

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика
М.Ф. Решетнева»

На правах рукописи

Ефремова Марина Николаевна

СТРУКТУРА И ОСОБЕННОСТИ ТАКСАЦИИ БЕРЕЗНЯКОВ
КАНСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

06.03.02 – Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Шевелёв С.Л.

Красноярск, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА.....	8
2 ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ.....	21
2.1 Канская лесостепь.....	23
2.2 Красноярская лесостепь.....	26
2.3 Ачинская лесостепь.....	28
3 МЕТОДИКА СБОРА ДАННЫХ И ОБЪЕМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА.....	33
4 СТРУКТУРА БЕРЕЗНЯКОВ.....	40
4.1 Структура лесного массива березовых древостоев.....	40
4.1.1 Возрастная структура.....	44
4.1.2 Структура лесного массива березовых древостоев по основным таксационным показателям.....	48
4.2 Динамика состава.....	55
5 ДИНАМИКА ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕРЕЗОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ И СВЯЗИ МЕЖДУ НИМИ.....	58
5.1 Интенсивность роста березовых древостоев.....	58
5.2 Таблица хода роста березовых древостоев.....	62
5.3 Взаимосвязи между таксационными показателями березовых древостоев....	70
6 ФОРМА СТВОЛОВ БЕРЕЗЫ.....	77
6.1 Видовая высота.....	77
6.2 Видовой диаметр.....	81
6.3 Видовая площадь поперечного сечения.....	82
6.4 Упрощенные формулы для определения объемов стволов растущих деревьев березы.....	83
6.5 Влияние коры на форму ствола березы.....	87
6.5.1 Формирование коры у стволов березы.....	87
6.5.2 Особенности формирования коры на высоте 1.3 м у деревьев березы.....	88
6.5.2.1 Связь двойной толщины коры с диаметром на высоте 1.3 м в коре.....	88
6.5.2.2 Динамика двойной толщины коры.....	91

6.5.3 Особенности формирования коры у деревьев березы на относительных долях высоты ствола.....	92
6.5.4 Оценка степени влияния коры на определение объемов деловых сортиментов.....	96
6.5.5 Формирование коры у маломерных стволов березы.....	99
6.5.5.1 Относительный объем коры.....	99
6.5.5.2 Связь двойной толщины коры с диаметром на высоте 0.1 м в коре.....	100
6.5.5.3 Динамика двойной толщины коры маломерных стволов березы.....	102
6.5.5.4 Особенности формирования коры у маломерных стволов березы на относительных долях высоты ствола.....	103
7 НОРМАТИВЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОБЪЕМОВ СТОЛОВ И ЗАПАСОВ ДРЕВОСТОЕВ.....	108
7.1 Таблицы объема и сбega.....	108
7.2 Таблица выхода пилопродукции.....	116
7.3 Зависимость диаметра на высоте ствола 1.3 м от диаметра на пне.....	124
ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ.....	127
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	129
Приложение А Перечетные ведомости (пробные площади первой группы).....	142
Приложение Б Фрагменты ведомостей обмеров модельных деревьев.....	144
Приложение В Перечетные ведомости (пробные площади второй группы).....	145
Приложение Г Графики распределения «коэффициента напряженности роста».	147
Приложение Д Корреляционные матрицы основных таксационных показателей и характеристик формы стволов.....	149
Приложение Е Связь величин коэффициентов формы с диаметрами стволов....	150
Приложение Ж Таблицы объема и сбega	152
Приложение И Таблицы выхода пилопродукции.....	155
Приложение К Таблицы выхода пилопродукции, (в процентах от корневого запаса), расчетные данные	158
Приложение Л Модели общего выхода пиловочника и пиломатериалов (коэффициенты уравнений и графики).....	162
Приложение М Таблицы выхода пилопродукции (в процентах от корневого запаса), выровненные данные.....	168

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Береза повислая (*Betula pendula* Roth.) широко распространена в лесостепной зоне Средней Сибири, где является одним из основных лесообразователей.

В Красноярско-Канско-Ачинском лесорастительном районе [57], занимающим значительную территорию, она формирует чистые и смешанные с сосной, лиственницей и осиной древостои. Рост, развитие и формирование этих растительных сообществ, в настоящее время обусловлены возрастающими антропогенными и техногенными воздействиями.

Организация хозяйства, в играющих значительную экологическую и сырьевую роль березовых насаждениях лесостепной зоны Средней Сибири, требует четкого представления о формировании лесных массивов с преобладанием этой породы, восполнения недостатка ряда таксационных нормативов, обеспечивающих расчет пользования, уяснения особенностей формирования деревьев.

Безусловно, древостои лесостепной зоны Средней Сибири выполняют, прежде всего, экологические функции, такие как почвозащитные, водорегулирующие и т. п. Однако это не снижает их ценности как источника древесины для нужд населения, а в последнее десятилетие лесной продукции даже идущей на экспорт. Все это обуславливает актуальность настоящей работы.

Степень разработанности темы исследования. Несмотря на то, что имеется ряд исследований, посвященных закономерностям структуры и роста березняков (А.В. Тюрин [104, 105], Л.М. Морозов [76], В.Н. Игошин [51], В.Д. Хлюстов [117]), березовые насаждения, явившиеся объектом исследования, с таксационных позиций к настоящему времени, изучены достаточно фрагментарно. В работах А.А. Крюденера [62, 63], А.В. Тюрина [106] рассмотрены вопросы сортиментной и товарной структуры березовых древостоев в различных регионах России.

В то же время таксационные исследования, посвященные лесостепным березнякам Средней Сибири практически отсутствуют. Открытыми остаются вопросы структуры крупных лесных массивов с преобладанием березы, закономерности динамики таксационных показателей березняков в районе исследования, особенности формирования древесных стволов, отсутствует ряд таксационных нормативов.

Цель и задачи исследования. Целью работы является изучение строения березовых лесов Канской лесостепи, установление особенностей динамики таксационных показателей и взаимосвязей между ними, выявления характера формирования стволов березы, построение нормативов таксации.

