

На правах рукописи



Нагимов Валерий Зуфарович

РОСТ И НАДЗЕМНАЯ ФИТОМАССА ДРЕВОСТОЕВ
СОСНЯКА ЛИШАЙНИКОВОГО В ПОДЗОНЕ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ
ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

06.03.02. - Лесоведение, лесоводство,
лесоустройство и лесная таксация

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Екатеринбург, 2011

Работа выполнена на кафедре лесоводства ГОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Луганский Николай Алексеевич

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор
Шиятов Степан Григорьевич
кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник,
Толкач Ольга Владимировна

Ведущая организация: ФГОУ ВПО «Башкирский государственный аграрный университет»

Защита состоится 10 февраля 2011 г. в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212.281.01 при Уральском государственном лесотехническом университете по адресу: 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 36, УЛК-2, ауд. 320.

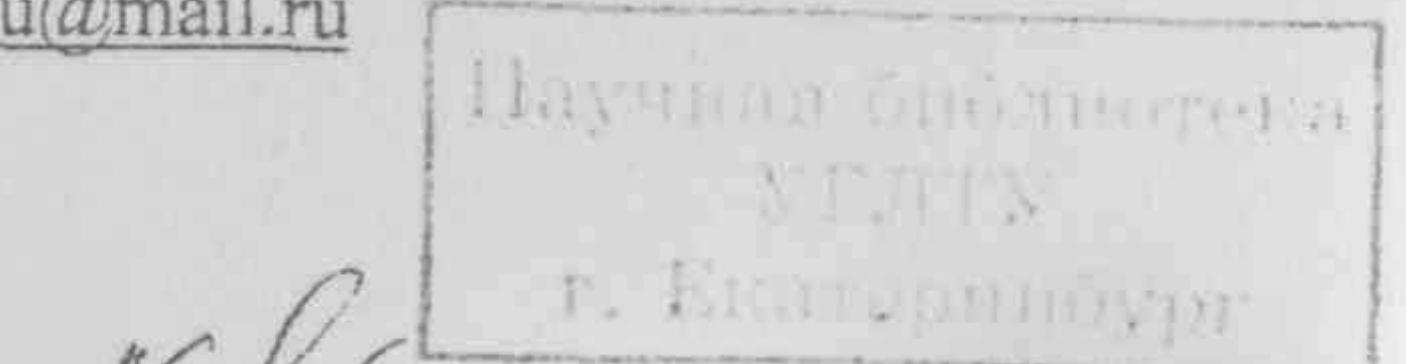
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уральского государственного лесотехнического университета

Автореферат разослан 27 декабря 2010 г.

Отзыв на автореферат просим направлять в двух экземплярах с заверенными печатью подписями по адресу: 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, ученому секретарю диссертационного совета.

Факс: (343) 254-62-25; E-mail: dissovet.usfeu@mail.ru

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат сельскохозяйственных наук



А.В. Бачурина

Введение

Актуальность темы. Федеральные программы и директивные документы последних лет в области лесного хозяйства и лесоустройства предусматривают переход на новые методы инвентаризации лесов, формы управления и пользования ими. Решение этой задачи требует углубленных исследований закономерностей роста и продуктивности лесных насаждений, разработки принципиально новых лесоучетных нормативов, отражающих динамику таксационных показателей и фракционного состава фитомассы деревьев и древостоев в различных экологических условиях. В частности, такие нормативы необходимы для реализации концепции сбалансированного, рационального использования ресурсных и экологических функций леса и программ по связыванию и консервации углерода в его глобальном круговороте. Эти вопросы в последние годы мировым сообществом признаются чрезвычайно актуальными в связи с решениями Киотского протокола.

В настоящее время рост и биологическая продуктивность лесных насаждений в подзоне северотаежных лесов Тюменской области изучены крайне недостаточно, а при лесоучетных работах применяются в основном нормативы, составленные для других регионов. В то же время избыточная увлажненность и дефицит термоэнергетических ресурсов, обуславливающие специфику лесов района, требуют дифференцированного, научно обоснованного подхода к решению вопросов организации лесного хозяйства, установлению лесооценочных и лесохозяйственных нормативов. Особенно это относится к соснякам лишайниковых, резко отличающихся по экологическому и морфологическому облику, формированию растительного покрова, в котором значительную роль играют периодически повторяющиеся лесные пожары.

Исследования автора выполнены в 2002-2010 г.г. в рамках научных работ кафедр лесоводства и лесной таксации и лесоустройства УГЛТУ.

Цель и задачи исследований. Основной целью работы явилось изучение закономерностей роста и формирования надземной фитомассы сосновых древостоев лишайникового типа леса и разработка для них многофункциональных лесооценочных нормативов.

Для достижения этой цели решались следующие задачи:

1. Изучение возрастной динамики основных таксационных показателей сосновых древостоев лишайникового типа леса.
2. Оценка максимальных значений сумм площадей сечений и запасов исследуемых древостоев.
3. Исследование связей между фракциями надземной фитомассы деревьев и их таксационными показателями.
4. Изучение структуры и возрастной динамики надземной фитомассы сосновых древостоев.

5. Разработка лесотаксационных нормативов по оценке роста и биологической продуктивности древостоев сосны лишайникового типа леса.

Научная новизна. Установлено, что исследуемые сосновки по сравнению с сосновками соответствующих классов бонитета в других лесораспределительных районах и типах леса отличаются значительно меньшей густотой, более поздней кульминацией прироста по запасу и низкими значениями критерии полноты. Впервые в районе исследований на экспериментальном материале выявлены закономерности формирования различных фракций надземной фитомассы деревьев сосны с учетом их возраста и рангового положения. Изучена возрастная динамика фракций фитомассы сосновых древостоев и их прироста по классам бонитета. Выявлены особенности исследуемых древостоев по структуре и темпам накопления надземной фитомассы. Впервые для исследуемого района составлены лесотаксационные нормативы по оценке стволовой и кроновой массы деревьев и древостоев сосны.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Особенности роста и критерии полноты древостоев сосны лишайникового типа леса на территории района исследований.

2. Эколо-ценотические закономерности формирования и регрессионные модели и таблицы надземной фитомассы деревьев сосны.

3. Особенности возрастной динамики и структуры надземной фитомассы исследуемых древостоев и нормативы по ее оценке.

Практическая значимость работы. Результаты работы имеют нормативно-справочное значение и могут быть использованы при проведении научных, лесоучетных и лесоводственно-биологических работ. Для практического применения составлены различные регрессионные уравнения и лесотаксационные нормативы. Теоретические и практические результаты работы используются в НИР и учебном процессе УГЛТУ и приняты для внедрения лесохозяйственными предприятиями Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО).

Обоснованность и достоверность выводов и предложений обеспечены достаточным объемом экспериментального материала, собранного с использованием обоснованных методик, а также применением современных математических методов, компьютерной техники и прикладных программ при его обработке и интерпретации полученных результатов.

Личный вклад автора. Сбор значительной части экспериментального материала и лабораторный анализ образцов фракций фитомассы выполнены лично автором или при его непосредственном участии. Автором выбран методический подход для решения программных вопросов, проведена камеральная обработка полевых материалов, разработаны уравнения и нормативы, сформулированы выводы и предложения.

