост) варьирует в очень широких пределах (от 3,5 до 77,5 тыс. экз./ га), что связано с влиянием большого числа факторов на возобновление леса под пологом древостоев (характеристик насаждения и ЖНП, давности пожара и т.д.). На всех ПП, за исключением одной, лесовозобновление представлено исключительно сосной. В среднем удельный вес всходов сосны составляет 55,6%, растений в возрасте от 3 до 5 лет – 30,4, а в возрасте от 6 лет и старше – всего 14%. Значительное количество растений имеет возраст до 10 лет.

Темпы роста подроста по диаметру и высоте очень низкие и указывают на его высокую угнетенность. На всех объектах исследования подрост по высоте относится к категории «мелкий». Максимальная его высота в исследуемых сосняках составляет всего 35,9 см, причем подрост высотой более 20 см встречается в очень малом количестве. Результаты исследований согласуются с данными других авторов и позволяют сделать заключение, что угнетенность подроста является характерной чертой лишайниковых сосняков.

5.2. Дифференциация и пространственное распределение подроста

Средний возраст всех растений возобновления в исследуемых сосняках изменяется в диапазоне от 1,2 до 6,5 лет, а отдельно подроста – от 3,1 до 8,3 лет. На большинстве объектов изменчивость возраста по всем растениям возобновления и отдельно по подросту соответствует очень высокому уровню. По всем ПП среднее значение коэффициента вариации возраста всех растений составляет 66,1%, а подроста – 39,3%. Средняя высота всех растений возобновления на исследуемых объектах варьирует в пределах от 1,97 до 8,22 см, а отдельно подроста – от 3,31 до 8,76 см. Изменчивость высоты растений ниже, чем возраста, хотя также соответствует высокому уровню. Среднее значение коэффициента вариации высоты всех растений составляет 54,8%, а подроста – 38,1%.

По полученным данным можно сделать заключение, что устойчивые результаты при определении средних значений возраста и высоты подроста обеспечивает случайная выборка объемом не менее 60 растений, отобранных на исследуемой территории.

Распределение по территории всех растений лесовозобновления, а также отдельно подроста на большинстве ПП носит контагиозный (групповой) характер. Неравномерность распределения количества всех растений по площади статистически доказывается на двадцати ПП из двадцати восьми (71,4%), а подроста – на четырнадцати из двадцати одной (66,7%). Таким образом, проявляется тенденция повышения равномерности размещения растений с повышением их возраста. Можно предположить, что это происходит из-за выпадения отставших в росте экземпляров, которые наиболее интенсивно накапливаются в местах сгущения растений.

5.3. Запасы фитомассы подроста

Превалирование в исследуемых сосняках чрезвычайно угнетенного и мелкого подроста обуславливает их низкие запасы. В то же время наблюдается высокое варьирование общей надземной фитомассы всходов и подроста по ПП: от 2,5 до 85,15 кг/га

в свежесрезанном состоянии и от 1,0 до 39,17 кг/га – в абсолютно сухом. Фитомасса растений возобновления существенно (на два порядка) меньше запасов ЖНП. Близкие результаты в лишайниковых сосняках в сходных географо-климатических условиях получены другими исследователями (Шахнович, 1982). Существенное превышение фитомассы ЖНП над фитомассой подроста в сосняках лишайниковых является их еще одной характерной особенностью. Доля фитомассы хвои в общей надземной фитомассе растений возобновления варьирует по объектам исследований в диапазоне от 28,5 до 55,0%. Она закономерно уменьшается с увеличением возраста растений.

Для объяснения изменчивости запасов надземной фитомассы всходов и подроста по ПП, были проведены исследования зависимости данного показателя от характеристик древостоя, ЖНП и продолжительности беспожарного развития насаждений. Показатели наиболее значимых связей, представлены в табл. 5.1.