В процессе ее достижения решались следующие задачи:

- рассмотрена структура лесного массива сформированного древостоями березы;
- установлены особенности динамики таксационных показателей березовых древостоев;
- изучены зависимости между средними таксационными показателями березовых древостоев;
- исследованы особенности изменения показателей формы стволов березы района исследования;
- построены математические модели и региональные нормативы для таксации березовых древостоев.

Научная новизна. Впервые для зоны островных лесостепей Средней Сибири:

- рассмотрена структура лесного массива сформированного березовыми древостоями;
- установлена динамика таксационных показателей березняков травяной группы типов леса;
- на основе исследования показателей формы стволов березы в лесостепной зоне разработаны упрощенные формулы для определения их объема;
- разработаны нормативы для установления выхода пилопродукции из стволов и древостоев березы.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы обусловлена тем, что в результате ее удалось сформировать положения и выводы, позволяющие использовать более рациональные приемы ведения лесного хозяйства в объекте исследования.

Вкладом в практику лесного хозяйства явились нормативы и математические модели, направленные на совершенствование приемов таксации березовых древостоев в лесостепной зоне.

Методология и методы исследования. В основу исследования положены методологические приемы отечественных и зарубежных исследователей, позволяющие изучить структурные особенности лесных массивов и древостоев, установить закономерности в формировании стволов деревьев.

В основу методики сбора полевых данных положен метод пробных площадей. Обработка данных велась в соответствии с пакетами программ статистической обработки (Excel; Curve Expert; SPSS).

Основные положения, выносимые на защиту:

- характер структуры лесного массива позволяет оценить устойчивость лесостепных березняков;
- форма стволов лесостепных березняков имеет особенности, влияющие на точность их таксации;
- региональные таксационные нормативы и математические модели позволяют повысить точность таксации древостоев.

Степень достоверности и апробация результатов. Обоснованность выводов и степень достоверности результатов подтверждается достаточным количеством полевых данных, обработанных современными методами.

Результаты исследований доложены и получили одобрение на конференциях:

- XVI международная научно-техническая интернет-конференция «Лесной комплекс: состояние и перспективы развития», г. Брянск, 01-30 ноября 2016 г.
- Всероссийская научно-практическая конференция «Лесной и химический комплексы – проблемы и решения», г. Красноярск, 09 декабря 2016 г.

- Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых (с международным участием) «Молодые ученые в решении актуальных проблем науки», г. Красноярск, 19 мая 2017 г.

- Всероссийская научно-практическая конференция «Лесной и химический комплексы – проблемы и решения», г. Красноярск, 07 декабря 2017 г.

- Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых (с международным участием) «Молодые ученые в решении актуальных проблем науки», г. Красноярск, 17-18 мая 2018 г.

Личный вклад. Автор принимал личное участие в сборе, обработке, анализе экспериментальных данных, статистической обработке, построении математических моделей, формировании текста диссертации. Выводы по проведенным исследованиям были сформулированы автором самостоятельно.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 171 странице, состоит из введения, 7 глав, заключения и библиографического списка, включает 87 таблиц, 68 рисунков, 11 приложений. Библиографический список состоит из 135 наименований, в том числе 6 на иностранных языках.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 статей, в т. ч. 5 в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Береза (*Betula*) – род широко распространенный на территории Евразии и Северной Америки.

В России вид березы повислой (*Betula pendula* Roth.) является одним из основных лесообразующих пород [13]. Береза повислая образует чистые и смешанные леса в лесной, лесостепной и степной зонах европейской части России, на Урале, в Сибири и Казахстане. Особенно широко распространена в лесостепной зоне Западной и Восточной Сибири, где образует так называемые колки [90].

Береза повислая представляет собой крупное дерево до 25-35 м высотой и 0,6-0,9 м в диаметре, продолжительность жизни достигает до 120-150 лет. Данный вид березы очень зимостоек и легко переносит как поздневесенние, так и ранневесенние заморозки, среднетребователен к плодородию почвы.

Особую ценность представляет древесина, которая широко используется в мебельном и других производствах. В результате ее сухой перегонки получают уксус, древесный спирт и уголь. Березовые дрова отличаются высокой теплотворной способностью. Почки и молодые листья применяются в медицине [13].

Изучению развития, закономерностей роста, сортиментной и товарной структуры березовых древостоев посвящены работы многих исследователей.

Так первые обширные исследования о сбеге и объемах стволов березы для лесов Европейской части России, были сделаны в начале двадцатого столетия лесничим А.А. Крюденером [62].

В своих исследованиях А.А. Крюденер различал для березы три формы: I, IIa и IIб. Первая характеризовалась длиной кроны в размере одной трети длины ствола, форма IIa – кроной в размере до половины длины ствола и форма IIб – кроной размером более половины ствола.

Кроме того, для всех форм было принято разделение на две области роста – северную и южную, в результате чего получилось шесть совокупностей.

Для каждой из них были составлены таблицы объема и сбега. Итоги работ были подведены в книге «Таблицы массы сбега и др. для главнейших древесных пород Европейской России» [63].

Построение этих таблиц было осложнено введением дополнительных различий по добротности условий местопроизрастания. Все это делало таблицы громоздкими и неудобными в применении при таксации леса.

Важным этапом в исследовании закономерностей изменения формы стволов явилось создание Массовых таблиц Союзлеспрома [106].

А.В. Тюриным [106] проведены исследования особенностей формирования стволов березы. Для этих целей Управление лесами РСФСР через лесоустроительные партии собрало в 1929 г. в разных губерниях и областях, где произрастала береза, данные по обмерам древесных стволов.

Модели березы представили насаждения от V до IX класса возраста, при величине класса – 10-лет, и от Ia до IV классов бонитета. Они были взяты преимущественно в насаждениях смешанных – березы с осиной и елью, березы с сосной. Указанные насаждения характерны для производных березовых типов, возникших от соответствующих им коренных типов елового и соснового леса.