Апробация работы. Основные положения и результаты исследований доложены на международных (Екатеринбург, 2009; Йошкар-Ола, 2010) и Всероссийских (Екатеринбург, 2007; 2008) конференциях.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 13 научных работ, в том числе 2 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы из 269 наименований (в том числе 41 на иностранных языках) и 4 приложений. Основной текст изложен на 188 страницах, иллюстрирован 22 рисунками и сопровожден 24 таблицами.

1. Природные условия района и объекты исследования

Район исследований расположен в Тазовско-Енисейской и Надымско-Пурской (в южной половине) лесорастительных провинциях в пределах северной подзоны лесной ландшафтно-географической зоны (Смолоногов, Вегерин, 1980).

Климат района резко континентальный и характеризуется дефицитом термоэнергетических ресурсов. Рельеф достаточно сложный: на территории четко выделяются возвышенные равнины, низменные равнины и низины. Почвы в районе по плодородию потенциально бедные с суровым для произрастания древесной растительности термическим и гидрологическим режимами.

Климатические условия и основной фон почвенного покрова района исследований обеспечивают рост и развитие насаждений преимущественно низкой производительности. Причем, в наибольшей степени они соответствуют биоэкологическим особенностям сосны.

Конкретными объектами наших исследований явились сосновки лишайникового типа леса, которые в районе имеют достаточное распространение (около 11%) и большое экологическое и хозяйственное значение.

2. Современное состояние проблемы исследований

2.1. Ход роста древостоев

Особенности роста древостоев в различных лесорастительных условиях и методы его оценки освещены в работах многих отечественных и зарубежных исследователей (Орлов, 1925; Тюрин, 1931; Третьяков, 1937; Assmann, 1961; Grossmann, 1963; Assmann, Franz, 1967; Верхунов, 1975; Lembcke и.а 1975; Загреев, 1978; Свалов, 1978; Кузьмичев, 1977, 1980; Розин, 1977; Лосицкий, Чуенков, 1980; Атрощенко, 1986; Кишенков, 1990; Загреев и др., 1992; Лебков, 1992; Луганский, Нагимов, 1994; Казимиров, 1995; Loskow, 1995; Гурский, 1997; Колтунова, 2004; и др.). В последние годы активно развивается новое направление в обеспечении лесохозяйственного производства и лесоустройства нормативно-справочными материалами – актуализация лесотаксационных нормативов (Черных, 2002;

Мальков, 2007; и др.). В главе дается анализ методов составления таблиц хода роста (ТХР), различных направлений исследований роста и продуктивности древостоев. Отдельно рассмотрены работы, посвященные вопросам составления стандартных таблиц (Вагин, 1976, Анучин 1982; Швиденко, 1983; Загреев и др., 1992; Немич, 1997; Нагимов, 2000; и др.).

2.2. Фитомасса деревьев и древостоев

В разные годы изучение фитомассы деревьев и древостоев являлось составной частью физиологических, ресурсоведческих и экологических исследований (Burger, 1929, 1937, 1948; Ватковский, 1969; Уткин, 1970, 1982; Молчанов, 1971; Смирнов, 1971; Аткин, 1974, 1994; Иванчиков, 1974; Семечкина, 1978; Соколов, 1978; Spank 1982; Pellinen, 1984; Гордина, 1985; Усольцев, 1985, 1988, 1993, 1998, 2002; Fiedler, 1987, 1991; Бахтин, 1988; Нагимов, 1988, 2000; Heisdorf Krauss, 1990; Мамонов, 1991; Курбанов, 1994, 2002; Казанкин, 2002; Евдокимов, 2003; Бабич и др., 2004; Петров, 2004; Вараксин и др., 2008; Биржов, 2009).

В последние годы согласно решениям Киотского протокола многие страны, в том числе и Россия, приступили к реализации программ по связыванию и консервации углерода в его глобальном круговороте. В свете указанной проблемы особо следует отметить значимость работ, связанных с изучением географических закономерностей распределения фитомассы и первичной продукции (Усольцев, 2002; Максимов, 2003; Белоусов, 2006; Воробьев, 2006; Норицина, 2009; и др.) и расчетом бюджета углерода лесов крупных регионов (Макаревский, 1991; Алексеев, Бердси, 1994; Курбанов, 2002; Щепашенко, 2005; Швиденко и др., 2007; и др.).

Анализ литературных данных позволяет сделать заключение, что в районе исследований леса в таксационном отношении практически не изучены, а целенаправленные работы по оценке фитомассы деревьев и древостоев со сбором экспериментального материала ранее не проводились.

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 основу исследований положен метод пробных площадей (ПП), которые закладывались с учетом теоретических положений лесной таксации и требований ОСТ 56-69-83. На временных ПП выполнялся сплошной перечет деревьев по элементам леса, классам роста и развития по Крафту и ступеням толщины. На постоянных ПП деревья предварительно были пронумерованы с отметкой высоты 1,3 м. После этого проводилась их индивидуальная оценка: определялись диаметр, высота, класс Крафта, размеры короны.

У модельных деревьев, отобранных для ступеней толщины по способу пропорционального представительства, кроме основных таксационных показателей, определялась надземная фитомасса по фракциям: древесина ствола, кора ствола, древесина ветвей, кора ветвей, хвоя, генеративные органы (шишки) и отмершие ветви. Масса стволов, крон, охвоенной части ветвей (древесной зелени), генеративных органов и отмерших ветвей определялась непосредственным взвешиванием, а масса хвои - по навескам древесной зелени. Определение соотношений древесины и коры в стволе и ветвях, а также перевод фракций фитомассы в абсолютно сухое состояние производились по пробным образцам (Усольцев, Нагимов, 1988).

Для разработки нормативов полноты дополнительно в высокополнотных насаждениях закладывались релаксационные площадки, на которых определялись сумма площадей поперечных сечений и средние значения возраста, диаметра и высоты деревьев согласно требованиям лесостроительной инструкции.

Таксационные показатели модельных деревьев и древостоев на пробных площадях устанавливались в соответствии с общепринятыми в лесной таксации методами, действующими ГОСТами и инструкциями. Определение запасов фракций фитомассы в свежесрубленном и абсолютно сухом состояниях производилось на основе соответствующих данных модельных деревьев, выровненных графическим способом в зависимости от их диаметров, и материалов перечета деревьев.

При составлении ТХР определение принадлежности древостоев к одному естественному ряду производилось с учетом методических рекомендаций Г.С. Разина (1977) и ЦНИИЛХ (Анучин, 1982) с некоторыми изменениями и уточнениями.

При обработке экспериментальных данных, описании парных и множественных зависимостей использовались средства статистико-графических систем STATGRAPHICS Plus for Windows и STATISTICA 6.0. Для оценки разрабатываемых уравнений вычислялись коэффициент детерминации (R^2), стандартная ошибка (δ) и достоверность коэффициентов по критерию Стьюдента (t). Последний показатель из-за ограниченного объема в автореферате не приводится.

3.3. Объем выполненных работ

В ходе полевых работ нами заложено 26 ПП, в том числе три постоянные с повторными перечетами. Ими охвачены чистые сосняки I - VII классов возраста с относительной полнотой 0,45-0,75. На ПП взято 191 модельное дерево, а также у более 600 растущих деревьев сосны измерены высоты и линейные размеры крон (протяженность и диаметр). Для анализа влажности и соотношений фракций фитомассы взято более 900 древесных дисков ствола, 190 образцов древесины и коры ветвей и столько же навесок хвои. Кроме того, привлечены материалы по 16 пробным площадям (с коронами).