Таблица 5.1 – Коэффициенты детерминации связей фитомассы растений возобновления с характеристиками насаждений и ЖНП

Показатели	Единица измерения показателя	Диапазон изменения показателя	Коэффициент детерминации
Полнота древостоя	0,01	0,37 – 0,92	0,644
Продолжительность беспожарного периода	год	12 – 137	0,486
Высота ЖНП	см	1,7 – 9,1	0,450
Фитомасса ЖНП	т/га	3,235 – 24,156	0,561

Результаты исследований показали, что на надземную фитомассу растений лесовозобновления наибольшее влияние оказывает относительная полнота древостоев, с которой тесно связана сомкнутость полога, а, следовательно, и режим освещенности под пологом. Причем это влияние выражено в большей степени, чем при оценке фитомассы ЖНП. Связь между фитомассой растений и полнотой прямолинейная по форме и обратная по направленности: с увеличением полноты запасы фитомассы устойчиво снижаются. Такая же связь по форме, но прямая по направленности и менее тесная обнаруживается между надземной фитомассой подроста и всходов и продолжительностью беспожарного периода. Зависимость исследуемого показателя от других характеристик древостоя (высоты и возраста) менее устойчива.

По всему массиву экспериментальных данных получены уравнения зависимости общей фитомассы растений возобновления ($M_{p.v}$) и фитомассы их хвои ($M_{x.p.v}$) в абсолютно сухом состоянии от полноты древостоев (P) и продолжительности беспожарного периода ($A_{бп}$):

$$M_{p.v} = 51,634 - 54,195 * P, \quad R^2 = 0,644 \quad (5.1)$$

$$M_{p.v} = 2,8868 + 0,2332 * A_{бп}, \quad R^2 = 0,486 \quad (5.2)$$

$$M_{x.p.v} = 21,092 - 22,485 * P, \quad R^2 = 0,688 \quad (5.3)$$

$$M_{x.p.v} = 1,0077 + 0,0948 A_{бп}, \quad R^2 = 0,491 \quad (5.4)$$

Приведенные материалы свидетельствуют, что полнота древостоев и продолжительность их беспожарного развития при оценке и общей фитомассы растений возобновления и фитомассы их хвои обеспечивают примерно одинаковые результаты. Детерминированность уравнений (5.1) - (5.4) не высока. Точность оценки фитомассы существенно повышается на основе уравнений множественной регрессии, в которых в качестве определяющих факторов используются эти два показателя:

$$M_{p.v} = 35,8803 - 41,5223 * P + 0,1250 * A_{бп}, \quad R^2 = 0,790; \quad \delta = \pm 5,237 \quad (5.5)$$

$$t = 5,78 \quad t = -5,64 \quad t = 3,30$$

$$M_{x.p.v} = 14,9248 - 17,5189 \cdot P + 0,0492 \cdot A_{бп}, \quad R^2 = 0,822. \quad \delta = \pm 1,948 \quad (5.6)$$

$$t = 6,46 \quad t = -6,40 \quad t = 3,49$$

В уравнениях (5.5) и (5.6) значения всех коэффициентов достоверны. Уравнения характеризуются сравнительно низкими ошибками. Детерминированность их несколько выше, чем уравнения (4.3).

Для практического применения с помощью уравнений (5.5) и (5.6) разработаны двухвходовые таблицы для общей надземной фитомассы растений и фитомассы их хвои в абсолютно сухом состоянии. Фрагмент одной из них приведен ниже (табл. 5.2).

В целом, результаты исследований свидетельствуют, что в среднем при различных сочетаниях полноты и продолжительности беспожарного периода доля фитомассы хвои в общей надземной фитомассе растений возобновления колеблется в диапазоне от 30 до 40%. Наблюдается тенденция ее уменьшения с повышением относительной полноты древостоев.

Таблица 5.2 – Запасы фитомассы растений возобновления в зависимости от полноты древостоя и продолжительности беспожарного периода, кг/га

Беспожарный период, лет	Полнота древостоя							
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
20	25,92	21,77	17,62	13,47	9,31	5,16	-	-
40	28,42	24,27	20,12	15,97	11,81	7,66	3,51	-
60	30,92	26,77	22,62	18,47	14,31	10,16	6,01	-
80	33,42	29,27	25,12	20,97	16,81	12,66	8,51	4,36
100	35,92	31,77	27,62	23,47	19,31	15,16	11,01	6,86
120	38,42	34,27	30,12	25,97	21,81	17,66	13,51	9,36

В исследуемых сосняках на фитомассу растений возобновления определенное влияние оказывает развитие ЖНП. Связь общей фитомассы всходов и подростов с фитомассой ЖНП более тесная, чем с его высотой (табл. 5.1). Указанные связи носят криволинейный характер. При минимальных и максимальных значениях высоты и фитомассы ЖНП фитомасса подростов меньше, чем при средних.