Нахождение объемов стволов было осуществлено через видовые числа. Для березы были предусмотрены три значения коэффициентов формы q_2 . Средневзвешенный коэффициент формы q_2 соответствующий березе средней полнодревесности равен 0,664; q_2 для высшей, наиболее полнодревесной формы березы равен 0,750 и для низшей, наиболее сбежистой формы равен 0,570.

По завершении работы А.В. Тюриным были построены таблицы сбега и объема стволов березы по бонитетам. Особенностью таблиц по бонитетам явилось постоянное соотношение между диаметрами и высотами в пределах каждого бонитета. Ближайший анализ этого явления показал, что в пределах каждого бонитета указанное соотношение зависит также от возраста, причем

насаждения более молодых возрастов вышестоящих бонитетов имеют одинаковое соотношение между диаметрами и высотами с насаждениями более старых возрастов нижестоящих бонитетов.

А.Ф. Гуров [32] при исследовании березовых древостоев в Костромской области установил, что полнодревесность стволов березы изменяется с возрастом в очень незначительных пределах. Среднее значение коэффициента q_2 оказалось равным $0,667 \pm 0,048$ при коэффициенте вариации – 7,2 %.

Также А.Ф. Гуровым было выявлено, что изменение с возрастом процента выхода деловой древесины графически выражается параболой второго порядка. Максимум выхода деловой древесины наступает в 55-60 лет, а фанерного кряжа – в 70-75 лет. Экспериментальными работами было подтверждено, что при рациональной раскряжевке березовых стволов выход деловой древесины можно увеличить до 75-79 %. В результате выполненной работы были составлены таблицы динамики товарности березняков высших классов бонитета семенного и порослевого происхождения и эскизы таблиц хода роста.

При изучении строения березовых древостоев Западной Сибири Л.М. Морозовым были составлены таблицы объемов по разрядам высот [74].

Э.К. Соколов, Г.К. Субочев [93] при составлении сортиментно-сортных, товарных и объемных таблиц, пришли к выводу, что в березняках Сибири Красноярского края можно выделить 5 разрядов высот. Зависимости высот и диаметров по разрядам высот описываются уравнениями параболы второго и третьего порядка.

В.Л. Черных, А.Г. Мошкалевым и Ю.И. Агапитовым [119] были составлены сортиментные и товарные таблицы для березняков Мурманского района.

В.Ф. Коноваловым и А.С. Магафуровым [56] были разработаны сортиментные и товарные таблицы для березовых древостоев равнинных лесов Башкирского Предуралья. В результате проведенных исследований было установлено, что выход сортиментов в различных типах лесорастительных условий резко отличается. Так наибольшее различие наблюдается между

ягодниковым и крупнотравно-приручьевым типами леса, а разнотравный тип леса занимает промежуточное положение.

Для Западной и Восточной Сибири П.В. Горским и др. [103], Э.Н. Фалалеевым и др. [113], Л.М. Морозовым [75], Э.К. Соколовым и др. [92], а также В.Е. Поповым и В.И. Поляковым (в справочнике [94]) были составлены объемные, сортиментные и товарные таблицы для таксации древостоев березы.

С.А. Демиденко [40] были разработаны объемные таблицы по разрядам высот для определения объемов отдельных стволов березы и запасов в чистых производных березовых древостоях Архангельской области. Автор отмечал, что в смешанных березово-еловых древостоях формируются стволы лучшей формы, чем в чистых березняках. Также были получены уравнения связи коэффициента формы q_2 и старого видового числа с высотой стволов.

При изучении формы стволов березы С.Л. Шевелевым и С.В. Кускашевой [124] было установлено, что березовые древостои в Среднесибирском подтаежно-лесостепном районе имеют индивидуальные особенности в закономерностях изменения формы стволов.

Закономерности хода роста березняков нашли отражение в работах достаточно широкого круга исследователей.

При изучении хода роста основных лесобразующих пород СССР А.В. Тюриным [104, 105] для европейской части России были составлены всеобщие таблицы хода роста березовых древостоев.

Для березовых насаждений с однотипными условиями произрастания были составлены таблицы хода роста В.И. Галиновским [25] для Западносибирской низменности, А.Н. Бобко [10] для Курганской области.

Ф.В. Кишенков [53] впервые выявил, что в березово-еловых древостоях кисличной серии типов леса максимальный фактический общий текущий прирост превышает в 1,5-2 раза таковой для чистых березовых и еловых насаждений.

Н.П. Чупров [120] составил таблицы хода роста для модальных елово-березовых насаждений типа леса черничник в Архангельской области.

Также им были разработаны для березовых древостоев объемные таблицы, сортиментно-сортные таблицы по разрядам высот и таблицы динамики сортиментной структуры.

В справочнике под редакцией В.В. Козловского, В.М. Павлова [55] приведены таблицы хода роста для нормальных березовых насаждений Среднего Урала составленные Д.А. Миловановичем.

В.Д. Волков [21] впервые разработал таблицы текущего прироста березовых насаждений I класса бонитета выраженного в м^3 на 1 га в коре, а также в процентах. Исследования проводились в центре Европейской части СССР.

В.К. Попов [86] провел ряд исследований роста и производительности естественных березовых насаждений лесостепи, на основании которых были составлены таблицы хода роста.

Э.Н. Фалалеевым и др. [114] для некоторых лесорастительных районов Сибири были составлены таблицы хода роста, в основном для модальных березовых насаждений. Основная масса таблиц была построена на бонитетной основе.

В.В. Кузьмичев совместно с Л.М. Морозовым [64] построили ряды распределения деревьев по ступеням толщины в березняках Обь-Иртышского междуречья в зависимости от среднего диаметра древостоев.

Кроме того ими была поставлена цель проверить степень влияния на средний диаметр древостоя географического расположения района. Анализ показал, что, несмотря на отдельные отклонения, существенной разницы в данных статистик по районам нет и возможно их усреднение.

Соавторами было установлено, что распределение числа деревьев по ступеням толщины передается дифференциальной кривой Пирсона I типа для средних диаметров от 8 до 28 см и II типа для среднего диаметра 30 см.