относительной полнотой 0,45-1,0), заложенными в изучаемом типе леса в прошлые годы при лесоустройстве.

Для установления критериев нормальности в 14 выделах с относительной полнотой 0,9 и выше заложены 30 реласкопических площадок.

4. Рост и продуктивность сосновых древостоев

Рост и продуктивность древостоев в районе исследований изучены крайне слабо. При таксации лесов и ведении лесного хозяйства применяются нормативы, составленные для других районов страны.

4.1. Ход роста модальных сосновых древостоев

Предварительный анализ экспериментального материала показал, что сосняки лишайниковые в районе исследований растут по V и Va классам бонитета, поэтому представляется целесообразным разработку TXP проводить дифференцированно по этим двум уровням производительности.

При составлении TXP на первом этапе исследовались связи средних значений высоты (H), диаметра (D), а также сумм площадей сечений (G) древостоев от их среднего возраста (A). Обобщение литературных (Анучин, 1982; Вагин, 1993; Колтунова, 2004; и др.) и анализ экспериментальных данных позволили предложить для выражения роста исследуемых древостоев по высоте и диаметру уравнение Корсуня:

$$H(D) = A^2 / a_0 + a_1 A + a_2 A^2. \quad (4.1)$$

Показатели уравнений, полученные отдельно по классам бонитета, приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1 - Характеристика уравнений $H(D) = A^2/a_0 + a_1A + a_2A^2$

| Показатель | Значения коэффициентов | | | R^2 | δ | № уравнения |
|-------------------|------------------------|----------|----------|-------|----------|-------------|
| | a_0 | a_1 | a_2 | | | |
| Класс бонитета V | | | | | | |
| Высота, м | -9,11992 | 5,921530 | 0,022449 | 0,970 | 0,72 | (4.2) |
| Диаметр, см | 149,0947 | 2,359233 | 0,022589 | 0,973 | 1,11 | (4.3) |
| Класс бонитета Va | | | | | | |
| Высота, м | 57,50082 | 7,704683 | 0,023432 | 0,957 | 0,78 | (4.4) |
| Диаметр, см | 285,4093 | 3,379124 | 0,020006 | 0,954 | 1,35 | (4.5) |

При описании зависимостей сумм площадей сечений древостоев от их возраста лучшие результаты обеспечили уравнения полиномиальной регрессии вида

$$Y = a_0 + a_1X^1 + a_2X^2 + \dots + a_nX^n. \quad (4.6)$$

По данным соответствующих пробных площадей нами получены следующие уравнения:

для древостоев V класса бонитета

$$G = 1,408910 + 0,232501A - 0,000855A^2, R^2=0,839, \delta = 2,60 \text{ м}^2; \quad (4.7)$$

для древостоев Va класса бонитета

$$G = 1,408910 + 0,232501A - 0,000855A^2, R^2=0,851, \delta = 2,70 \text{ м}^2 \quad (4.8)$$

Известно, что при выявлении динамики запасов наиболее удобным расчетным приемом является использование средних видовых высот (HF), выровненных в зависимости от высоты древостоя. На нашем экспериментальном материале влияние классов бонитета на характер этой связи не обнаруживается. Поэтому получено общее для исследуемого типа леса уравнение

$$HF = 0,97691 + 0,44448H, R^2=0,975, \delta = 0,08 \text{ м} \quad (4.9)$$

В целом статистические показатели разработанных уравнений свидетельствуют, что они вполне корректно передают характер исследуемых зависимостей. Все остальные таксационные показатели, включаемые в TXP нами получены расчетным путем. Фрагмент разработанной таблицы для древостоев V класса бонитета приведен ниже (табл. 4.2).

Таблица 4.2 - Ход роста сосновых древостоев V класса бонитета

| Возраст, лет | Средняя высота, м | Средний диаметр, см | Число деревьев, шт/га | Абсолютная полнота, м ² /га | Видовое число | Запас, м ³ /га | Изменение запаса, м ³ /га | |
|--------------|-------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------------------|---------------|---------------------------|--------------------------------------|---------|
| | | | | | | | среднее | текущее |
| 20 | 3,4 | 2,3 | 15218 | 6,32 | 0,732 | 16 | 0,80 | - |
| 40 | 6,1 | 5,7 | 3920 | 10,00 | 0,605 | 37 | 0,93 | 1,10 |
| 60 | 8,4 | 9,7 | 1755 | 12,96 | 0,561 | 61 | 1,02 | 1,20 |
| 80 | 10,5 | 13,3 | 1095 | 15,21 | 0,537 | 86 | 1,08 | 1,20 |
| 100 | 12,4 | 16,4 | 789 | 16,65 | 0,523 | 108 | 1,08 | 1,00 |
| 120 | 14,1 | 19,0 | 620 | 17,56 | 0,513 | 127 | 1,06 | 0,90 |
| 140 | 15,5 | 21,2 | 503 | 17,74 | 0,508 | 139 | 1,00 | 0,50 |

В целом результаты исследований свидетельствуют о том, что ход роста сосновых древостоев в лишайниковом типе леса следует изучать дифференцированно по классам бонитета. В одинаковом возрасте сосняки V класса бонитета характеризуются более высокими значениями диаметра (на 19,8-36,8%), высоты (20,6-34,4%), запаса (22,3-43,2%) и меньшими показателями густоты (48,3-93,8%) и видовыми числами (2,9-12,1%); в них кульминация приростов по всем основным показателям наступает раньше и их абсолютные значения выше, чем в сосняках Va класса бонитета.

Необходимость разработки дифференцированных по классам бонитета TXP в лишайниковом типе леса подтверждается сравнением наших данных с материалами TXP Е.П. Смолоногова (1970). Последние были составлены для модальных сосняков лишайниковых северной и средней подзон тайги Западной Сибири без учета классов бонитета на экспериментальном материале пробных площадей, заложенных преимущественно при лесоустройстве. Сравнительный анализ показал, что составленные без учета классов бонитета TXP не могут обеспечить необходимой точности. Так, TXP Е.П. Смолоногова по сравнению с нашей для сосняков лишайниковых

Va класса бонитета при одинаковом возрасте древостоев показывает более высокие значения высоты (на 21,1-85%), диаметра (на 15,9-91,3%), запаса (на 92,6-204,8%) и более низкие видовые числа (на 2,3-18,9%). Густота древостоев по TXP Е.П. Смоловогова до 100-летнего возраста ниже (на 8,7-46,5%), а в более старшем возрасте - выше (на 3,3-20,9%), чем по нашей TXP.

Для выявления особенностей роста сосновых лишайниковых в районе исследований было проведено сопоставление показателей разработанных TXP с показателями TXP других авторов, составленных для сосновых V класса бонитета (Третьяков и др., 1952; Загреев и др., 1992). Результаты сравнительного анализа позволяют констатировать, что сосновые лишайниковые в районе исследований отличаются очень низкой густотой, особенно в средневозрастных, приспевающих и спелых насаждениях. На наш взгляд, значительное уменьшение количества деревьев на 1 га в сосновых лишайниковых более старшего возраста связано не только с особенностями их самоизреживания, но и часто повторяющимися лесными пожарами.