5.4. Годичная продукция фитомассы растений лесовозобновления

В исследуемых сосняках годичная продукция фитомассы растений возобновления в абсолютно сухом состоянии варьирует от 0,495 до 10,902 кг/га. Существенный вклад в величину показателя вносит годичная продукция хвои. Ее доля по отдельным ПП колеблется от 52,7 до 65,5%. Полнота древостоев и длительность беспожарного периода являются также основными факторами, определяющими величину общей годичной продукции фитомассы растений возобновления ($Z_{p.v}$) и годичной продукции их хвои ($Z_{x.p.v}$). Связи этих показателей с годичной продукцией по направленности и тесноте очень близки к связям с фитомассой растений:

$$Z_{p.v} = 14,171 - 14,9580 \cdot P, \quad R^2 = 0,669 \quad (5.7)$$

$$Z_{p.v} = 1,3843 + 0,0567 \cdot A_{б.п}, \quad R^2 = 0,369 \quad (5.8)$$

$$Z_{x.p.v} = 8,7302 - 9,1725 \cdot P, \quad R^2 = 0,661 \quad (5.9)$$

$$Z_{x.p.v} = 0,9412 + 0,0338 \cdot A_{б.п}, \quad R^2 = 0,345 \quad (5.10)$$

Для повышения точности оценки годичной продукции фитомассы растений возобновления разработаны двухфакторные уравнения, в которые в качестве определяющих факторов, как и в случае с запасами фитомассы, включены полнота древостоев и продолжительность беспожарного периода:

$$Z_{p.v} = 11,1279 - 12,4968 \cdot P + 0,0266 \cdot A_{б.п}, \quad R^2 = 0,732; \quad \delta = \pm 1,63 \quad (5.11)$$

$$t = 6,0 \quad t = -5,6 \quad t = 2,3$$

$$Z_{x,p,v} = 7,0054 - 7,7777*P + 0,0151*A_{б.п.}, \quad R^2 = 0,714. \quad \delta = \pm 1,04 \quad (5.12)$$

$$t = 5,9 \quad t = -5,5 \quad t = 2,1$$

Значения всех коэффициентов в уравнениях (5.11) и (5.12) достоверны на 5%-ном уровне. Детерминированность двухфакторных уравнений заметно выше, чем уравнений (5.7) – (5.10) с одним определяющим фактором. Два указанных фактора вместе объясняют более 73% изменчивости общей годичной продукции фитомассы растений и более 71% – изменчивости продукции хвой.

С использованием уравнений (5.11) и (5.12) разработаны двухходовые таблицы для общей годичной продукции фитомассы растений и годичной продукции их хвой в абсолютно сухом состоянии. Фрагмент первой из них приведен ниже (табл. 5.3).

Таблица 5.3 – Годичная продукция общей фитомассы растений возобновления, кг/га

Беспожарный период, лет	Полнота древостоя							
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
20	7,911	6,661	5,412	4,162	2,912	1,662	-	-
40	8,443	7,193	5,944	4,694	3,444	2,194	0,945	-
60	8,975	7,725	6,476	5,226	3,976	2,726	1,477	-
80	9,507	8,257	7,008	5,758	4,508	3,258	2,009	0,759
100	10,039	8,789	7,540	6,290	5,040	3,790	2,541	1,291
120	10,571	9,321	8,072	6,822	5,572	4,322	3,073	1,823

Анализ полученных материалов свидетельствует, что доля годичной продукции в общей надземной фитомассе растений возобновления варьирует по ПП в достаточно узком диапазоне от 18,8 до 33,0% и в среднем составляет 27,7%. Высоким удельным весом характеризуется годичная продукция хвой в общей фитомассе данной фракции. По отдельным ПП этот показатель изменяется в пределах от 34,1 до 55,3% и в среднем составляет 43,8%. Высокая доля годичной продукции (однолетней) хвой у растений возобновления в исследуемых сосняках связана с их чрезвычайной угнетенностью и короткой продолжительностью жизни хвой (3-4 года).

