

Электронный архив УГЛТУ

А

90

На правах рукописи

ОГИ

СУСТАВОВА ОКСАНА ВАЛЕРЬЕВНА

СТРУКТУРА И ДИНАМИКА СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ
ИСКУССТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ
СТЕПНОГО ЗАУРАЛЬЯ

06.03.02. – Лесоустройство и лесная таксация

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

1342-04

Екатеринбург – 2004

Электронный архив УГЛТУ

2

Работа выполнена на кафедре лесной таксации и лесоустройства
Уральского государственного лесотехнического университета.

Научные руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
З.Я. Нагимов

Официальные оппоненты: доктор сельскохозяйственных наук,
профессор
А.А. Гурский;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
В.Н. Луганский.

Ведущая организация: Свердловская лесоустроительная экспедиция

Защита диссертации состоится 25 ноября 2004 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.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уральского государственного лесотехнического университета.

Автореферат разослан «21» октября 2004 г.

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

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

Л.И. Аткина

3

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы.

Современные тенденции в изменении климата и антропогенная деятельность приводят к серьезным нарушениям экологического баланса на значительных территориях. Особенно они заметны в засушливых районах степной зоны.

Леса степного Зауралья в основном представлены островными борами и березовыми колками. Их экологические, защитные и социальные функции трудно переоценить. Однако, в последние годы в силу сложившихся лесорастительных условий и низкой эффективности лесохозяйственного производства в островных борах наблюдается массовое усыхание лесных насаждений, особенно искусственно созданных. Поддержание и сохранение производственной способности, защитных и социальных функций, а также биоразнообразия этих лесов и их вклада в глобальные экологические процессы сегодня являются весьма актуальными. В настоящее время они считаются важнейшими критериями устойчивого управления лесами.

Эффективность антропогенного воздействия на лесные экосистемы зависит от степени изученности закономерностей роста и продуктивности лесных насаждений в сложившихся лесорастительных условиях. Они более полно могут быть раскрыты на основе углубленных исследований структуры и динамики всей фитомассы деревьев и древостоев. Особенно важны подобные исследования в искусственных насаждениях, которые в условиях степной зоны менее устойчивы и требуют более внимательного обоснования лесохозяйственных мероприятий

Цель работы и задачи исследований.

Основная цель работы заключалась в изучении закономерностей роста и формирования надземной фитомассы искусственных древостоев сосны в условиях степного Зауралья, выявлении на этой основе причин их гибели и обосновании лесохозяйственных мероприятий по повышению устойчивости лесных культур. Для достижения этой цели решались следующие задачи:

- оценка особенностей распределения деревьев по диаметру с учетом таксационных показателей и условий местопроизрастания древостоев;
- изучение возрастной динамики основных таксационных показателей сосновых древостоевнского происхождения в наиболее распространенных типах леса;
- выявление закономерностей формирования надземной фитомассы деревьев и древостоев сосны;

Научная библиотека
УГЛТУ
г. Екатеринбург

- реализация выявленных закономерностей роста и формирования надземной фитомассы сосновых древостоев искусственного происхождения при обосновании рекомендаций по повышению их устойчивости.

Научная новизна.

Выявлены особенности роста искусственных древостоев сосны по основным таксационным показателям, связанные с почвенно-грунтовыми условиями сухих боров степной зоны. С применением современных математических методов изучены закономерности формирования различных фракций надземной фитомассы деревьев с учетом их условий местопроизрастания, возраста и рангового положения. Показано влияние экологических факторов и возраста на процесс накопления надземной фитомассы искусственных древостоев сосны. Впервые для региона на едином экспериментальном материале и по единой методике составлены таблицы возрастной динамики традиционных таксационных показателей и фракций надземной фитомассы древостоев по типам леса. Выявлены существенные отклонения исследуемых культур от лесных культур и естественных насаждений других лесорастительных зон по структуре и темпам накопления надземной фитомассы деревьев и древостоев.

На защиту выносятся следующие основные положения:

- особенности роста искусственных сосновых древостоев в условиях степной зоны;
- эколого-ценотические закономерности формирования надземной фитомассы деревьев сосны в исследуемых культурах;
- особенности структуры и возрастной динамики надземной фитомассы искусственных сосновых древостоев островных боров.

Личный вклад.

Экспериментальный материал собран автором лично или при его непосредственном участии. Им сформулированы цель и программные вопросы, выбран и уточнен методический подход к их решению. Обработка экспериментального материала, анализ результатов исследований, выводы и практические предложения сделаны лично автором.

Обоснованность результатов исследований.

Сформулированные в диссертации научные положения, выводы и рекомендации обоснованы теоретическими решениями и экспериментальными данными, полученными в ходе работы. Они не противоречат известным положениям лесной науки. Достоверность результатов обеспечивается применением обоснованных методик при сборе экспериментальных материалов, а также современных математических методов, компьютерной техники и пакетов прикладных программ при их обработке.

Практическая ценность работы.

Результаты исследований могут быть использованы при проведении научных, лесохозяйственных и лесоучетных работ в островных борах степного Зауралья. Для практического применения составлены таблицы хода роста (ТХР) сосновых древостоев искусственного происхождения, включающие данные о фракционном составе их надземной фитомассы, а также таблицы надземной фитомассы деревьев сосны.

Апробация работы.

Основные положения и результаты исследований были доложены на международных (Екатеринбург, 2003; Москва, 2004; Белгород, 2004), всероссийских (Екатеринбург, 2004; Ижевск, 2004), региональных (Уфа, 2003; Сыктывкар, 2004) конференциях, а также на научно-технических конференциях студентов и аспирантов (Екатеринбург, 1999; 2002; 2003; 2004).

Публикации.

Основные положения диссертации изложены в 12 печатных работах.

Структура и объем работы.