Исследуемые сосновые отличаются меньшими значениями среднего диаметра. Известно, что в одном классе бонитета расхождение по диаметру между древостоями одинакового возраста в значительной степени определяется их густотой произрастания: чем она больше, тем меньше средний диаметр. При сравнении исследуемых сосновых с сосновыми других районов и типов леса данная закономерность нарушается. Выявляется, что при одинаковом среднем диаметре число деревьев в исследуемых сосновых значительно ниже.

Сосновым лишайниковым района исследований свойственна поздняя кульминация текущего (в 65 лет в древостоях V класса бонитета и в 75 лет в древостоях Va класса) и среднего (соответственно в 90 и 110 лет) приростов по запасу.

4.2. Нормативы полноты и запаса сосновых древостоев

В настоящее время многие исследователи для повышения точности стандартной таблицы полнот и запасов при сохранении простоты и удобства ее конструкции считают целесообразным в качестве входов использовать среднюю высоту древостоев и класс бонитета (Вагин, 1976; Загреев, 1978; Верхунов и др., 1991; и др.).

Для установления критериев полноты нами на график были нанесены суммы площадей сечений деревьев на 1 га по данным всех пробных площадей (в том числе использованных при составлении TXP) и релаксационных площадок в зависимости от средней высоты древостоев. Выявлено, что в исследуемом типе леса влияние класса бонитета на зависимость абсолютных полнот от средней высоты не обнаруживается. Поэтому для древостоев V и Va классов в исследуемом типе леса данная зависимость может быть передана одной линией. Видимо, данное обстоятельство объясняется низким уровнем производительности сосновых лишайниковых.

Процедура составления стандартной таблицы заключалась в следующем. На первом этапе по наивысшим значениям сумм площадей сечений графическим способом проводилась выравнивающая линия. Затем эта линия сглаживалась аналитически. Обобщение литературных (Вагин, 1976; Колтунова, 2004; и др.) и анализ экспериментальных данных позволили предложить для этой цели в исследуемом интервале высот уравнение полинома второго порядка, которое имеет следующий вид:

$$G = 0,98000 + 2,71477H - 0,06557H^2, R^2=0,999, \delta = 0,165 \text{ м}^2. \quad (4.10)$$

На втором этапе по данным пробных площадей, имеющих относительную полноту 0,8 и выше, получено уравнение зависимости видовой высоты древостоев от их высоты

$$HF = 0,97691 + 0,44448H, R^2=0,974, \delta = 0,09 \text{ м}. \quad (4.11)$$

Статистические показатели уравнений (4.10) и (4.11) указывают, что они верно передают характер рассматриваемых зависимостей.

На заключительном этапе для однometровых ступеней высоты по уравнениям (4.10) и (4.11) определялись, соответственно, суммы площадей сечений и видовые высоты и на их основе – запасы по формуле $M = G * HF$. Полученные результаты в сокращенном виде приведены в табл.4.3.

Таблица 4.3 - Стандартные значения сумм площадей сечений и запасов сосновых древостоев в лишайниковом типе леса

| Высота, м | Сумма площадей сечений, м ² | Видовая высота, м | Запас, м ³ |
|-----------|----------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| 4 | 10,79 | 2,81 | 30 |
| 6 | 14,91 | 3,72 | 55 |
| 8 | 18,50 | 4,62 | 85 |
| 10 | 21,57 | 5,53 | 119 |
| 12 | 24,12 | 6,44 | 155 |
| 14 | 26,13 | 7,35 | 192 |
| 16 | 27,64 | 8,26 | 228 |
| 18 | 28,60 | 9,17 | 262 |

Сравнительный анализ показал, что при одинаковых средних высотах древостоев суммы площадей сечений в таблицах ЦНИИЛХ на 16,4-25,6% и В.В. Загреева (Загреев и др., 1992) на 0,2-31,7% выше, чем в нашей. Причем, с увеличением высоты различия закономерно снижаются. Существенные расхождения обнаруживаются и при сравнении наших критериев полноты с аналогичными показателями из таблиц Е.П. Смоловогова (Справочные таблицы..., 1970) для сосновых северной и средней подзон тайги. Суммы площадей сечений древостоев из этих таблиц при одинаковых высотах на 8,2-31,7% выше, чем наши. В данном случае с увеличением высоты различия закономерно повышаются.

Таким образом, критерии полноты сосновых древостоев, полученные на экспериментальном материале, собранном исключительно в лишайниковом типе леса, характеризуются сравнительно низкими значениями. Ред-

костность сосняков лишайниковых в исследуемом районе общеизвестна и эта их природная особенность должна быть учтена при разработке нормативно-справочных материалов.

5. Закономерности формирования надземной фитомассы деревьев

5.1. Связи фракций надземной фитомассы деревьев с их таксационными показателями

Экспериментальной основой исследований послужили данные 191 модельного дерева. Выявлено, что масса стволов наиболее тесно связана с их объемом ($\eta = 0,994$) и показателем d^2h ($\eta = 0,950$). В отношении массы крон (хвои) сложно выделить показатель, который по тесноте связи существенно превосходит другие. Так, примерно одинаковой теснотой ($\eta = 0,827-0,885$) характеризуются связи массы крон с объемом стволов, видовым цилиндром, относительной площадью сечения, диаметром ствола у основания кроны, длиной и диаметром кроны. Линейные размеры ствола (диаметр и высота) более информативны при оценке массы стволов, а размеры крон – массы крон и хвои. Связь массы стволов с возрастом деревьев по тесноте значительная ($\eta = 0,637$), а массы крон и хвои – умеренная ($\eta = 0,508-0,522$). Наблюдается достаточно тесная связь между массой и возрастом крон ($\eta = 0,798$). Связи стволовой и кроновой массы деревьев от показателя условий местопроизрастания насаждений (в качестве которого использовалась высота древостоев в 100 лет) оказались слабыми и недостоверными. Данное положение можно объяснить сравнительно небольшим диапазоном варьирования показателя H_{100} в отдельно взятом типе леса.

В целом, информативность одних и тех же таксационных показателей при оценке массы стволов и массы крон (хвои) различна.

Практически все исследованные связи носят криволинейный характер. Многие исследователи (Усольцев, 1985; Курбанов, 2003; Уварова, 2006; и др.) для описания подобных зависимостей используют степенную функцию ($y=ax^b$), приведенную логарифмированием к линейному виду ($\ln y=\ln a+b\ln x$). Хорошие результаты эта функция обеспечила и при выражении исследованных нами зависимостей.

5.2. Регрессионные уравнения и нормативы надземной фитомассы деревьев

5.2.1. Оценка фракций надземной фитомассы деревьев с использованием их таксационных показателей

Анализ экспериментальных материалов, а также обобщение литературных данных (Усольцев, 1985; Шевелина, 1993; и др.) свидетельствуют, что закономерности формирования фитомассы деревьев наиболее объективно могут быть выявлены на основе уравнений множественной регрессии. Причем, в специальной литературе отмечается, что с биологических

позиций в такие уравнения в качестве определяющих факторов следует включать таксационные показатели деревьев (диаметр, высоту и возраст) и показатель, характеризующий лесорастительные условия.