6. Стыковка данных по продуктивности нижних ярусов растительности с таблицами надземной фитомассы древостоев

В настоящее время признается целесообразной разработка моделей биологической продуктивности лесных экосистем, совмещенных с действующими нормативно-справочными материалами (Усольцев, 1988; Швиденко и др., 2004). Структура моделей биопродуктивности, как правило, принимается аналогичной структуре таблиц хода роста древостоев. Для исследуемых сосняков таблицы хода роста древостоев с данными по фитомассе стволов и крон были составлены ранее В.З. Нагимовым при нашем участии (Нагимов и др., 2008, 2009; Нагимов, 2011). Как отмечалось выше, основной экспериментальный материал по нижним ярусам растительности собран в границах тех же ПП, на которых выполнялась оценка фитомассы древостоев. В этой связи стыковка полученных нами данных по фитомассе нижних ярусов растительности с указанными таблицами является вполне обоснованной и корректной.

Таблицы возрастной динамики таксационных показателей и надземной фитомассы древостоев в исследуемом типе леса разработаны с дифференциацией по классам бонитета (для V и Va классов). Наши данные могут быть состыкованы с таблицами и V и Va классов бонитета. Как было отмечено выше влияние класса бонитета на фитомассу нижних ярусов растительности в исследуемом типе леса не существенно. В

данной работе эта процедура выполнена для таблиц V классов бонитета. В указанной таблице возрастная динамика традиционных таксационных показателей и фитомассы древостоев представлена для одного (модального) варианта полноты. Причем, полнота в относительном выражении не остается постоянной, а меняется с возрастом: с 0,50 в 20-летнем возрасте до 0,65 – в 120-летнем. С учетом этого обстоятельства на основе разработанных уравнений нами произведено совмещение данных по общей фитомассе и годичной продукции нижних ярусов растительности с аналогичными данными древостоев. Фрагмент разработанной таблицы биологической продуктивности насаждений приведен ниже (табл. 6.1).

Таблица 6.1 – Биологическая продуктивность сосняков лишайниковых V класса бонитета

Возраст, лет	Фитомасса, т/га				Годичная продукция, т/га			
	древостоя	ЖНП	всходов и подростов	общая	древостоя	ЖНП	всходов и подростов	общая
20	10,118	5,507	0,017	15,642	0,328	0,520	0,005	0,853
40	20,676	5,869	0,018	26,563	0,588	0,552	0,005	1,145
60	32,764	6,403	0,019	39,186	0,614	0,596	0,005	1,215
80	45,116	7,024	0,020	52,160	0,614	0,648	0,005	1,267
100	56,648	7,818	0,022	64,488	0,559	0,714	0,006	1,279
120	66,295	8,612	0,024	74,931	0,452	0,779	0,006	1,237

В целом, результаты исследований позволяют отметить следующее. Исследуемые сосняки характеризуются низкой продуктивностью. Общая надземная фитомасса насаждений в абсолютно сухом состоянии изменяется от 15,642 т/га в 20-летнем возрасте до 74,931 – в 120-летнем. Наибольшими запасами фитомассы характеризуется древостой (от 10,118 до 66,295 т/га), а наименьшими растения возобновления (от 0,017 до 0,024 т/га). Фитомасса ЖНП занимает промежуточное положение и имеет в районе исследований сравнительно высокие значения (от 5,507 до 8,612 т/га).

С возрастом доля фитомассы древостоя повышается (от 64,7 до 88,5%), а ЖНП снижается (от 35,2 до 11,5%). Это связано с сравнительно небольшим увеличением массы мохово-лишайникового покрова после его восстановления.

Удельный вес годичной продукции нижних ярусов растительности в общей надземной фитомассе достаточно стабилен и изменяется в пределах от 9,1 до 9,5%. Наблюдается его снижение с увеличением возраста древостоев. Сравнительно невысокие значения этого показателя объясняются видовым составом ЖНП, преобладанием в нем многолетних растений (лишайников, мхов и полукустарничков) и полным отсутствием травянистых (однолетних) растений.

Исследуемые насаждения характеризуются сравнительно невысокими значениями годичной продукции (от 0,853 до 1,279 т/га). Этот показатель в основном складывается из продукции древостоя и ЖНП. Причем в возрасте от 40 до 70 лет продукция древостоя выше, чем нижних ярусов растительности, а в других возрастных периодах она, наоборот, ниже. Возрастная динамика данного показателя передается колоколообразной кривой, точка перегиба которой приходится на возраст 90-100 лет.