Диссертация состоит из введения, 7 глав, общих выводов, списка литературы из 172 наименований отечественных и зарубежных авторов, 2 приложений. Основной текст изложен на 102 страницах, иллюстрирован 40 рисунками и сопровожден 22 таблицами.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Природные условия района и объекты исследований

Исследования проводились в Джабык-Карагайском бору. Согласно лесорастительному районированию Б.П.Колесникова (1961, 1969), территория бора входит в лесорастительный район Урало-Тобольского междуречья северной степи с островными сосновыми борами Сибирско-Казахстанской мелкосопочко-равнинной степной лесорастительной области.

Климат района исследований резко континентальный, зима холодная и суровая, лето же теплое, часто жаркое и засушливое. Территория района представляет собой плоскую слабо расчлененную равнину. Почвенный покров весьма пестрый. Наибольшее распространение имеют черноземы: обыкновенный, выщелоченный, оподзоленный и южный. Лесистость степной зоны низкая, в среднем составляет 3-5%.

Среди сосновых типов леса наибольшее распространение имеют сосняк разнотравно-луговой и сосняк злаково-разнотравный степной. Эти типы леса и явились конкретными объектами исследований. Причем почвы разнотравно-лугового типа леса характеризуются более высокими лесорастительными свойствами, чем почвы злаково-разнотравного степ-

ного. По режиму увлажнения почвы первого типа относятся к свежим, а второго – к периодически сухим.

2. Современное состояние проблемы исследований

2.1. Строение древостоев.

Строение древостоев в связи с их возрастными и структурными особенностями изучалось многими отечественными и зарубежными исследователями (Шиффель, 1904; Таращевич, 1923; Моисеенко, 1931; Тюрин, 1931; Третьяков, 1927; Захаров, 1961; Высоцкий, 1962; Патацкас, 1964; Никитин, 1966; Успенский, Попов, 1974; Цурик, 1974; Швиденко, 1981; Антанайтис, Тябера, Шляптене, 1986; и др.). В настоящее время исследования направлены на выявление математическими методами факторов, влияющих на характер рядов распределения деревьев, и создание моделей строения древостоев (Макаренко, 1975; Свалов, 1975; Антанайтис, 1977; Гусев, 1978; Мошковлев и др., 1982; Попов, 1985; Гурцев, 1996; Колтунова, 2004). Применительно к лесным культурам и изучаемой проблеме строение древостоев рассматривалось в меньшей степени (Рубцов, 1964; Багинский, 1972; Успенский, Попов, 1974; Ипатов, Успенский, 1986; Соловьев, 2001; Залесов и др., 2002).

2.2. Ход роста древостоев.

Особенностями роста древостоев в различных экологических условиях и методам его изучения посвящены многочисленные исследования (Орлов, 1925; Тюрин, 1931; Третьяков, 1937; Assmann, 1961; Лебков, 1965, 1992; Никитин, 1966; Wenk, 1969; Бузыкин, 1970; Верхунов, 1975; Свалов, 1975; Lembeke и.а., 1975; Антанайтис, 1977, 1983; Кузьмичев, 1977; Разин, 1977; Загреев, 1978; Тябера, 1980; Казимиров, 1995; Гурский, 1997; и др.). Тем не менее, в специальной литературе сведения об особенностях роста сосновых древостоев искусственного происхождения в условиях островных боров носят фрагментарный характер. В работе также дается анализ методов составления TXP, различных направлений исследований роста и продуктивности древостоев.

2.3. Фитомасса деревьев и древостоев.

В настоящее время в нашей стране и за рубежом накоплен значительный материал по оценке фитомассы деревьев и древостоев (Hartig, 1896; Яблоков, 1934; Молчанов, 1961; Поздняков и др., 1969; Laar, 1977; Зябченко, Иванчиков, 1978; Семечкина, 1978; Уткин и др., 1982, 1986; Габеев, 1990; Heinsdorf, Krauss, 1990; Казимиров, 1995; Усольцев, 1998, 2001; Нагимов, 2000; и др.). Однако, целенаправленных исследований возрастной динамики фитомассы с учетом эколого-ценотических факторов проведено не много. Очень мало информации о комплексной продуктивности древостоев искусственного происхождения.

Проведенный анализ литературных данных позволяет сделать заключение, что многие вопросы структуры и динамики древостоев иссле-

ственного происхождения в полной мере не решены, а некоторые нуждаются в конкретизации для условий исследуемого района.

3. Программа, методика исследований и объем экспериментального материала

3.1. Программа исследований.

В соответствии с целью исследований и поставленными задачами решались следующие программные вопросы:

- изучение особенностей распределения количества деревьев по диаметру в зависимости от возраста и от условий местопроизрастания лесных культур;
- исследование зависимостей между таксационными показателями древостоев и составление эскиза TXP на типологической основе;
- оценка факторов, определяющих количественные и качественные показатели надземной фитомассы деревьев сосны и разработка на этой основе математических моделей и нормативов для научных и практических целей;
- исследование зависимостей фракций надземной фитомассы древостоев от их таксационных показателей и дополнение составленных TXP данными по фитомассе;
- выявление особенностей роста и формирования надземной фитомассы деревьев и древостоев сосны на основе сравнения полученных материалов с соответствующими данными других исследований;
- обоснование лесоводственных приемов, направленных на повышение устойчивости лесных культур и предотвращения их гибели в условиях Джабык-Карагайского бора.

3.2. Методика исследований.

Для решения поставленных задач использован метод пробных площадей. Для их закладки подбирались высокополнотные сосновые древостои искусственного происхождения, не подвергавшиеся в последние 5-10 лет хозяйственным воздействиям. Постоянные пробные площади (ППП) закладывались с учетом теоретических положений лесной таксации и требований ОСТ 5669-83. Типологическое описание ППП производилось с учетом методических разработок В.Н. Сукачева и С.В. Зонна (1961) в соответствии со схемой лесорастительного районирования Челябинской области (Колесников, 1961; Фильзозе, 1966). У модельных деревьев, кроме основных таксационных параметров определялись диаметр и длина кроны, класс роста и развития по Крафту и надземная фитомасса по фракциям (древесина ствола, кора ствола, древесина ветвей, кора ветвей, хвоя, генеративные органы и отмершие ветви). Масса стволов, крон, отхвоенной части ветвей (древесной зелени), генеративных органов и от-

мерших ветвей определялась непосредственно взвешиванием, а масса хвои – по навескам древесной зелени. Для стволов содержание коры и абсолютно-сухого вещества в древесине и коре определялось по дискам, взятым на середине двухметровых (метровых) секций. Эти же показатели для ветвей устанавливались по навескам (100-150 г) ветвей средней толщины. Для определения запасов фракций фитомассы в свежесрубленном и абсолютно сухом состояниях соответствующие данные модельных деревьев выравнивались в зависимости от их диаметров. По выровненным данным на основе перечетов деревьев определялась фитомасса фракций для древостоев в целом.