Учитывая имеющейся опыт в данном направлении исследований фитомассы (Усольцев, 1985, 1988; Суставова, 2004; Уварова, 2006; и др.) и характер зависимостей массы фракций деревьев от вышеперечисленных показателей по нашим экспериментальным данным, в качестве базовой принято следующее уравнение множественной регрессии:

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln D + a_2 \ln H + a_3 \ln A + a_4 \ln D * \ln H. \quad (5.1)$$

Статистические показатели уравнения (5.1) для фракций фитомассы деревьев в абсолютно сухом состоянии приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1. Характеристика уравнений множественной регрессии вида

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln D + a_2 \ln H + a_3 \ln A + a_4 \ln D * \ln H$$

| Константы, факторы и показатели точности | Фракция фитомассы | | | | |
|------------------------------------------|-------------------|----------------|---------|---------|------------------|
| | ствол в коре | ствол без коры | крона | хвоя | древесная зелень |
| a_0 | -3,0170 | -3,2556 | -1,6698 | -2,4577 | -0,7323 |
| $a_1(\ln D)$ | 1,4721 | 1,5816 | 2,3901 | 2,3686 | 2,2484 |
| $a_2(\ln H)$ | 0,4478 | 0,4492 | -1,1644 | -0,4915 | -0,3875 |
| $a_3(\ln A)$ | 0,1445 | 0,1010 | -0,2376 | -0,3694 | -0,5182 |
| $a_4(\ln D * \ln H)$ | 0,1457 | 0,1442 | 0,1914 | - | - |
| R^2 | 0,996 | 0,997 | 0,978 | 0,956 | 0,955 |
| δ , кг | 0,12 | 0,10 | 0,27 | 0,34 | 0,32 |
| № уравнения | (5.2) | (5.3) | (5.4) | (5.5) | (5.6) |

В целом табличные данные позволяют считать, что разработанные уравнения вполне адекватны и корректны экспериментальным материалам. На их основе составлены таблицы, которые дают детальное представление о структуре и динамике надземной фитомассы и могут успешно применяться при лесооценочных работах.

Следует отметить, что на основе таких уравнений с очень низкой точностью оценивается масса генеративных органов (шишек). Специальные исследования показали, что варьирование урожая шишек не может быть объяснено только размерами деревьев. В наших исследованиях масса шишек учтена в общей массе крон.

В исследуемых древостоях наблюдаются четкие закономерности как в изменении абсолютных значений отдельных фракций надземной фитомассы деревьев в зависимости от их возраста и линейных размеров, так и соотношений этих фракций между собой. Полученные результаты позволяют отметить следующее. При прочих равных показателях фитомасса стволов увеличивается с повышением возраста, диаметра и высоты деревьев, а крон и их структурных частей – с повышением диаметра и уменьшением возраста и высоты. Эти особенности формирования фракций надземной фитомассы деревьев связаны с ценотическими условиями произраста-

ния, возрастными изменениями полнодревесности стволов и плотности древесины, а также рангов деревьев одинаковых размеров.

Доля крон в общей фитомассе деревьев в абсолютно сухом состоянии колеблется в пределах от 8,3 до 45,0% (хвои – от 3,6 до 19,2%). Она закономерно увеличивается с повышением диаметра, уменьшением высоты и возраста деревьев. Вес хвои в общей фитомассе крон у деревьев различного диаметра, высоты и возраста составляет 21,1-63,8%. При прочих равных условиях охвоенность крон увеличивается с уменьшением диаметра и возраста деревьев и повышением их высоты. Содержание коры в общей фитомассе у деревьев разных размеров и возраста колеблется от 6,8 до 25,4%. Оно закономерно увеличивается с уменьшением диаметра и возраста деревьев и практически не зависит от их высоты.

Деревья одинаковых размеров и возраста в сосняках лишайниковых по сравнению с сосняками V класса бонитета Среднего Урала отличаются меньшей фитомассой стволов (на 5,2-14%), крон (на 17,5-25,2%) хвои (15,5-25,7) и большей долей коры в стволовой массе (на 3,8-6,4%). Более низкие значения массы стволов в исследуемых сосняках объясняются их меньшей полнодревесностью, связанной с низкой густотой произрастания, а крон и хвои – менее активными физиологическими процессами, протекающими в древесном пологе.

5.2.2. Оценка фитомассы крон с использованием их возраста и диаметра стволов

У деревьев сосны кроме размеров кроны (диаметр, протяженность, объем) можно достаточно легко и объективно определить ее возраст (A_k) – возраст нижней мутовки (ветви). Причем в молодых древостоях до 40-50 лет этот показатель можно установить без валки деревьев. Нами изучена зависимость возраста кроны от ее линейных размеров и таксационных показателей деревьев.

Наиболее тесная связь наблюдается между возрастом кроны и возрастом дерева ($\eta = 0,934$). Менее тесные связи выявлены между возрастом кроны и линейными размерами ствола. Причем рассматриваемый показатель коррелирует с диаметром ствола ($\eta = 0,819$) в несколько меньшей степени, чем с высотой ($\eta = 0,829$). Корреляция возраста кроны с объемом ствола оказалась значительной ($\eta = 0,675$), хотя и самой слабой из рассматриваемых зависимостей. Тесные связи наблюдаются также между возрастом кроны и ее диаметром ($r=0,740$) и длиной ($r=0,787$).

В целом, результаты исследований подтверждают имеющиеся в специальной литературе данные (Лебков, 1993; Сальникова, 2005; и др.) о наличии в естественных древостоях природной закономерности в изменении возраста крон и свидетельствуют о возможности использования этого показателя при оценке фракций фитомассы крон.

На основе анализа экспериментального материала и с учетом технологичности определяющих факторов нами подобрана следующая структура уравнения:

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln D + a_2 \ln A_k \quad (5.7)$$

Статистические характеристики полученных уравнений по оценке фитомассы крон и их структурных частей приведены в табл.5.2.

Таблица 5.2. Характеристика уравнений множественной регрессии вида:

| Фракция фитомассы | Значение коэффициентов | | | R^2 | δ , кг | № уравнения |
|-------------------|------------------------|--------|---------|-------|---------------|-------------|
| | a_0 | a_1 | a_2 | | | |
| Крона | -3,4835 | 2,2092 | -0,0528 | 0,964 | 0,31 | (5.8) |
| Хвоя | -3,4704 | 2,0541 | -0,2202 | 0,958 | 0,30 | (5.9) |
| Древесная зелень | -1,9584 | 2,0881 | -0,3770 | 0,953 | 0,31 | (5.10) |

Область применения уравнений ограничивается возрастом древостоев от 18 до 50 лет. В этом возрастном интервале в сосняках лишайниковых возраст крон может быть определен без особых затруднений на растущих деревьях. Все уравнения характеризуются высокими коэффициентами детерминации. Следовательно, изменчивость массы крон и их структурных частей в молодняках достаточно полно объясняется диаметром ствола и возрастом кроны. Знаки коэффициентов уравнений свидетельствуют, что при одинаковой толщине деревьев масса крон и их структурных частей уменьшается с увеличением возраста кроны. Это объясняется тем, что при одинаковом диаметре больший возраст кроны имеют более старые деревья, характеризующиеся в древостое сравнительно низким ранговым положением.

На основе указанных уравнений составлены таблицы, которые могут быть использованы при оценке фитомассы крон деревьев в молодняках.