Удельный вес годичной продукции всех растительных компонентов (древостоя, подростов и ЖНП) в общей надземной фитомассе насаждения варьирует в диапазоне от 1,7 до 5,5%. В лишайниковых сосняках значения этого показателя даже несколько

выше, чем в более производительных сосняках. В первую очередь это объясняется высоким развитием ЖНП на фоне низкой полноты в лишайниковом типе леса.

Заключение

Климатогеографические условия район, низкотрофные почвы и частые лесные пожары в сосняках лишайниковых обуславливают формирование ЖНП с весьма ограниченным количеством видов. В исследуемых насаждениях обнаружено девять видов лишайников, два мха и три полукустарничков. Видовой состав и доминирование видов в конкретных насаждениях в значительной мере определяются стадией восстановительной сукцессии. В ЖНП конкретных насаждений представлены от 8 до 13 видов.

Изменчивость высоты мохово-лишайникового яруса (среднее значение коэффициента вариации – 23,7%) и фитомассы ЖНП (26,4%) соответствует повышенному уровню. Наблюдается значительная неоднородность распределения массы ЖНП по площади при достаточно однородном распределении высоты мохово-лишайникового покрова. Это объясняется зависимостью массы ЖНП от большего числа факторов: видового состава, участия полукустарничков, плотности и влажности ЖНП.

Наиболее существенными факторами, определяющими запасы фитомассы ЖНП и ее годичной продукции, являются полнота древостоев и продолжительность сукцессионного периода. В уравнениях множественной регрессии они вместе объясняют 69,2% варьирования запаса фитомассы ЖНП и 67,5% – прироста. В исследуемых сосняках при полноте древостоев от 0,3 до 1,0 и продолжительности сукцессионного периода от 10 до 120 лет запас фитомассы ЖНП может варьировать от 0,746 до 11,636 т/га, а годичной продукции – 0,146 до 1,015 т/га. Оба этих показателя закономерно возрастают при одинаковых значениях полноты с увеличением продолжительности сукцессионного периода, а при одинаковой продолжительности сукцессионного периода – с уменьшением полноты.

Запасы фитомассы мохово-лишайникового покрова и ЖНП в целом очень тесно связаны со средней высотой мохово-лишайникового покрова. Это позволяет разработать нормативы, с помощью которых можно с использованием высоты мохово-лишайникового покрова корректно определить его запас, а также общий запас ЖНП.

Темпы роста подроста сосны по диаметру и высоте очень низкие и указывают на его высокую угнетенность. На всех объектах исследования подрост по высоте относится к категории «мелкий». На большинстве объектов изменчивость возраста (среднее значение коэффициента вариации – 39,3%) и высоты (38,1%) подроста соответствует высокому и очень высокому уровню. Распределение по территории всех растений возобновления (всходы+подрост), а также отдельно подрост на большинстве ПП носит контагиозный (групповой) характер. Проявляется тенденция повышения равномерности размещения растений с повышением их возраста. Можно предположить, что это происходит из-за выпадения отставших в росте экземпляров, которые наиболее интенсивно накапливаются в местах сгущения растений.

Превалирование в исследуемых сосняках чрезвычайно угнетенного и мелкого подроста обуславливает их низкие запасы. Фитомасса растений возобновления существенно (на два порядка) меньше запасов ЖНП. Основными факторами, определяющими общую фитомассу и годичную продукцию растений, являются, как и в случае с ЖНП, полнота древостоев и продолжительность беспожарного периода. В уравнениях эти два показателя вместе объясняют 79,0% изменчивости общей фитомассы растений

возобновления, 82,2% – фитомассы их хвои, 73,2% – общей годичной продукции растений и 71,4% – годичной продукции хвои. В исследуемых сосняках при полноте древостоев от 0,3 до 1,0 и продолжительности беспожарного периода от 10 до 130 лет расчетные запасы общей абсолютно сухой надземной фитомассы растений возобновления варьируют от 2,26 до 39,67 кг/га, а годичной продукции – в пределах от 0,493 до 10,837 кг/га. Наблюдается зависимость фитомассы растений возобновления от высоты ЖНП. При минимальных и максимальных значениях высоты фитомасса меньше, чем при средних.