Для выявления принадлежности насаждений к одному естественному ряду использован метод ЦНИИЛХ (Третьяков и др., 1937). При исследовании закономерностей строения, роста и формирования надземной фитомассы древостоев широко применялись методы математического анализа и моделирования. При многомерной оценке использовался шаговый регрессионный анализ (Дрейпер, Смит, 1973). Эти работы выполнялись на ПЭВМ средствами статистического пакета "STATGRAPHICS Plus. Version 2.1". Для статистической оценки разрабатываемых уравнений вычислялись среднеквадратические, систематические ошибки, множественный коэффициент детерминации и достоверность констант по критерию Стьюдента. Из-за ограниченного объема в автореферате приведены только коэффициенты детерминации (R^2) и среднеквадратические ошибки ($\delta, \%$).

3.3. Объем и характеристика экспериментального материала.

В ходе полевых работ нами заложено 15 ППП, в том числе 8 в сосняке разнотравно-луговом и 7 – в злаково-разнотравном степном. Возраст культур колеблется в пределах 13-64 лет, а относительная полнота составляет 0.8 и выше. На ППП срублено и обмерено 111 модельных деревьев. Для анализа влажности и соотношений фракций фитомассы взято более 2500 древесных дисков ствола, около 200 образцов древесины и коры ветвей и порядка 200 навесок хвои.

4. Строение лесных культур сосны по диаметру

Параметры, характеризующие ряды распределения числа деревьев по диаметру зависят от многих факторов, влияющих на интенсивность процессов роста и дифференциации деревьев. Эти процессы в лесных культурах в значительной мере определяются особенностями их создания (подготовка почвы, отбор стандартных сеянцев, относительно равномерное размещение их по площади и т.д.).

В исследуемых культурах выровненные в зависимости от возраста коэффициенты варьирования диаметров колеблются: в разнотравно-луговом типе леса - от 20.7 до 34.9%, а в злаково-разнотравном степном

– от 20.9 до 36.2%. Анализ специальной литературы показал, что при одинаковых значениях класса бонитета и возраста этот показатель в естественных древостоях значительно выше. В довольно узком диапазоне варьирует показатель асимметрии рядов: в разнотравно-луговом типе леса от 0.261 до 0.148, а злаково-разнотравном степном – от 0.199 до 0.159. В основном преобладают ряды с отрицательным значением эксцесса.

Ранг среднего дерева в среднем изменяется в пределах 52.7 – 56.9%. в исследуемых культурах он мало зависит от возраста древостоев и лесорастительных условий.

Исследования распределения относительного количества деревьев по естественным ступеням показали, что на достоверном уровне влияние лесорастительных условий и возраста на строение лесных культур по диаметру не обнаруживается. Можно лишь отметить некоторое уменьшение диапазона варьирования относительных диаметров с увеличением возраста древостоев.

Проверка соответствия теоретических кривых эмпирическим рядам при помощи критерия согласия Пирсона (χ^2) показала, что в исследуемых культурах основным видом распределения является кривая обобщенного нормального распределения. Более 60% исследуемых рядов описывается данной функцией.

Таким образом, в строении исследуемых культур наблюдаются известные закономерности в распределении деревьев по диаметру. Однако, статистические показатели исследуемых рядов распределения характеризуются меньшими абсолютными величинами и более узким диапазоном варьирования по сравнению с аналогичными показателями в естественных древостоях.

5. Ход роста лесных культур сосны

В качестве классификационного признака при исследовании хода роста древостоев был выбран тип леса. В основу составления ТХР положен метод ЦНИИЛХа (Третьяков и др., 1937) с некоторыми изменениями. В частности производилось непосредственное выравнивание средней площади питания деревьев в зависимости от возраста древостоев, а динамика сумм площадей сечений определялась расчетным путем. Выравнивание и увязка между собой всех таксационных показателей производилась графическим способом. Полученный эскиз ТХР приведен в табл. 5.1.

Полученные данные позволяют отметить различия древостоев исследуемых типов леса по интенсивности роста в высоту. В исследуемом диапазоне возраста культуры сосны в разнотравно-луговом типе леса от-

Таблица 5.1

Эскиз таблиц хода роста высокополнотных лесных культур сосны
Джабык-Карагайского бора по типам леса

Воз- раст, лет	Высо- та, м	Диа- метр, см	Видо- вая высо- та, м	Видо- вое число	Густота, шт/га	Абсо- лютная полнота, м ²	За- пас, м ³ /га	Изменение за- паса, м ³ /га	
								теку- щее	сред- нее
Сосник разнотравно-луговой									
20	6.7	9.1	4.20	0.600	4545	29.5	124	8.3	6.2
30	11.1	13	5.95	0.529	2564	34.0	202	7.8	6.7
40	15.0	16.9	7.55	0.497	1639	36.8	277	7.5	6.9
50	18.6	20.3	9.15	0.480	1107	35.8	328	5.0	6.6
60	21.7	23.7	10.6	0.467	775	34.2	362	3.5	6.0
Сосняк злаково-разнотравный степной									
20	5.9	7.1	4.10	0.683	5882	23.3	95	7.7	4.8
30	10.3	11.2	5.80	0.574	3175	31.3	181	8.6	6.0
40	14.3	14.8	7.40	0.529	1916	32.9	244	6.2	6.1
50	17.9	18.2	8.87	0.505	1273	33.1	293	4.9	5.9
60	20.8	21.1	10.27	0.490	862	30.1	309	1.7	5.2

личаются несколько большими средними высотами (до 12%), чем в злаково-разнотравном степном. Сопоставление наших данных с общеbonитеровской шкалой показывает, что средние высоты сосняка разнотравно-лугового тяготеют к I классу бонитета, а злаково-разнотравного степного – ко II классу. Причем, исследуемые древостои имеют тенденцию повышения класса бонитета с увеличением возраста.