6. Закономерности формирование надземной фитомассы сосновых древостоев

Экспериментальной основой данных исследований послужили материалы 26 ГП, которые были использованы при составлении ТХР. В исследуемых древостоях запасы надземной фитомассы варьируют в достаточно широких пределах. Так, по отдельным пробным площадям масса стволов в свежесрубленном состоянии колеблется от 9,4 до 130,1 т/га, масса крон – от 7,1 до 23,2 т/га, а масса хвои – от 3,6 до 8,1 т/га. При прочих равных условиях наивысшими запасами надземной фитомассы характеризуются древостои V класса бонитета. В пределах отдельных классов бонитета фитомасса древостоев изменяется в зависимости от их возраста.

6.1. Зависимость запасов фракций надземной фитомассы древостоев от их таксационных показателей

Запас стволов по массе тесно связан с их запасом по объему ($r=0,970$). Связи кроновой массы древостоев с их таксационными показателями значительно слабее. В частности, связь между фитомассой крон и запасом древостоев по всей совокупности пробных площадей выражается корреляционным отношением равным 0,611. В еще меньшей степени этот показатель связан с суммой площадей сечения деревьев ($\eta=0,547$).

Некоторые исследователи (Семечкина, 1978; и др.) отмечают, что фитомасса структурных фракций кроны (ветвей и хвои) лучше оценивается через размерные показатели средних деревьев. По нашим данным, в пределах классов бонитета теснота связи фитомассы крон со средним диаметром древостоев ($\eta =0,628-0,635$) оказалась несколько выше, чем со средней высотой ($\eta=0,520-0,538$). Однако и средний диаметр при оценке массы крон в древостоях одного класса бонитета не обеспечивает значительных преимуществ перед запасом и абсолютной полнотой древостоев.

В связи с вышеизложенным нами при составлении таблиц возрастной динамики надземной фитомассы древостоев применен метод выравнивания данных по фитомассе в зависимости от возраста с учетом естественных возрастных рядов. Следует отметить, что в специальной литературе есть мнение, что этот метод при разработке таблиц биопродуктивности на ограниченном экспериментальном материале является единственным правильным (Уткин, 1982). В нашем случае он позволяет состыковать данные по фитомассе с ранее разработанными ТХР древостоев и получить более информативные (многофункциональные) лесотаксационные нормативы.

При описании зависимостей отдельных фракций надземной фитомассы древостоев от их среднего возраста лучшие результаты обеспечили уравнения полиноминальной регрессии вида

$$Y = a_0 + a_1 X^1 + a_2 X^2 + \dots + a_n X^n. \quad (6.1)$$

Полученные отдельно по классам бонитета показатели уравнений (6.1) для различных фракций абсолютно сухой фитомассы приведены в табл.6.1. Все разработанные уравнения характеризуются сравнительно низкими для подобных зависимостей ошибками. Коэффициенты детерминации свидетельствуют о правильности подобранных для аппроксимации линий. Причем, в исследуемых древостоях при описании возрастной динамики фитомассы запасов крон вполне надежные результаты обеспечивает полиноминальное уравнение второй степени, а зависимость запасов фитомассы стволов и хвои от возраста точнее передается полиномом третьей степени. Таким образом, разработанные нами уравнения можно считать вполне приемлемыми при изучении возрастной динамики запасов надземной фитомассы. Область их использования ограничивается диапазоном варьирования возраста в древостоях пробных площадей – от 18 до 139 лет.

Таблица 6.1. Характеристика уравнений зависимости запасов фракций надземной фитомассы древостоев от их возраста

| Фракция фитомассы, т/га | Значения коэффициентов | | | | R^2 | δ | № |
|-------------------------|------------------------|----------|-----------|-----------|-------|----------|-----|
| | a_0 | a_1 | a_2 | a_3 | | | |
| Класс бонитета V | | | | | | | |
| Ствол в коре | 0,16702 | 0,223807 | 0,004576 | -0,000022 | 0,842 | 0,16 | 6.2 |
| Ствол Без коры | 0,60192 | 0,127852 | 0,004835 | -0,000022 | 0,840 | 0,20 | 6.3 |
| Крона | 1,38714 | 0,116572 | -0,000242 | | 0,724 | 0,13 | 6.4 |
| Хвоя | 0,75283 | 0,069677 | -0,000620 | 0,000002 | 0,698 | 0,07 | 6.5 |
| Класс бонитета Va | | | | | | | |
| Ствол в коре | -1,22433 | 0,096454 | 0,004236 | -0,000018 | 0,838 | 0,21 | 6.6 |
| Ствол Без коры | -0,43856 | 0,031343 | 0,004300 | -0,000017 | 0,842 | 0,17 | 6.7 |
| Крона | 0,72835 | 0,103588 | -0,000172 | | 0,718 | 0,17 | 6.8 |
| Хвоя | 0,66464 | 0,057790 | -0,000484 | 0,000001 | 0,712 | 0,03 | 6.9 |

6.2. Возрастная динамика надземной фитомассы древостоев

На основе разработанных уравнений составлена таблица возрастной динамики запасов фитомассы исследуемых сосняков, фрагмент которой приведен ниже (табл.6.2). Она служит дополнением к ранее составленным ТХР древостоев и значительно повышает их информативность. Корректность этого дополнения обеспечивается тем, что соответствующие уравнения получены по данным пробных площадей, которые составляли отдельные звенья естественных возрастных рядов при составлении ТХР.

Анализируя полученные данные, необходимо отметить следующее. Возрастная динамика общей фитомассы стволов подчинена тем же закономерностям, что и запасов древостоев по объему. Возраст кульминации текущего и среднего приростов по запасу фитомассы стволов (изменений запасов) выше в насаждениях более низкой производительности, а в древостоях одного класса бонитета он для абсолютно сухой фитомассы выше, чем для свежесрубленной. Последнее, на наш взгляд, объясняется возрастными изменениями влажности древесины.

Масса одного кубического метра древесины в коре в свежесрубленном состоянии уменьшается с увеличением возраста древостоев: в сосняках V класса бонитета с 878 кг (в 20 лет) до 743 кг (в 140 лет), а в сосняках Va класса бонитета – с 871 кг (в 30 лет) до 736 кг (в 140 лет). Это связано с уменьшением влажности древесины по мере старения деревьев. В абсо-

Таблица 6.2. Динамика таксационных показателей и надземной фитомассы сосновых древостоев V класса бонитета

(числитель - свежесрубленное состояние; знаменатель – абсолютно сухое)

| Воз- раст, лет | Высо- та, м | Запас, м ³ /га | Фитомасса, т/га | | | | |
|----------------------|----------------|------------------------------|-----------------|-------------------------------|---------------|----------------|--------------|
| | | | Стволов | | крон | | |
| | | | всего | в том числе древе- сины | Коры | | всего |
| | | | | | | | |
| 20 | 3,4 | 16 | 14,04 6,40 | 11,23 4,94 | 2,81 1,46 | 8,58 3,71 | 4,63 1,91 |
| 40 | 6,0 | 37 | 32,15 15,01 | 26,70 12,07 | 5,45 2,94 | 12,84 5,66 | 6,10 2,65 |
| 60 | 8,4 | 61 | 52,35 25,25 | 44,09 20,96 | 8,26 4,29 | 16,33 7,51 | 6,76 3,06 |
| 80 | 10,5 | 86 | 70,74 35,95 | 60,82 30,59 | 9,92 5,36 | 19,04 9,16 | 6,82 3,20 |
| 100 | 12,4 | 109 | 86,27 46,02 | 75,32 39,89 | 10,95 6,13 | 20,98 10,62 | 6,48 3,16 |
| 120 | 14,1 | 127 | 97,40 54,40 | 86,01 47,81 | 11,39 6,59 | 22,15 11,89 | 5,96 3,02 |
| 140 | 15,5 | 139 | 103,30 60,02 | 91,89 52,97 | 11,41 7,05 | 22,54 12,86 | 5,47 2,86 |

Лютно сухом состоянии этот показатель с повышением возраста древостоев, наоборот, закономерно увеличивается: в сосняках V класса бонитета с 400 до 432 кг, а в сосняках Va класса – с 407 до 433 кг. Данный факт объясняется возрастными изменениями плотности древесины.