Также Л.М. Морозовым [76, 73] было проведено исследование березняков, входящих в подзоны средней и южной тайги, расположенных в центральной части Западной Сибири.

Пробные площади закладывались в чистых или с небольшой примесью (до 30 %) березовых насаждениях преобладающих типов леса, не подвергавшихся рубке, высоко- и среднеполнотных. Всего на пробных площадях было срублено и обмерено 3 385 модельных и учетных деревьев.

Было установлено, что зависимости между суммой площадей сечений и видовыми высотами с одной стороны и средними высотами совокупностей древостоев с другой значительно отличаются в данном районе исследования от стандартной таблицы ЦНИИЛХа.

Таким образом, была доказана целесообразность построения местных таблиц типа «стандартных», не по материалам таблиц хода роста, а непосредственно с использованием массовых материалов переучетов на пробных площадях.

Полученные закономерности выхода сортиментов из отдельных стволов и древостоев были использованы для составления безразрядных сортиментных и товарных таблиц по трем классам крупности древесины.

Также было отмечено, что при установлении возрастов рубок в отдельных регионах необходимо учитывать типологическую структуру березовых насаждений. Так для березняков разнотравных оптимальный возраст рубки равен 71 году, для мшисто-ягодниковых – 81 году, а для мшистых – 91 году.

В.А. Бугаев, М.И. Бузоверов [11] разработали местные таблицы хода роста и товарной структуры для сомкнутых и среднеполнотных березовых древостоев Пермской области (тип леса – березняк широколиственный, II класс бонитета).

П.В. Алексеевым [3] анализировалось влияние типа леса на ход роста березовых древостоев, им установлено, что сураменные березняки значительно превосходят субореваемые по средним высотам и диаметрам, а также по запасу.

И.С. Глушенков [28] выявил умеренную и значительную обратную связь средних диаметров березняков с полнотой ($R = 0,450-0,530$). Также им была получена система уравнений преобразованных парабол второго порядка, которая

позволяет прогнозировать рост древостоев по диаметру с учетом возраста, полноты и производительности.

При исследовании горизонтальной структуры березовых насаждений Красноярского края А.В. Прокудиным [87] установлено, что древостои березы чаще распределяются по площади небольшими группами по 3-5 деревьев.

И.М. Данилин [35] также отмечал, что с увеличением возраста размещение стволов имеет в большей степени групповой характер, а в молодняках деревья распределяются равномерно.

При исследовании зависимости между средними таксационными признаками древостоев березы И.М. Данилиным [35] было установлено, что при одинаковых значениях средней высоты, полноты и класса бонитета средние диаметры древостоев в различных районах произрастания оказываются практически одинаковыми. Совместное влияние вышеназванных таксационных показателей достаточно высоко (98 %), причем влияние средней высоты наиболее значительно – 84 %.

В.К. Хлюстовым [116] при исследовании общих закономерностей текущего прироста березняков Северного Казахстана, был разработан новый способ определения текущего прироста по запасу, согласно которому, величина прироста определяется с учетом цикличности колебаний ширины годичного слоя.

В.Д. Хлюстов [117] изучал закономерности возрастной динамики роста, строения и продуктивности березовых древостоев Среднего Поволжья.

В.Н. Игошиным, В.В. Кузьмичевым [48] рассмотрены особенности хода роста порослевых колочных березняков Барабинской лесостепи по основным таксационным показателям (диаметр, высота, запас и возраст), на основании обмеров на пробных площадях, заложенных в разные годы.

В результате соавторами получены данные, подтверждающие изменение характера динамики березняков, связанное с эволюцией условий произрастания. Было установлено, что ни один из существующих способов составления таблиц

хода роста, основанный на предположении неизменности условий произрастания, для изученных древостоев не подходит. Это подтвердило необходимость проведения работ на постоянных пробных площадях.

Кроме того В.Н. Игошин и В.В. Кузьмичев [47] установили, что для анализа динамики средних высот порослевых березняков лесостепи наиболее пригодным оказался метод подбора древостоев одного естественного ряда, основанный на учете времени их возникновения.

В.Н. Игошиным и А.Г. Неповинных [49] было проведено сравнение особенностей зависимости высоты от диаметра у одновозрастных сосновых древостоев Красноярской лесостепи и колочных березняков Барабинской лесостепи.

В итоге было получено прогнозное уравнение, позволяющее строить кривые, характеризующие изменения средних высот в зависимости от диаметров по ступеням толщины для всех сочетаний средних диаметров и высот в древостоях разных возрастов и полнот, произрастающих в различных условиях местопроизрастания.

В результате проведенных работ В.Н. Игошиным [51] были построены таблицы хода роста для березовых древостоев Барабинской лесостепи.

Г.В. Андреевым [4] при исследовании динамики и структуры устойчиво-производных березняков Южного Урала, был составлен эскиз таблицы хода роста.

Материалом для построения таблиц послужили данные 136 пробных площадей, заложенных в древостоях I-VIII классов возраста, на которых было срублено 1 080 модельных деревьев. Насаждения характеризовались как одновозрастные, высокополнотные, с участием березы в составе не менее 8 единиц. При построении таблиц хода роста была проведена группировка материала по типам леса с увязкой их с общескандинавской шкалой.

Результаты исследований показали, что в пределах каждого бонитета несколько типов леса имеют достаточно близкие линии развития, т.е. практически

относятся к одному естественному ряду. Поэтому в составленном эскизе таблиц хода роста бонитеты сопровождалось указанием наиболее характерных типов леса. Составленные таблицы хода роста рассматривались как местные, но более подходящие для таксации березняков лесостепи.

В.К. Хлюстовым и Л.С. Мурачевой [118] была разработана лесотипологическая шкала хода роста березовых древостоев по средней высоте для березовых насаждений лесопарковой части зеленых зон Калининградской области.