Исследуемые культуры отличаются высокой интенсивностью самоизреживания древостоев. Так, за 40-летний период роста в искусственных древостоях разнотравно-лугового и злаково-разнотравного степного типов леса отпадает соответственно 3770 и 5020 деревьев. В близких почвенно-климатических условиях по данным многих исследователей эти цифры ниже. Так, в культурах II класса бонитета в лесостепной зоне отпад деревьев за аналогичный период составил чуть больше 3000 деревьев (Рубцов, 1964). Одной из главных причин такого интенсивного отпада деревьев в культурах, особенно в жердняковом возрасте, является недостаточное количество влаги в почве.

Своебразием отличается в исследуемых культурах изменение сумм площадей сечений. Кульминация этого показателя наступает в очень раннем возрасте: в сосняке разнотравно-луговом (36.8 м^2) в 40 лет, а в сосняке злаково-разнотравном степном (33.1 м^2) в 50. Заметим, что для закладки ППП подбирались самые высокополнотные древостои. Следовательно, можно констатировать начинаящийся распад исследуемых культур.

Особенности в изменении рассмотренных показателей определяет характер возрастной динамики запасов стволовой древесины. Разница по запасам между сосняками разнотравно-лугового и злаково-разнотравного степного типов леса составляет от 10.4 до 23.3% в пользу первого типа леса.

С увеличением возраста падение прироста по запасу в худших условиях местопроизрастания (в сосняке злаково-разнотравном степном) происходит более интенсивно, чем в лучших (в сосняке разнотравно-луговом). Результаты аналогичных исследований в естественных и искусственных древостоях таежной зоны свидетельствуют об обратном. На наш взгляд, такое положение в первую очередь объясняется большим дефицитом влаги в первом типе леса (с мелкими почвами). После полного освоения древостоями природного потенциала местообитания недостаточное количество влаги приводит к резкому снижению прироста по запасу.

В исследуемых культурах сосны текущий прирост по запасу (текущее изменение запаса) достигает максимального значения в сравнительно раннем возрасте: в разнотравно-луговом типе леса в - 20 лет, а в злаково-разнотравном степном – в 30. После достижения максимума этот показатель резко снижается. Аналогичная картина с некоторым сдвигом максимальных значений во времени характерна для возрастной динамики среднего прироста по запасу. Возраст количественной спелости культур в условиях разнотравно-лугового типа леса наступает в 42 года, а злаково-разнотравного степного – в 41 год.

Выявленные особенности роста и развития лесных культур, которые в основном определяются дефицитом почвенной влаги, должны быть учтены при лесоучетных и лесохозяйственных работах.

6. Надземная фитомасса деревьев сосны

Количественные и качественные показатели надземной фитомассы деревьев зависят от многих факторов: условий местопроизрастания, возраста, густоты древостоев и т.д. Совокупность этих факторов обуславливает определенные закономерности в формировании различных фракций фитомассы деревьев.

6.1. Зависимость фракций надземной фитомассы деревьев от их таксационных показателей.

Экспериментальной основой данных исследований послужили данные 111 модельных деревьев. Изучались парные связи фитомассы стволов, крон и хвои с таксационными показателями стволов и крон и их некоторыми комбинациями. Результаты корреляционного анализа позволили выбрать наиболее информативные показатели при оценке важнейших фракций надземной фитомассы деревьев. Такими показателями являются для

массы стволов их объем и показатель D^2H (произведение квадрата диаметра ствола на его высоту). Причем связи массы стволов с объемом (коэффициент корреляции r равен 0.995) и с показателем D^2H ($r=0.990$) носят линейный характер. Наиболее информативным показателем при оценке фитомассы крон является относительная площадь сечения $G:H$, характеризующая степень угнетенности деревьев. Связь между массой крон и этим показателем имеет криволинейный характер (корреляционное отношение η составляет 0.978). Достаточно тесно фитомасса крон связана с диаметром ($\eta = 0.932$) и длиной крон ($\eta=0.814$), а также объемом ствола ($\eta = 0.919$) и показателем D^2H ($\eta = 0.921$).

Все рассматриваемые фракции фитомассы наименее тесно связаны с показателем H_{100} - высотой древостоя в 100 лет (r колеблется от 0.398 до 0.688) и с возрастом деревьев ($r=0.395-0.667$).

Следует отметить, что информативность одних и тех же таксационных показателей при оценке массы стволов и массы крон различна.

6.2. Многомерная оценка фракций надземной фитомассы деревьев.

Обобщенные литературные данные (Усольцев, 1985; Нагимов, 2000 и др.) и анализ собственных материалов свидетельствуют, что оценку надземной фитомассы деревьев целесообразно проводить на основе уравнений множественной регрессии. С лесоводственно-биологических позиций при многомерном анализе будет правильным использование в качестве независимых переменных морфометрических показателей дерева (диаметра и высоты), их возраста и показателя, передающего лесорастительный эффект условий местопроизрастания.

На основе изучения парных связей массы фракций деревьев с указанными параметрами и имеющегося опыта в данной области в качестве базовой модели принято следующее уравнение множественной аллометрии:

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln D + a_2 \ln H + a_3 \ln A + a_4 \ln D \ln H \quad (6.1)$$

В нашем случае при сравнительно небольшом диапазоне изменения лесорастительных условий показатель условий местопроизрастания (в качестве которого, как правило используется высота древостоя в 100 лет) оказался незначимым.