Запасы хвои с повышением возраста энергично увеличиваются и, достигнув максимума, постепенно снижаются. Такое положение объясняется тем, что после полного освоения древостоем ресурсов местообитания, отчуждения из биологического круговорота и депонирования в многолетние органы деревьев (в стволы и ветви) определенной части элементов минерального питания, прирост фитомассы хвои значительно уменьшается. Причем возраст кульминации запасов хвои в сосняках V класса бонитета наступает несколько раньше (в 70-80 лет), чем в сосняках Va класса (в 80-90 лет). Чем богаче лесорастительные условия, тем больше возможностей имеют древостои для увеличения темпов продуцирования а, следовательно, массы ассимиляционного аппарата. Поэтому сосняки V класса бонитета характеризуются большими запасами хвои, чем сосняки Va класса.

Возрастная динамика приростов (и текущего и среднего) фотосинтезирующей массы, в отличие от возрастной динамики приростов стволовой массы, передается не колоколообразной кривой с точкой перегиба, а вогнутой с максимумом в наименьшем возрасте. Причем, средний прирост

всегда является положительной величиной, а текущий после 70-80 лет принимает отрицательные значения.

Запасы крон (ветви + хвоя + генеративные органы) с возрастом закономерно повышаются. Таким образом, характер возрастной динамики запасов крон, с одной стороны, и хвои – с другой, существенно различается. Формирование запасов фитомассы крон в значительной степени определяется уровнем производительности насаждений. При одинаковом возрасте в сосняках V класса бонитета запасы крон значительно выше. В исследуемом интервале возрастов и текущий и средний приросты по запасам крон максимальных величин имеют при минимальных значениях возраста: в сосняках V класса бонитета в 20 лет, а в сосняках Va – в 30 лет. С увеличением возраста эти показатели закономерно уменьшаются.

В целом результаты данных исследований свидетельствуют, что отдельные фракции надземной фитомассы отличаются специфичностью возрастной динамики запасов и прироста. В основном это объясняется разновозрастностью стволов, ветвей и хвои деревьев, слагающих древостой.

6.3. Структура надземной фитомассы древостоев

В надземной фитомассе изучаемых сосняков преобладают фракции, длительно аккумулирующие органическое вещество – стволы и ветви. Следует отметить, что чем больше возраст органа дерева, тем выше его доля в общей фитомассе. Так, в свежесрубленной фитомассе древостоев доля стволов в коре составляет от 59,1 до 82,1%, ветвей – от 13,6 до 19,2%, а хвои – только от 4,3 до 22,7%. При одинаковом возрасте древостоев V класса бонитета отличаются более высокой долей стволовой древесины и, соответственно, меньшей долей крон в целом и хвои в том числе.

В сосняках одного класса бонитета соотношения фракций надземной фитомассы определяются возрастом древостоев: с его увеличением возрастает доля стволов и, соответственно, уменьшается доля крон (хвои). Подобные закономерности обнаруживаются и при изучении соотношений фракций абсолютно сухой фитомассы древостоев.

Доля сырой коры в общей фитомассе стволов в древостоях различных классов бонитета и возраста колеблется от 11,0 до 20,0%. Она несколько выше в насаждениях более низкой производительности. Значительное влияние на содержание коры оказывает возраст древостоев. С его увеличением процент сырой коры в общей фитомассе стволов заметно снижается: в сосняках V класса бонитета с 20,0 до 11,0%, а в сосняках Va класса – с 19,1 до 11,4%. Основной причиной такого положения является отпад коры на фоне постоянного нарастания древесины. Доля абсолютно сухой коры в общей фитомассе стволов несколько выше. Она в сосняках V класса бонитета составляет 11,7-22,8%, а в сосняках Va класса – 12,4-21,6%.

Таким образом, приведенные выше материалы свидетельствуют, что в зависимости от возраста и уровня производительности древостоев на-

блудается закономерное изменение не только абсолютных значений фракций надземной фитомассы, но и соотношений их между собой.

6.4. Влажность надземной фитомассы сосновых древостоев

В древостоях одного класса бонитета и возраста наиболее влажной фракцией надземной фитомассы является хвоя (90,1-142,4%), а наиболее сухой - кора стволов (56,7-92,5%). Это объясняется тем, что физиологические процессы, требующие высокой обводненности тканей, протекают в хвое, а кора выполняет в основном защитные функции. Влажность ветвей (76,3-131,3%) несколько выше влажности древесины стволов (72,1-127,3%).

Влажность всех фракций надземной фитомассы незначительно уменьшается при переходе от Va к V классу бонитета и существенно – с увеличением возраста древостоев.

6.5. Сравнительный анализ особенностей формирования надземной фитомассы сосновых древостоев

Анализ специальной литературы показал, что полученные нами материалы по фитомассе древостоев можно достаточно корректно сравнить с результатами подобных исследований на Среднем Урале (Нагимов, 2000). Выявляется, что при одинаковом классе бонитета и примерно одинаковой полноте исследуемые сосняки существенно отличаются от сосняков Среднего Урала по запасам надземной фитомассы. Только в молодом возрасте (в 20 лет) сравниваемые сосняки характеризуются близкими значениями запасов фракций надземной фитомассы древостоев. Отклонения в пользу сосняков Среднего Урала следующие: по запасам фитомассы стволов – 4,7%, корон и хвои – около 1%. В возрастном развитии древостоев темпы накопления запасов фитомассы, особенно короновой, в исследуемых сосняках значительно ниже. В 120 лет их отставание от сравниваемых сосняков выражается внушительными цифрами: по фитомассе стволов – 1,25 раза, корон – 2,24 раза и хвои – 1,97 раза.

Сравниваемые сосняки различаются и по структуре надземной фитомассы древостоев. Древостои сосняка лишайникового характеризуются меньшей долей корон (максимальная разница составляет 9,6%) и большей их охвоенностью (2,5%).

Таким образом, сосняки лишайниковые района исследований существенно отличаются по запасам и структуре надземной фитомассы древостоев от сосняков, произрастающих в других лесорастительных районах и типах леса.

Заключение

В районе исследований лесорастительные условия в лишайниковом типе леса обеспечивают формирование сосняков по V и Va классам бонитета. Поэтому лесоводственно-биологические и лесотаксационные исследования в данном типе леса целесообразно проводить с дифференциацией древостоев по классам бонитета.

Древостои сосняка лишайникового района исследований по сравнению с сосняками аналогичной производительности в других лесорастительных районах и типах леса отличаются значительно меньшей густотой, более поздней кульминацией текущего прироста по запасу и более высоким возрастом количественной спелости. При одинаковом среднем диаметре число деревьев в них значительно ниже, чем по ТХР других исследователей.

Стандартная таблица, составленная на экспериментальном материале, собранном исключительно в лишайниковом типе леса, отличается от аналогичных нормативов других исследователей сравнительно низкими значениями критериев полноты.