Исследуемые сосняки характеризуются низкой продуктивностью. При модальной полноте общая абсолютно сухая надземная фитомасса насаждений изменяется от 15,642 т/га в 20-летнем возрасте до 74,931 – в 120-летнем. Наибольшими запасами фитомассы характеризуется древостой (от 10,118 до 66,295 т/га), второе место по этому показателю занимает ЖНП (от 5,507 до 8,612 т/га) и последнее – растения возобновления (от 0,017 до 0,024 т/га).

Возрастное изменение структуры фитомассы исследуемых насаждений характеризуется закономерным увеличением удельного веса фитомассы древостоя (от 64,7 до 88,5%) при снижении этого показателя ЖНП (от 35,2 до 11,5%). Это связано с особенностями восстановительной динамики ЖНП с преобладанием мохово-лишайникового покрова – относительной стабильностью показателей ЖНП после его восстановления.

Годичная продукция фитомассы всех растительных компонентов насаждения в исследуемых сосняках изменяется в пределах от 0,853 до 1,279 т/га. Основной вклад в величину данного показателя вносят древостой и ЖНП. Возрастная динамика данного показателя передается колоколообразной кривой, точка перегиба которой приходится на возраст 90-100 лет. В целом, несмотря на то, что по удельному весу фитомассы нижние яруса растительности значительно уступают древостою, они вносят существенный вклад в общую годичную продукцию насаждения. В формировании этого показателя участие нижних ярусов растительности и древостоя находится примерно на одном уровне.

Для использования в лесотаксационной практике предложены:

1. Уравнения и двухвходовые таблицы для оценки фитомассы и годичной продукции ЖНП.
2. Уравнения и двухвходовые таблицы для оценки фитомассы и годичной продукции растений возобновления (всходов и подроста).
3. Уравнение и таблица для оценки фитомассы ЖНП на основе средней высоты мохово-лишайникового покрова.
4. Рекомендации по объемам выборки, обеспечивающих корректные результаты при оценке характеристик ЖНП и растений возобновления.
5. Таблицы биологической продуктивности сосняков лишайниковых при модальной полноте.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

В журналах и изданиях, рекомендованных ВАК

1. Нагимов, З.Я. Масса и размеры шишек сосны в лишайниковом типе леса Ханты-Мансийского автономного округа / З.Я. Нагимов, **И.Н. Артемьева**, В.З. Нагимов // Вестник Московского государственного университета леса–Лесной вестник. – 2008. – № 3 (60). – С. 58-61.
2. Нагимов, З.Я. Ход роста сосновых древостоев в лишайниковом типе леса / З.Я.

Нагимов, В.З. Нагимов, **И.Н. Артемьева** // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2010. – № 5. – С. 7-12.

3. Нагимов, З.Я. Структура и динамика фитомассы сосновых древостоев лишайникового типа леса / З.Я. Нагимов, **И.Н. Артемьева**, В.З. Нагимов. // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2012. – №5. – С. 60-66.

4. Нагимов, З.Я. Оценка рангового положения деревьев в древостое при исследовании их фитомассы / З.Я. Нагимов, **И.Н. Артемьева**, И.В. Шевелина, В.З. Нагимов // Успехи современного естествознания. – 2021 – № 7. – С. 20-25. – Режим доступа: URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37657> (дата обращения: 19.04.2022).

В других изданиях

1. Нагимов, В.З. Зависимость фракций надземной фитомассы деревьев от их таксационных показателей / В.З. Нагимов, **И.Н. Артемьева** // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы III Всерос. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2007. – Ч.2. – С. 110-112.

2. Нагимов, В.З. Дифференциация и отпад деревьев в сосняках лишайниковых заповедно-природного парка «Сибирские увалы» / В.З. Нагимов, **И.Н. Артемьева**, З.Я. Нагимов // Леса Урала и хозяйство в них. – 2007. – Вып. 1 (29). – С. 138-146.

3. **Артемьева, И.Н.** Оценка лесовозобновления в лишайниковом типе леса в условиях ХМАО / И.Н. Артемьева, В.З. Нагимов, И.Л. Киреева, Д.П. Мезенцев, З.Я. Нагимов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы IV Всерос. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2008. – Ч.2. – С. 239-241.