Статистические показатели уравнения для каждой фракции фитомассы в свежесрубленном и абсолютно-сухом состояниях приведены в табл. 6.1. Совместное использование в уравнениях, диаметра и высоты деревьев наилучшие результаты обеспечивает при оценке фитомассы стволов. Указанные показатели объясняют 99% изменчивости массы стволов. Достаточно полно трехфакторные уравнения описывают изменение фитомассы крон и ветвей ($R^2=0.950-0.960$). При оценке фитомассы хвои и древесной зелени точность уравнений ниже. Это объясняется большей изменчивостью фитомассы хвои, по сравнению с фитомассой ветвей. В целом,

Таблица 6.1
Характеристика уравнений множественной регрессии (6.1)

Фракция фитомассы	Значения коэффициентов (числитель) и критерия Стьюдента (знаменатель) при факторах воздействия					R^2	$\delta, \%$	Номер уравнения
	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4			
а) свежесрубленное состояние								
Ствол	-2.4130 -35.3	1.9723 35.9	0.6692 10.8	-	-	0.990	± 16.1	6.2
Крона	1.8158 3.8	2.1127 10.3	-1.0881 -4.0	-1.045 -5.5	0.3653 5.7	0.960	± 29.4	6.3
Ветви	-1.1321 -2.0	2.9023 12.0	-1.3808 -4.3	-0.5152 -2.3	0.2125 2.8	0.954	± 35.2	6.4
Древесная зелень	2.6209 4.1	1.9362 7.1	-1.1126 -3.1	-1.3323 -5.3	0.3719 4.4	0.917	± 36.1	6.5
Хвоя	3.041 4.0	1.5219 4.7	-1.144 -2.7	-1.4897 -5.0	0.5057 5.0	0.887	± 41.5	6.6
б) абсолютно сухое состояние								
Ствол	-3.4978 -52.6	1.7348 32.4	1.0220 16.9	-	-	0.991	± 17.8	6.7
Крона	0.9919 1.9	2.0586 9.2	-1.5793 -5.3	-0.838 -4.1	0.4343 6.3	0.952	± 31.7	6.8
Ветви	-2.1014 -3.5	2.899 11.4	-1.3059 -3.9	-0.4921 -2.1	0.2004 2.5	0.950	± 36.1	6.9
Хвоя	2.1667 2.9	1.5284 4.7	-1.1385 -2.7	-1.4828 -5.0	0.5064 5.0	0.889	± 41.4	6.10

разработанные уравнения вполне приемлемы для различных видов оценки надземной фитомассы деревьев сосны.

На основе уравнений (6.1) – (6.9) составлены таблицы, которые дают детальное представление о динамике и структуре надземной фитомассы деревьев сосны в исследуемых культурах. Выявляется, что вес стволов повышается с увеличением их диаметров и высот. Масса кроны у деревьев одинакового возраста и диаметра понижается с увеличением их высоты. Это объясняется тем, что при прочих равных условиях деревья одинаковой толщины в густых древостоях характеризуются большими высотами, чем в редких. С увеличением возраста у деревьев одинаковых размеров масса кроны уменьшается. Эту закономерность можно объяснить возрастным изменением рангового положения дерева. При прочих равных условиях охвоенность крон повышается в связи с уменьшением диаметра и возраста деревьев, и увеличением их высоты. Отмеченные закономерности обусловлены конкурентными взаимоотношениями между деревьями, а также различными темпами формирования фитомассы разных фракций, вследствие их неодинаковой роли в продукционном процессе.

6.3. Особенности формирования надземной фитомассы деревьев в лесных культурах Джабык-Карагайского бора.

Для выявления особенностей формирования надземной фитомассы деревьев в исследуемых культурах наши материалы сопоставлялись с аналогичными материалами других исследователей (Габеев, 1974; Семечкина, 1978; Нагимов, 2000), полученными в других, в более благоприятных для произрастания сосны лесорастительных зонах (в подзоне южной тайги, лесостепной зоне).

Сравнительный анализ данных по фитомассе производился при одинаковом возрасте и диаметре деревьев и практически одинаковых значениях класса бонитета, среднего возраста и состава насаждений. На основе такого сравнения существенных различий по фитомассе стволов между сравниваемыми объектами не было обнаружено. Имеющиеся отклонения носят скорее случайный, чем закономерный характер. Совершенно другие результаты получены при сравнении фитомассы крон (хвои). Выявляется, что при прочих равных условиях фитомасса крон деревьев в исследуемых культурах значительно выше, чем в естественных сосновых древостоях лесостепной зоны, а также в естественных древостоях подзоны южной тайги. Особенно существенны различия по фитомассе хвои. Так, в 20-летнем возрасте масса хвои деревьев исследуемых культур в 2 и более раз выше, чем деревьев естественных древостояев южнотаежной подзоны. В относительном выражении разница составляет от 99.2 до 199.1%. С увеличением возраста различия несколько уменьшаются.

В целом, сравнительный анализ показал, что деревья сосны в исследуемых культурах отличаются существенно большей массой крон (хвои), чем деревья в естественных древостоях лесостепной зоны и подзоны южной тайги. Причем превосходство по массе хвои значительно больше (более чем в 1.5 раза), чем по массе ветвей. Это свидетельствует о более высокой охвоенности крон в исследуемых культурах.

Такое положение объясняется не только происхождением сравниваемых древостояев, а в первую очередь – очень низкой первоначальной густотой культур в районе исследований (5-6 тыс. экз/га). При низкой исходной густоте и достаточно равномерном размещении деревьев по площади, они более продолжительное время находятся в изолированном состоянии от своих “соседей” и свободно развиваются крону. Известно, что особенности роста деревьев в начальный период формирования насаждений предопределяют их судьбу на длительный срок. Е.А. Маслаков (1981) отмечает, что различия в размерах деревьев, которые имеются в начальных фазах роста, стремительно растут вследствие действия рангового закона. Поэтому разница в развитии крон между деревьями редких и густых древостоях до определенного возраста увеличивается.

7. Надземная фитомасса сосновых древостояев искусственного происхождения

Экспериментальной основой данных исследований послужили материалы ППП, которые были использованы при составлении ТХР. Таким образом, особенности хода роста культур по основным таксационным показателям и формирования надземной фитомассы нами изучались сопряжено на едином экспериментальном материале.