В отличие от шкалы классов бонитета эта шкала отображает особенности роста в разрезе типов леса и типов лесорастительных условий. Переход от качественного понятия условий местопроизрастания к их численному выражению был осуществлен по уравнениям множественной регрессии, включающим в себя наряду с возрастом фиктивные переменные. Число фиктивных переменных было увязано с числом типов леса и типов лесорастительных условий в смещенной единичной диагональной матрице.

Таким образом, полученные статистические модели и их графическая интерпретация предоставили полное основание для пересмотра действующих лесотаксационных нормативов, разработанных на бонитетной основе, и осуществления перехода на экологические нормативы инвентаризации древостоев.

Объектом исследования А.Н. Полякова [84] явились березняки лесной опытной дачи имени К.А. Тимирязева, в итоге была составлена сокращенная таблица хода роста березовых насаждений. Также им были рассмотрены особенности строения березовых древостоев по диаметру в возрасте от 19 до 140 лет.

А.А. Вайс, В.Н. Игошин, В.И. Пчелинцев [17] на основе исследований, проведенных в колочных лесах Западной Сибири, установили, что условия роста березовых насаждений способствуют формированию стволов с нижней утолщенной формой. Кроме того с помощью прогнозных моделей соавторами

были получены нормативы для определения диаметров на высоте груди и диаметров на высоте пня для стволов березы порослевого происхождения.

Изучению зависимости диаметров на высоте груди от диаметра пня для деревьев березы повислой в условиях Средней Сибири посвящены работы А.А. Вайса [14, 15]. Аналогичные исследования проведены Ю.В. Марухленко, В.Н. Михальчук [71] для березняков разнотравной группы типов леса Омской области.

В работе Н.В. Выводцева, С.А. Тютрина [22] рассмотрены особенности роста древостоев березы плосколистной на Дальнем Востоке. В результате ими была составлена региональная таблица хода роста [23].

В продолжение этого исследования С.А. Тютриным [110] разработаны таблицы хода роста модальных древостоев березы белой, произрастающей на Дальнем Востоке.

Также С.А. Тютриным и Н.В. Выводцевым [109] было установлено, что использование видового диаметра в качестве независимой переменной, в отличие от видовой высоты, при определении объема ствола и продуктивности, позволит получить более точный результат и минимизировать ошибки при расчетах. В результате было составлено обобщенное регрессионное уравнение для вычисления объемов стволов нормальных березовых древостоев в различных географических районах Дальнего Востока.

Г.В. Андреевым, Ю.М. Алесенковым, С.В. Иванчиковым [5] было проведено исследование структуры и динамики длительно-производного березняка травяно-зеленомошного на территории Висимского государственного природного биосферного заповедника, находящегося в Свердловской области.

При сравнении роста по диаметру березы, ели и сосны, имеющих одинаковый возраст, ими было установлено, что наилучшим ростом по диаметру до 40 летнего возраста характеризуется береза. То есть она в этом возрасте выступает как главный конкурент сосны. В возрасте старше 40 лет наилучший рост по диаметру характерен для сосны.

Е.А. Усс [111] разработал таблицы хода роста для березовых древостоев Беларуси Іб-V классов бонитета на типологической основе.

А.Л. Поморовой и Ю.Л. Поморовой [85] были разработаны математические модели динамики средних высот и диаметров, а также запасов березовых насаждений Минусинского лесничества, с учетом местных лесорастительных условий.

Некоторые сведения о формировании коры у стволов березы в европейской части России можно почерпнуть из работ В.Е. Шульца (справочник таксатора Н.В. Третьяков и др. [103]) и А.В. Тюрина [108].

В.М. Кричун и А.М. Данченко [61] в своей работе установили, что процент объема коры для древостоев березы Северного Казахстана составляет 18-21,6 %. Также ими были выделены основные, визуально различимые формы коры у березы повислой – ромбовидно-трещиноватая, гладкокорая, серо-трещиноватая и грубокорая.

Среди более поздних исследований, посвященных закономерностям формирования коры у стволов березы, следует отметить работы И.А. Нахабцева [79], А.А. Вайса [18, 16].

Л.С. Ветровым [20] при изучении содержания коры в круглых лесоматериалах, получаемых из средней и вершинной частей ствола, было установлено, что содержание коры остается постоянным и не зависит от длины и диаметра сортимента (10-12 % от его объема в коре). В результате для стволов березы повислой был получен норматив, позволяющий оценивать содержание коры в сортиментах и прогнозировать объем отходов при переработке.

А.А. Вайсом [18] был разработан норматив, отражающий среднюю двойную толщину коры на высоте пня и 1.3 м в зависимости от диаметра ствола, для определения двойной толщины коры для ряда лесных районов Средней Сибири.

Вопросам биологической продуктивности березовых насаждений посвящены работы Г.В. Андреева [6], В.А. Усольцева и др. [112].

Так Г.В. Андреевым [6] при исследовании изменения приростов в коротко-производном березняке кислочно-разнотравно-зеленомошном было установлено увеличение прироста на 15 %, при этом в длительно-производном березовом древостое этого же типа леса было установлено увеличение прироста на 31 %.

В.Д. Шульгой и др. [129] при исследовании деревьев основных лесообразующих пород, в том числе березы повислой, произрастающей в Волгоградской области, для оценки степени жизненного состояния, как отдельных деревьев, так и всего древостоя в целом применялся комплексный оценочный показатель. Данный показатель также может служить критерием интенсивности накопления фитомассы древостоев.

Имеется ряд исследований посвященных березовым древостоям Канской лесостепи.

Так Н.Т. Спицына [95, 96] исследовала биологическую продуктивность и биометрические параметры разнотравных березняков Канской лесостепи. Было произведено моделирование фитомассы крон березняков, построена математическая модель и выявлена связь между интенсивностью антропогенной нагрузки на древостой и изменением его основных таксационных показателей.

В результате установлено, что высокие антропогенные нагрузки негативно отражаются на биологической продуктивности березняков. На основе проведенных исследований были предложены лесохозяйственные рекомендации, направленные на повышение устойчивости березовых древостоев.