4. Нагимов, В.З. Структура надземной фитомассы сосновых древостоев в лишайниковом типе леса / В.З. Нагимов, **И.Н. Артемьева**, З.Я. Нагимов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы IV Всерос. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2008. – Ч.2. – С. 244-247.

5. Нагимов, В.З. Надземная фитомасса сосновых насаждений в лишайниковом типе леса / В.З. Нагимов, **И.Н. Артемьева**, Н.А. Луганский, З.Я. Нагимов // Социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса в рамках концепции 2020: материалы VII междунар. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. – Ч.2. – С. 231-234.

6. Нагимов, В.З. Особенности формирования надземной фитомассы сосновых насаждений лишайникового типа леса / В.З. Нагимов, **И.Н. Артемьева**, Н.А. Луганский, З.Я. Нагимов // Леса России и хозяйство в них. – 2009. – Вып. 2 (32). – С. 3- 9.

7. **Артемьева, И.Н.** Влажность фракций надземной фитомассы деревьев сосны / И.Н. Артемьева, В.З. Нагимов, З.Я. Нагимов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы VI Всерос. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2010. – Ч.1. – С. 8-11.

8. Нагимов, В.З. Рост и продуктивность сосновых древостоев в лишайниковом типе леса в условиях ХМАО / В.З. Нагимов, **И.Н. Артемьева**, З.Я. Нагимов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы VI Всерос. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2010. – Ч.1. – С. 90-93.

9. Неволин, С.С. Анализ предварительного и последующего возобновления в сосняках зеленомошно-ягодниковых Мегионского лесхоза и рекомендации по его интенсификации / С.С. Неволин, **И.Н. Артемьева**, В.Н. Луганский // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы VI Всерос. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2010. – Ч.1. – С. 95-98.

10. Нагимов, В.З. Зависимость запасов фракций надземной фитомассы сосновых древостоев от таксационных показателей / В.З. Нагимов, **И.Н. Артемьева** // Лесные

экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность, мониторинг и адаптационные технологии: материалы междунар. конф. – Йошкар-Ола, 2010. – С. 218-222.

11. Нагимов, В.З. Нормативы полноты древостоев сосняка лишайникового в подзоне северной тайги Тюменской области / В.З. Нагимов, **И.Н. Артемьева** // Формирование регионального лесного кластера: социально-экономические и экологические проблемы и перспективы лесного комплекса: материалы VIII междунар. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. – С. 50-52.

12. Нагимов, З.Я. Оценка площадей насаждений с участием кедра сибирского в составе древостоев и подростов в лесном фонде ХМАО-Югры / З.Я. Нагимов, А.А. Бартыш, **И.Н. Артемьева**, В.З. Нагимов, А.С. Собянин // Леса России и хозяйство в них. – 2011. – Вып. 4 (41). – С. 58-64.

13. Онучин, И.Е. Обеспеченность лесопокрытых площадей подростом кедра сибирского в ХМАО-Югре / И.Е. Онучин, **И.Н. Артемьева**, В.Н. Луганский // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы VIII Всерос. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2012. – С. 94-96.

14. Нагимов, В.З. Стандартные значения полноты и запаса сосновых насаждений лишайникового типа леса / В.З. Нагимов, **И.Н. Артемьева**, З.Я. Нагимов // Лесотехнические университеты в реализации концепции возрождения инженерного образования: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса: материалы X междунар. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2015. – С. 240-243.

15. Нагимов, З.Я. Лесотаксационные измерения: учебное пособие / З.Я. Нагимов, И.В. Шевелина, В.З. Нагимов, **И.Н. Артемьева**. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2021. – 95 с.

16. Нагимов, З.Я. Видовой состав и запасы живого напочвенного покрова в сосняках лишайниковых ХМАО-Югры / З.Я. Нагимов, **И.Н. Артемьева**, И.В. Шевелина, В.З. Нагимов // Леса России и хозяйство в них. – 2022. – Вып. 1 (80). – С. 48-57.

Отзыв на автореферат просим направить в 3 экземплярах по адресу: 62100 г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, УГЛТУ, ученому секретарю диссертационного совета Д 212.281.01 Магасумовой А.Г. e-mail: magasumovaag@m.usfeu.ru.