7.1. Зависимость фракций надземной фитомассы древостояев от их таксационных показателей.

Масса стволов, как было показано выше, наиболее тесно связана с их объемом. Поэтому при оценке общей фитомассы стволов в древостоях исследуемых культур нами использован их запас. Это позволяет при составлении табличных материалов по стволовой массе базироваться на известные закономерности формирования запаса. На экспериментальном материале всех пробных площадей получены уравнения:

$$\text{фитомасса стволов в свежесрубленном состоянии} - \\ P_c = 2.5683 + 0.8748M, \quad R^2 = 0.984, \quad \delta = \pm 8.3\% \quad (7.1)$$

$$\text{фитомасса стволов в абсолютно-сухом состоянии} - \\ P_c = -1.6287 + 0.4126M, \quad R^2 = 0.978, \quad \delta = \pm 9.3\% \quad (7.2)$$

Повышение информативности подобных уравнений может быть достигнуто введением дополнительных показателей, определяющих физико-технические свойства древесины. Такими показателями являются возраст и класс бонитета насаждений. Однако, использование этих показателей существенно не улучшило статистические показатели уравнений (7.1) и (7.2).

Известно, что кроновую массу древостоя при одном уровне производительности целесообразно оценивать на основе уравнений множественной регрессии, которые в качестве независимых переменных включают возраст древостоя, их густоту или полноту. В нашем случае несколько лучшими статистическими показателями характеризовались уравнения, включающие наряду с возрастом (A) абсолютную полноту древостоя (ΣG). Это, видимо, объясняется одинаковой исходной густотой культур и не столь значительным варьированием их текущей густоты. Зависимость фракций фитомассы крон от возраста и абсолютной полноты наилучшим образом передается уравнениями вида:

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln A + a_2 \ln \Sigma G \quad (7.3)$$

Статистические показатели разработанных уравнений для фитомассы в свежесрубленном и абсолютно сухом состояниях приведены в табл. 7.1.

Характеристика уравнений множественной регрессии (7.3)

Таблица 7.1

Фракция фитомассы крон	Значения коэффициентов			R^2	$\delta, \%$	Номер уравнения
	a_0	a_1	a_2			
а) свежесрубленное состояние						
Кrona	1.9485	-0.2060	0.8776	0.928	± 14.6	7.4
Ветви	0.6816	-0.1330	0.9635	0.915	± 18.0	7.5
Древесная зелень	3.1924	-0.7089	0.8362	0.830	± 17.8	7.6
Хвоя	2.4658	-0.5627	0.7861	0.832	± 18.1	7.7
б) абсолютно-сухое состояние						
Ветви	-0.4360	-0.0368	0.9526	0.898	± 19.4	7.8
Хвоя	1.6511	-0.5968	0.8089	0.745	± 25.4	7.9

Они свидетельствуют об адекватности разработанных уравнений реального процессам формирования фитомассы крон в исследуемых культурах. Причем их точность при оценке фитомассы ветвей заметно выше, чем при оценке фитомассы хвои. На основе анализа критериев Стьюдента было выявлено, что при оценке всех фракций крон вклад абсолютной полноты древостоев значительно выше, чем их возраста.

7.2. Структура и динамика надземной фитомассы древостоев.

Для выявления закономерностей формирования надземной фитомассы древостоев разработанные ТХР дополнялись показателями фитомассы в свежесрубленном и абсолютно сухом состояниях на основе уравнений (7.1)-(7.9). Итоговая таблица динамики таксационных показателей и надземной фитомассы культур сосны в сокращенном виде приведена ниже (табл. 7.2).

Возрастная динамика общей фитомассы стволов в исследуемых типах леса подчинена тем же закономерностям, что и запасов стволовой древесины. Доля коры в общей фитомассе стволов колеблется от 6.6 до 12.4% в свежесрубленном состоянии и от 6.8 до 12.8% в абсолютно сухом. Она уменьшается с увеличением возраста древостоев и улучшением лесорастительных условий.

Возрастная динамика фотосинтезирующей массы передается колокообразной кривой с точкой перегиба. Возраст кульминации фотосинтезирующей массы зависит от условий местопроизрастания древостоев. Так, в разнотравно-луговом типе леса максимум запаса хвои наблюдается в 20-летнем возрасте, в злаково-разнотравном степном - в 30-летнем. Изменение запасов хвои многие авторы связывают с максимумом текущего прироста. Чем лучше условия роста древостоев, тем больше у них возможностей для увеличения темпов продуцирования, а, следовательно, фотосинтезирующей массы. Поэтому культуры сосны в

Таблица 7.2
Динамика надземной фитомассы сосновых древостоев искусственного происхождения (в числителе – фитомасса в свежесрубленном состоянии, в знаменателе – в абсолютно сухом)

Возраст, лет	Фитомасса, т/га				
	стволов		крон		
	древесины	коры	ветвей	хвои	5
Сосняк разнотравно-луговой					
-20	99.94 44.25	11.19 5.33	34.65 14.58	31.25 13.10	
30	164.79 75.21	14.84 6.68	37.60 16.42	27.79 11.91	
40	226.98 104.90	18.34 7.98	38.99 17.49	25.12 10.78	
50	268.64 124.78	20.68 8.85	36.93 16.93	21.71 9.34	
60	297.23 138.43	22.29 9.44	34.45 16.08	18.89 8.13	
Сосняк злаково-разнотравный степной					
20	76.21 32.92	9.85 4.83	27.54 11.61	25.91 11.06	
30	147.32 66.87	13.85 6.32	34.66 15.15	26.00 11.25	
40	199.04 91.56	16.76 7.40	35.09 15.76	23.05 10.04	
50	239.57 110.90	19.04 8.24	34.12 15.66	20.36 8.87	
60	253.42 117.52	19.82 8.53	30.51 14.26	17.10 7.52	

разнотравно-луговом типе леса характеризуются большими запасами хвои (на 10.4-20.6%), чем в злаково-разнотравном степном. В целом, обобщение литературных данных и анализ собственных материалов позволили воспроизвести следующий ход возрастной динамики фотосинтезирующей массы. В фазе индивидуального роста (до смыкания корневых систем и крон) происходит быстрое освоение древостоями легко доступных ресурсов местообитания и, как следствие, интенсивное увеличение массы ассимиляционного аппарата древостоев. После смыкания крон и корневых систем (освоения легко доступной части ресурсов ме-

стообитания) темпы наращивания фотосинтезирующей массы резко снижаются. Полное же освоение природного потенциала местообитания делает невозможным дальнейшее увеличение фитомассы хвои и наступает период ее кульминации. В последующем достаточно быстрое сокращение фотосинтезирующей массы, в нашем случае, объясняется началом массового усыхания деревьев.