А.С. Смольянов [91] при изучении чистых среднеполнотных березняков разнотравной группы типов леса Канского и Иланского районов, определял встречаемость некоторых сортоопределяющих пороков древесины. Была выявлена связь между диаметром гнили на пне и распространением ее по стволу, а также установлена встречаемость гнили в зависимости от возраста и встречаемость кривизны в зависимости от диаметра на высоте груди. Были получены данные, позволяющие откорректировать сортиментно-сортные и товарные таблицы березовых древостоев в районе исследования.

А.А. Демиденко [39] исследовал влияние низовых пожаров на состояние березовых колочных насаждений Канско-Ачинской лесостепи.

Было установлено, что наиболее подвержены воздействию пожаров колочные леса, находящиеся в непосредственной близости от автомобильных дорог и населенных пунктов. Наиболее сильные повреждения отмечены в радиусе 500 м от автомобильных дорог и в радиусе 10-15 км от населенных пунктов. За пределами этих границ отмечается снижение количества поврежденных колочных лесов, а также снижаются степень повреждения и высота нагара.

Л. Н. Козлова [54] изучала процесс транспирации растений в разнотравных березняках Канской лесостепи. Было выявлено, что в структуре суммарного испарения (430-440 мм) на долю транспирации приходится от 36 до 68 %.

Уделено внимание видам рода Береза (*Betula*) и в зарубежной специальной литературе.

Так А.Ф. Howard и D.A. Yaussy [131] разработали многомерную регрессионную модель для прогнозирования выхода пиломатериалов из пиловочника березы желтой (*Betula alleghaniensis*, Britton). Исследования проводились в северо-восточной части США.

М.Р. Emery и др. [130], W.K. Moser и др. [132] исследовали качественные характеристики коры и форму стволов березы бумажной (*Betula papyrifera*), широко распространенной в Северной Америке. В результате ими было составлено иллюстрированное руководство для полевых методов оценки коры березы при проведении лесоинвентаризационных работ. Также были составлены схематические чертежи кривизны стволов березы, в которых была изображена степень кривизны и выделено три формы: стволы, не имеющие кривизны, стволы с умеренной кривизной и стволы с экстремальной кривизной.

Краткие обзоры литературных источников, посвященных конкретным вопросам, в рамках тематики настоящей работы, приведены в соответствующих разделах диссертации.

2 ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

Северные (по географическому положению) лесостепи Средней Сибири – Ачинская, Красноярская и Канская являются островными, расположенными изолировано среди сплошных лесных массивов [8].

Зона лесостепей в пределах Красноярского края занимает предгорные прогибы и межгорные котловины. На западе Красноярского края расположена Ачинская лесостепь, южные отроги Енисейского кряжа отделяют Красноярскую лесостепь от Канской.

В пределах лесостепей и примыкающих к ним подтаежных массивов расположен Центрально-Красноярский экономический район. Район на западе пересекается р. Чулым, на востоке р. Кан, а р. Енисей связывает его с югом и севером края [52].

Растительный покров северных лесостепей характеризуется сочетанием различных типов растительности. Естественная растительность представлена лесами, степями, лугами, болотами и зарослями кустарников.

Главной древесной породой, распространенной по всей территории северных лесостепей является береза. Закономерным компонентом лесостепей являются мелколиственные березовые, осиново-березовые и осиновые леса, занимающие более половины лесной площади. Расположенные массивами или «колками» среди полей и по склонам сопок и увалов различной крутизны преимущественно северной и восточной экспозиций. Чистые осинники встречаются сравнительно редко.

Сосновых и лиственничных лесов, образующих чистые однопородные древостой, сохранилось мало. Близ населенных пунктов чаще встречаются вторичные смешанные березово-сосновые или березово-лиственничные леса, возникшие на месте изреженных рубками или пожарами лиственничных и сосновых лесов.

В узких долинах рек в сырых и избыточно увлажненных местообитаниях распространены заболоченные березовые, березово-еловые и еловые долинные

леса. Вследствие специфики местообитаний они представлены ограниченным числом типов леса.

В районе лесостепей преобладают осоково-гипновые болота. Заросли различных кустарников растут в разнообразных условиях и принадлежат к различным экологическим группам. Некоторые виды встречаются редко в небольшом количестве, другие образуют заросли, являясь в конкретных условиях определенных местообитаний эдификаторами ассоциаций и формаций растительности.

Среди лесостепной кустарниковой растительности можно выделить следующие виды: кизильник черноплодный, спирея средняя, ива козья, шиповник иглистый и майский, малина обыкновенная, рябинник рябинолистный, боярышник кроваво-красный, черемуха обыкновенная, смородина черная [8].

Расположенные вблизи населенных пунктов и дорог березовые насаждения имеют следы низовых пожаров. Однако следов верховых пожаров в березняках нет – гари отсутствуют. Низовые пожары не оказывают значимого влияния на структуру древостоев.

Березовые древостои в основном семенного происхождения. Вблизи населенных пунктов встречаются небольшие участки порослевых березняков возникших на вырубках.

В процессе маршрутных исследований отмечено несколько участков молодых березовых древостоев возникших на заброшенных в 90-ые годы прошлого века сельскохозяйственных землях. Как правило, они граничат со стеной леса, представленной березняками, а затем переходят в пустыри заросшие сорной травянистой растительностью.

Так как Канская лесостепь, где в основном были собраны полевые материалы, для настоящей работы, относится к Красноярско-Канско-Ачинскому лесостепному лесорастительному району по районированию Института леса имени В.Н. Сукачева СО РАН [57], вместе с Красноярской и Ачинской островными лесостепями, то природные условия их очень близки (с некоторыми различиями, не влияющими на рост и развитие древостоев). В связи с этим

представляется возможным использование полученных результатов работы на территории всего лесорастительного района.

Поэтому для сопоставления условий местопроизрастания ниже дается природная характеристика всех островных лесостепей.

2.1 Канская лесостепь

Канская лесостепь является самой крупной из всех лесостепных регионов края. Она протягивается с юга на север почти на 200 км и с запада на восток от 60 до 125 км. Площадь лесостепи составляет около 17,0 тыс. кв. км.