В исследуемых сосняках хорошие результаты при оценке надземной фитомассы деревьев обеспечивают уравнения множественной регрессии, в которых в качестве определяющих факторов используются возраст, диаметр и высота деревьев.

При прочих равных показателях фитомасса стволов увеличивается с повышением возраста, диаметра и высоты деревьев, а фитомасса корон и их структурных частей – с повышением диаметра и уменьшением возраста и высоты. Эти особенности формирования фракций надземной фитомассы деревьев определяются ценотическими условиями произрастания, возрастными изменениями полнодревесности стволов и плотности древесины, а также рангов деревьев одинаковых размеров.

Деревья одинаковых размеров и возраста в сосняках лишайниковых района исследований по сравнению с сосняками более южных районов отличаются меньшей фитомассой стволов, корон, хвои и большей долей коры в стволовой массе.

В исследуемых сосняках наблюдаются природные закономерности в изменении возраста корон деревьев. Этот показатель тесно связан с возрастом деревьев и их ранговым положением в древостоях. С использованием его можно разработать оригинальные модели для оценки основных фракций фитомассы корон.

В пределах естественных возрастных рядов при описании зависимостей отдельных фракций надземной фитомассы древостоев от их среднего возраста корректные результаты обеспечивают уравнения полиномиальной регрессии. Возрастная динамика запасов стволов и корон описывается монотонно возрастающей функцией, а хвои – колоколообразной кривой с точкой перегиба.

При прочих равных условиях с увеличением возраста древостоев и ухудшением лесорастительных условий масса одного кубического метра древесины в свежем состоянии уменьшается, а в абсолютно сухом – повышается. Доля коры в общем запасе фитомассы стволов незначительно уменьшается с понижением класса бонитета и существенно – с повышением возраста.

В древостоях одного класса бонитета и возраста наиболее влажной фракцией надземной фитомассы является хвоя, а наиболее сухой - кора стволов. Обводненность всех фракций уменьшается с увеличением возраста древостоев и ухудшением условий их произрастания.

Сосновые древостои лишайникового типа леса в районе исследований существенно отличаются по запасам и структуре надземной фитомассы от древостоев аналогичного уровня производительности, но произрастающих в других типах леса. Это объясняется спецификой роста древостоев в данном типе леса, которая определяется низкой первоначальной и текущей густотой древостоев.

По результатам исследований для производства подготовлены следующие нормативные материалы:

1. ТХР сосняков лишайниковых с данными по надземной фитомассе, дифференцированные по классам бонитета.
2. Трехходовые (возраст, диаметр и высота) и двухходовые (диаметр ствола и возраст кроны) таблицы надземной фитомассы деревьев сосны.
3. Стандартная таблица сумм площадей сечений и запасов древостоев.

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

1. Нагимов З.Я. Объекты долгосрочных наблюдений за ростом и продуктивностью лесных насаждений на территории Заповедно-природного парка «Сибирские увалы» / Нагимов З.Я., Нагимов В.З. // Экологические исследования восточной части Сибирских увалов: сб. науч. тр. заповедно-природного парка «Сибирские увалы». Нижневартовск: Вып.1, 2002. С. 52-59.
2. Нагимов З.Я. Распределение массы хвои по возрасту на деревьях сосны / Нагимов З.Я., Нагимов В.З. // Леса Урала и хозяйство в них: сб. науч. тр. Екатеринбург: Урал. лесотехн. ун-т, Вып. 24, 2004. С. 158-160.
3. Нагимов В.З. Зависимость фракций надземной фитомассы деревьев от их таксационных показателей / Нагимов В.З., Артемьева И.Н. // Научное творчество молодежи - лесному комплексу России: матер. III Всерос. науч.-техн. конф. Екатеринбург: Урал. лесотехн. ун-т, Ч.2, 2007. С. 110-112.
4. Нагимов В.З. Дифференциация и отпад деревьев в сосняках лишайниковых заповедно-природного парка «Сибирские увалы» / Нагимов В.З., Артемьева И.Н., Нагимов З.Я. // Леса России и хозяйство в них: сб. науч. тр. Екатеринбург: Урал. лесотехн. ун-т; Ботанический сад УрОРАН, Вып. 1 (29), 2007. С. 138-146.
5. Артемьева И.Н. Оценка лесовозобновления в лишайниковом типе леса в условиях ХМАО / Артемьева И.Н., Нагимов В.З., Киреева И.Л., Мезенцев Д.П., Нагимов З.Я. // Научное творчество молодежи - лесному ком-

плексу России: матер. IV Всерос. науч.-техн. конф. Екатеринбург: Урал. лесотехн. ун-т, Ч.2, 2008. С. 239-241.

6. Нагимов В.З. Структура надземной фитомассы сосновых древостоев в лишайниковом типе леса / Нагимов В.З., Артемьева И.Н., Нагимов З.Я. // Научное творчество молодежи - лесному комплексу России: матер. IV Всерос. науч.-техн. конф. Екатеринбург: Урал. лесотехн. ун-т, Ч.2, 2008. С. 244-247.

7. Нагимов З.Я. Масса и размеры шишек сосны в лишайниковом типе леса Ханты-Мансийского автономного округа / Нагимов З.Я., Артемьева И.Н., Нагимов В.З. // Лесной вестник, № 3, 2008. С. 50-53.

8. Нагимов В.З. Надземная фитомасса сосновых насаждений в лишайниковом типе леса / Нагимов В.З., Артемьева И.Н., Луганский Н.А., Нагимов З.Я. // Социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса в рамках концепции 2020: матер. VII междунар. науч.-техн. конф. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, Ч.2, 2009. С. 231-234.

9. Нагимов В.З. Особенности формирования надземной фитомассы сосновых насаждений лишайникового типа леса / Нагимов В.З., Артемьева И.Н., Луганский Н.А., Нагимов З.Я. // Леса России и хозяйство в них: жур. Вып. 2 (32). Екатеринбург: Урал. лесотехн. ун-т, 2009. С. 3-9.

10. Артемьева И.Н. Влажность фракций надземной фитомассы деревьев сосны / Артемьева И.Н., Нагимов В.З., Нагимов З.Я. // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: матер. VI Всерос. науч.-техн. конф. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, Ч.1, 2010. С. 8-11.

11. Нагимов В.З. Зависимость запасов фракций надземной фитомассы сосновых древостоев от таксационных показателей / Нагимов В.З., Артемьева И.Н. // Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность, мониторинг и адаптационные технологии: матер. междунар. конф. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2010. С. 218-222.

12. Нагимов В.З. Рост и продуктивность сосновых древостоев в лишайниковом типе леса в условиях ХМАО / Нагимов В.З., Артемьева И.Н., Нагимов З.Я. // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: матер. VI Всерос. науч.-техн. конф. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, Ч.1, 2010. С. 90-93.

13. Нагимов З.Я. Ход роста сосновых древостоев в лишайниковом типе леса / Нагимов З.Я., Нагимов В.З., Артемьева И.Н. // Лесной журнал, № 5, 2010. С. 7-12.

Подписано в печать 24.12.2010 г. Объем 1,2 п.л. Заказ № 524. Тираж 100. 620100 Екатеринбург, Сибирский тракт, 37. Уральский государственный лесотехнический университет. Отдел оперативной полиграфии.