Аналогичная картина с некоторым сдвигом во времени характерна для возрастной динамики общей фитомассы крон. И здесь результаты наших исследований резко отличаются от литературных данных, согласно которым запасы крон закономерно повышаются, по крайней мере, до возраста спелости. Такое положение объясняется началом распада лесных культур в условиях Джабык-Карагайского бора.

Охвеноность крон в менее благоприятных условиях местопроизрастания несколько выше. С возрастом данное различие практически исчезает. В целом, охвеноность крон с возрастом уменьшается, что объясняется увеличением доли неохвенных ветвей, "постарением крон" (Семечкина, 1978; Уткин и др., 1981).

7.3. Влажность фракций надземной фитомассы.

Максимальными показателями влажности характеризуется масса хвои (129.8-136.4%). Влажность древесины ветвей (114.1-137.4%) значительно выше, чем древесины стволов (116.4-126.1%). Это объясняется меньшей продолжительностью жизни ветвей и, соответственно, меньшим содержанием в них ядерной древесины. Количество влаги в коре стволов изменяется с возрастом незначительно и составляет в среднем 118%. Показатели влажности всех фракций фитомассы с увеличением возраста понижаются. В целом культуры сосны Джабык-Карагайского бора значительных отклонений по количеству влаги в отдельных фракциях фитомассы не имеют.

7.4. Особенности формирования надземной фитомассы лесных культур сосны в Джабык-Карагайском бору.

Для выявления особенностей формирования запасов фитомассы в исследуемых культурах, отклонений в фракционном распределении их надземной фитомассы был проведен сравнительный анализ полученных нами результатов. Для этого по опубликованным материалам (Топкасов, 1967; Габеев, 1968, 1969, 1976, 1990; Орловский, 1974; Семечкина, 1978; Макаренко, 1987; Мамонов, 1991; Усольцев, 1998; Усольцев и др., 1999) был создан банк данных по фитомассе древостоев искусственного и естественного происхождений. В него включались древостои, близкие по таксационной характеристике к изучаемым лесным культурам. Созданный банк позволил произвести сопоставление древостоев исследуемых культур с древостоями искусственного и естественного происхождений

в степной и лесостепной зонах, а также в и южнотаежной подзоне таежной зоны.

Сравнительный анализ производился на основе построения графиков зависимости густоты и надземной фитомассы (ствола, крон и хвои) от возраста древостоев. Только в одном варианте сравнения (исследуемые древостои с древостоями лесостепной зоны) при одинаковом возрасте густота исследуемых культур оказалась выше (до 11.8%). Во всех остальных случаях культуры Джабык-Карагайского бора уступают по густоте древостоям, взятым для сравнения. Максимальные отклонения по этому показателю между сравниваемыми объектами в одинаковом возрасте составляет 92%. Различия по фитомассе стволов между сравниваемыми древостоями при одинаковых значениях возраста и класса бонитета не существенны (в большинстве случаев не превышают 5%). Более значительны они по фитомассе крон. Причем во всех случаях этот показатель выше в культурах Джабык-Карагайского бора. Так, превосходство исследуемых культур по запасам крон над культурами, произрастающими в степной зоне Казахстана составляет до 60%. По фитомассе хвои различия еще более значительны. С возрастом превосходство культур Джабык-Карагайского бора по запасам крон (хвои) над сравниваемыми древостоями заметно падает и к 50-60-летнему возрасту в большинстве случаев практически исчезает.

Таким образом, культуры сосны в Джабык-Карагайском бору отличаются низкой густотой. Это обстоятельство является одной из причин накопления больших запасов крон и ассимиляционного аппарата. При таком положении после полного освоения древостоями природного потенциала местообитания неизбежен дисбаланс между огромной фотосинтезирующей массой и количеством доступной почвенной влаги. В засушливые годы это приводит к массовому усыханию культур.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

В условиях островных боров степного Зауралья главным лимитирующим фактором продолжительного успешного роста искусственных сосняков является ухудшение водного режима почвы. Этот фактор определяет основные типологические особенности роста лесных культур в регионе, которые отличаются от известных положений в этой области лесоводственно-таксационных исследований (Загреев, 1978; Луганский, Нагимов, 1994). Различия в ходе роста по основным таксационным показателям между типами леса определяются замедленным ростом древостоев в молодые годы и ускорением падения интенсивности прироста с возрастом в худших лесорастительных условиях (в типах леса с более мелкими и сухими почвами). Возрастная динамика сумм площадей сече-

ний в исследуемых культурах также не укладывается в общеизвестные положения. Кульминация этого показателя наступает уже в 40-60 лет. Этот факт свидетельствует о начале массового усыхания деревьев (ранней деградации лесных культур). Характер возрастного изменения запасов в целом подтверждает данный вывод.

Особенности формирования различных фракций надземной фитомассы деревьев в значительной степени определяются их ранговым положением в древостоях. Масса кроны у деревьев одинакового возраста и диаметра понижается с увеличением их высоты, а у деревьев одинакового диаметра и высоты – с повышением возраста. Охвоенность крон при прочих равных условиях повышается в связи с уменьшением диаметра и возраста деревьев, и с увеличением их высоты.

Наилучшие результаты при оценке надземной фитомассы деревьев в древостоях одного уровня производительности обеспечивают уравнения множественной регрессии, в которых в качестве определяющих факторов используются возраст, диаметр и высота деревьев.