Канская лесостепь располагается в Канско-Рыбинской котловине. Канская лесостепь входит в территорию Средней Сибири в зону травяных лесов и островных лесостепей и относится к Чуно-Ангарской подпровинции Среднесибирской провинции светлохвойных лесов в составе Канского геоботанического округа [97].

На юге и юго-востоке ее окаймляют предгорья Восточного Саяна, на западе и северо-западе она отделена от Красноярской лесостепи невысоким Енисейским кряжем, а на севере и северо-востоке – постепенно переходит в Средне-Сибирское плоскогорье [52].

На территории лесостепи полностью или частично размещаются 12 административных районов, в том числе Тасеевский, Дзержинский, Абанский, Нижне-Ингашский, Иланский, Канский, Ирбейский, Рыбинский, Уярский, Саянский, Партизанский, Манский. Все они составляют восточный (Канский) подрайон Центрально-Красноярского экономического района [89].

Вся эта обширная территория представляет холмисто-увалистую равнину с высотами в южной части 400-480 м, а в северной – 300-350 м, что обуславливает концентрическую зональность природных зон и подзон.

Расчлененность рельефа уменьшается в направлении с юга на север. Резко выражена его асимметричность. Среди микроэлементов рельефа заметно выделяется своеобразный бугристо-западинный рельеф, обусловленный

мерзлотными и суффозионными процессами. Реки, стекающие с гор, при выходе на равнину образуют обширные внутренние дельты. Все они имеют террасы [83].

Современный рельеф Канской и других островных лесостепей, обусловлен новейшими дифференцированными движениями, с которыми связаны ускоренная эрозия поднимающихся элементов поверхности и аккумуляция продуктов разрушения в понижениях.

В прошлом, во время ледниковой эпохи, когда здесь были ландшафты «холодной лесостепи» происходили активные процессы выветривания и облессовывания пород, образовались бугристые пески и лессовидные суглинки [52].

Северная часть лесостепи представлена в основном водораздельным пространством рек Кана и Усолки. Абсолютные высоты водораздела – 350-400 м. Южная часть лесостепи – обширное водораздельное пространство рек Кана и Есауловки, которое разделяется р. Рыбной (приток Кана) на два междуречья. Междуречье р. Рыбной и Есауловки – приподнятая часть лесостепи. Водораздел его достигает 589 м.

Климат лесостепи более резко континентальный по сравнению с другими лесостепями и здесь формируются более сухие лесостепи, чем Красноярская и Ачинская. При этом заметны его изменения с запада на восток и с юга на север [97].

Абсолютный минимум температуры воздуха достигает -51°C . Средняя годовая температура: -0.2°C , -0.6°C . Средняя температура воздуха в январе: -19.7°C , в июле – $+19.4^{\circ}$. Продолжительность безморозного периода от 84 до 115 дней. Период с температурой выше 10°C длится от 106 до 113 дней. Сумма активных температур (выше 10°C) 1600-1800 $^{\circ}\text{C}$. За год выпадает 325 мм осадков, а в предгорных и северных районах – до 452 мм. Из них $\frac{2}{3}$ приходится на теплый период (апрель-октябрь). Лето жаркое, с большим числом ясных дней, ночи холодные. Дожди летом ливневые. Зима суровая, малоснежная, с тихой и ясной погодой [52].

Для лесостепи характерно преобладание ветров западных и юго-западных направлений во все времена года, достигающих максимальных значений в весенние месяцы. Средняя скорость ветра – 3,5 м/с [97].

По тепловому состоянию Канскую лесостепь можно отнести к умеренно-теплой, а по обеспеченности растений влагой – полувлажной.

Территория лесостепи дренируется реками системы р. Кана и Усолки. Питание рек преимущественно снеговое. В некоторые годы бывают сильные летне-осенние дождевые паводки.

Озер мало. На севере они встречаются по водоразделам, а на юге только в долинах рек в виде озер-стариц.

Почвы Канской лесостепи – плодородные серые лесные и черноземные. Пологие склоны и плоские водоразделы покрыты луговыми степями с выщелоченными черноземами. Южные склоны и мелко-бугристые формы рельефа заняты типичной степью с обыкновенными черноземами.

Долины рек покрыты луговой растительностью на аллювиальных почвах.

В распространении растительности и почв отмечается концентрическая поясность. Окраины лесостепи заняты подтайгой с серыми лесными почвами, часто имеющими второй гумусовый горизонт. Затем ближе к центру лесостепи, распространены луговые степи с оподзоленными выщелоченными черноземами. Центр лесостепи вдоль р. Кана занят настоящими степями. Однако и в луговой, и в настоящей степи имеются березовые колки и перелески [52].

По структуре почвенного покрова, как и по климатическим показателям и растительному покрову, в данной лесостепи четко выделяется три подзоны – северная, типичная и южная лесостепи, которые занимают соответственно 35,2; 60,0 и 4,8 % площади Канской лесостепи [89].

Более половины лесопокрытой площади занято березняками, около 116 154 га [97].

Березово-осиновые и березово-сосновые леса с примесью лиственницы обычно растут на высоких элементах рельефа и по северным склонам, где преобладают серые лесные почвы, а иногда оподзоленные черноземы [52].

2.2 Красноярская лесостепь

Красноярская лесостепь является наиболее густо населенной частью Красноярского края и занимает срединное положение среди островов зоны лесостепи центральной части края. Она располагается на территории трех административных районов – северо-восточной части Емельяновского, западной половине Сухобузимского и западной части Больше-Муртинского до р. Енисей [89].

Красноярская лесостепь расположена на предгорной равнине на стыке Восточного Саяна, Западной Сибири и Средне-Сибирского плоскогорья. На юге Красноярская лесостепь ограничена Торгашинским хребтом и Куйсумскими горами, на юго-западе – Кемчугским нагорьем, на востоке – Енисейским кряжем. На севере и северо-западе орографической границы нет, здесь Красноярская лесостепь постепенно сменяется подтайгой и далее тайгой Западно-Сибирской низменности.