Деревья сосны в исследуемых культурах отличаются существенно большей массой крон и их структурных частей (в 2 и более раз), чем деревья в естественных древостоях лесостепной зоны и подзоны южной тайги. Такое положение объясняется в первую очередь низкой первоначальной густотой создаваемых культур.

Максимальная доля изменчивости общей фитомассы стволов объясняется их запасом. При оценке фитомассы стволов в культурах одного уровня производительности уравнения только с одним этим показателем обеспечивают необходимую точность. Кроновая же масса удовлетворительно описывается на основе уравнений множественной регрессии, которые в качестве независимых переменных включают возраст и абсолютную полноту древостоев.

Особенности возрастного изменения таксационных показателей древостоев (густоты, абсолютной полноты) и формирования надземной фитомассы отдельных деревьев накладывают определенный отпечаток на возрастную динамику запасов фитомассы крон и их структурных частей. Исследуемые культуры отличаются очень ранним наступлением возраста кульминации запасов крон (35-40 лет). Известно, что в нормально развивающихся древостоях этот процесс наблюдается в значительно большем возрасте.

Исследуемые культуры до начала их массового усыхания отличаются от искусственных и естественных древостоев степной и лесостепной зон и южнотаежной подзоны значительно большими запасами крон (особенно фотосинтезирующими массы). После полного освоения древостоем природного потенциала местообитания неизбежен дисбаланс между огромной фотосинтезирующей массой исследуемых культур и ко-

личеством доступной почвенной влаги. Это обстоятельство может являться одной из главных причин ослабления и гибели деревьев, особенно в засушливые годы.

Выполненные исследования позволили подготовить для производства следующие нормативные материалы и предложения:

1. Трехходовые (возраст, диаметр, высота дерева) таблицы надземной фитомассы деревьев (древесины и коры стволов, крон, древесной зелени, хвои, древесины и коры ветвей) и ТХР древостоев с данными по запасам надземной фитомассы, которые могут быть использованы при разработке экологических программ разного уровня, осуществления лесного мониторинга, создания баз данных по фитомассе лесов, расчете глобального углеродного цикла, решение вопросов организации хозяйства, лесоустроительного проектирования и совершенствования лесоинвентаризационных работ.

2. На основе полученных результатов дано экологическое обоснование лесохозяйственным приемам, которое, в частности, включает:

а) увеличение исходной густоты до 10-12 тыс. экз./га (это позволит резко уменьшить фотосинтезирующую массу деревьев и древостоев в критическом возрасте, повысить долю тонких корней, увеличить заглубление стержневого корня и предотвратить задернение почвы);

б) проведение рубок ухода и других лесохозяйственных мероприятий, направленных на резкое снижение фотосинтезирующей массы в существующих лесных культурах (по комбинированному и верховому методам).

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

Соловьев В.М, Суставова О.В. Оценка строения древостоев различными методами и разработка рекомендаций по их применению // Материалы науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. Екатеринбург, 2000. С. 12-13.

Суставова О.В., Анчугова Г.В., Нагимов З.Я. Надземная фитомасса деревьев сосны в культурах разного возраста в условиях Джабык-Карагайского бора // Леса Урала и хозяйство в них, вып. 23. – Екатеринбург, 2003. С. 89-95.

Суставова О.В. Структура надземной фитомассы древостоев сосны в культурах разного возраста в условиях Джабык-Карагайского бора // Лесное образование, наука и хозяйство: Сб. докл. науч.-практ. конф. Уфа, 2003. С. 138-143.

Суставова О.В., Нагимов З.Я. Надземная фитомасса древостоев сосны в культурах разного возраста в условиях Джабык-Карагайского бора

// Матер. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. Екатеринбург, 2003. С. 48-49.

Суставова О.В., Анчугова Г.В., Нагимов З.Я. Структура надземной фитомассы деревьев сосны в культурах разного возраста в условиях Джабык-Карагайского бора // Социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса: Сб. матер. международной науч.-техн. конф. Екатеринбург, 2003. С. 302-304.

Суставова О.В. Структура надземной фитомассы деревьев высокопродуктивных лесных культур сосны Джабык-Карагайского бора // Леса Урала и хозяйство в них, вып. 24. Екатеринбург, 2004. С. 29-35.

Суставова О.В., Нагимов З.Я. Эскизы таблиц хода роста лесных культур сосны Джабык-Карагайского бора // Экологическая безопасность как ключевой фактор устойчивого развития: Сб. докл. восьмой междунар. экологической конф. студентов и молодых ученых. Т. 2. Москва-Смоленск, 2004. С. 112-114.

Суставова О.В. Динамика надземной фитомассы деревьев сосны в культурах разного возраста в условиях Джабык-Карагайского бора и ее сравнительная характеристика с показателями таежной зоны // Экология: образование, наука, промышленность и здоровье. Матер. II междунар. науч.-практ. конф., вып. № 8. Часть V. Белгород, 2004. С. 130-132.

Суставова О.В. Таблицы биопродуктивности лесных культур сосны Джабык-Карагайского бора. // Экономические механизмы динамики и устойчивости биоты: Матер. всероссийской конф. молодых ученых. Екатеринбург, 2004. С. 243-244.

Суставова О.В., Нагимов З.Я. Особенности формирования надземной фитомассы деревостоев лесных культур сосны в условиях Джабык-Карагайского бора // Устойчивому развитию АПК – научное обеспечение: Матер. научн.-техн. конф. Ижевск, 2004. С. 341-347.

Суставова О.В. Формирование надземной фитомассы деревостоев лесных культур сосны в условиях Джабык-Карагайского бора и ее соотношение с показателями таежной зоны // Актуальные проблемы экологии и биологии: Матер. докл. XV Коми Республиканской молодежной науч. конф. Т. 2. Сыктывкар, 2004. С. 284-286.

Суставова О.В., Нагимов З.Я. Таблицы надземной фитомассы лесных культур сосны Джабык-Карагайского бора // Матер. научн.-техн. конф. студентов и аспирантов. Екатеринбург, 2004. С. 27-28.