С юга на север лесостепь простирается на 110-150 км, протяженность с запада на восток составляет не более 80 км. Общая площадь лесостепи составляет около 5,4 тыс. кв. км.

На территории лесостепи наибольшими высотными отметками характеризуется юго-восточная предгорная часть – 340-370 м над уровнем моря. В направлении с юга на север и с запада на восток, а также от периферии к центру высотные отметки понижаются, наиболее резко – в южной части лесостепи.

Красноярская лесостепь занимает предгорную, аллювиальную равнину или древнюю поверхность выравнивания, которая пересечена современной сетью левых притоков р. Енисей [89].

Современный рельеф образовался в результате эрозионных процессов на древней предельной равнине, которая была превращена в холмисто-увалистый рельеф с грядами-междуречьями. На пологих склонах и на междуречьях суффозионными и мерзлотными процессами во многих местах был создан своеобразный бугристо-западинный рельеф.

Наиболее сложный рельеф образовался на стыке девонских и юрских отложений в южной части лесостепи, где преобладают холмисто-увалистые куэстовые формы. Крутые левые склоны террас в долинах изрезаны сухими логами и оврагами [52].

Для Красноярской лесостепи характерен резко континентальный климат, выражающийся в контрасте времен года и значительной амплитуде колебаний температур воздуха зимы и лета, дня и ночи.

Так, амплитуда максимума и минимума составляет 91-100°C [89]. Средняя годовая температура +0.3°C. Средняя температура января -16.8°C, июля – +18.2°C. Число дней с температурой выше 10°C около 110-120, а сумма активных температур 1600-1700°C. Безморозный период длится около 120 дней. Среднее количество осадков – 390 мм, из них в теплый период (апрель-октябрь) выпадает 329 мм. Продолжительная зима малоснежна, поэтому почвы промерзают глубже 2 м, это способствует формированию горизонта длительной сезонной мерзлоты. Сухая мерзлая почва растрескивается, от этого ухудшаются ее водно-термические свойства, что отрицательно влияет на зимне-весенний цикл жизни растений. Сильные ветры зимой сносят сухой снег в понижения. Весной начинается ветровая эрозия почв, а летом ливневые дожди смывают и размывают их.

Реки, протекающие по лесостепи, не велики (Кача, Бузим и др.), за исключением Енисея. Они резко реагируют на выпадение осадков. Грунтовые воды имеются в рыхлых породах и используются для водоснабжения населенных пунктов. Межпластовые воды связаны с юрскими угленосными толщами.

В растительном покрове заметно выражена комплексность, что связано с рельефом, увлажнением, почвенным покровом и хозяйственной деятельностью человека.

В наиболее остепненных местах, по склонам южных экспозиций и на соленосных отложениях девона, распространена ксерофильная растительность.

Остальная часть лесостепи характеризуется чередованием остепненных участков на обыкновенных и выщелоченных черноземах березово-осиновых колков, березовых и сосново-березовых перелесков с луговоразнотравным

покровом на серых лесных почвах. Расчлененность рельефа создает благоприятные условия для продвижения степной растительности по южным склонам далеко на север, а лесов по северным склонам – на юг.

В поймах на аллювиально-луговых почвах развиваются разнотравные луга. На террасах встречаются пятна солонцов, в долинах рек – карбонатные, а по днищам логов – лугово-черноземные почвы [52].

По изменению структуры почвенного покрова в Красноярской лесостепи выделяется 3 подзоны: южная, типичная и северная [89].

Поймы малых рек покрыты темнохвойными елово-пихтовыми лесами. Вдоль русел тянутся полосы осоковых лугов, которые нередко чередуются с ивняками или березняками, иногда встречаются осоковые болота. На низких надпойменных террасах развиты остепненные, солонцеватые или солончаковатые луга. Болотистые луга занимают примерно 5 % территории поймы. Небольшие острова в пойме Енисея поросли ивняком, тополем черным и лавролистным [31].

2.3 Ачинская лесостепь

Ачинская лесостепь по сравнению с другими северными лесостепями имеет наименьшие размеры: протяженность с юга на север составляет 25-100 км, с запада на восток – 120 км. Общая площадь лесостепи составляет около 5,0 тыс. кв. км [8].

Ачинская лесостепь на западе уходит в пределы Кемеровской области, на юге отделена хребтом Арга от Назаровской лесостепи, а на востоке отделяется от Красноярской лесостепи Кемчугской лесной возвышенностью.

Большая часть Ачинской лесостепи находится в пределах Боготольского и Ачинского административных районов и частично захватывает юг Больше-Улуйского.

Рельеф Ачинской лесостепи с полосой подтайги представляет собой денудационно-эрозионную равнину, наклоненную к северу и северо-западу, несколько приподнятую относительно Западно-Сибирской низменности, с которой она постепенно сливается на севере и западе.

Абсолютные высотные отметки на основной части территории колеблются в пределах 200-300 м, уменьшаясь к северу до 180 м и повышаясь на междуречьях р. Чулыма и р. Большого Улуя, р. Большого Улуя и р. Кемчуга до 400 м.

Плоские и широкие междуречья, как правило, имеют заметно выраженную асимметричность – правые склоны короткие и крутые, а левые – пологие и длинные. В целом рельеф полого-увалистый и грядово-увалистый [52].

Климат Ачинской лесостепи отличается от других лесостепей Красноярского края, прежде всего, наименьшей континентальностью и большим атмосферным увлажнением, что обусловлено географическим расположением региона [89].

Среднегодовая температура воздуха: -0.2°C , -0.6°C . Средняя температура воздуха января -17.4°C , июля $+18^{\circ}\text{C}$. Абсолютные минимальные температуры достигают -60°C , а максимальные $+37^{\circ}\text{C}$. Число дней с температурами выше 10°C – 104-111 дней. Сумма активных температур $1600-1700^{\circ}\text{C}$. Годовое количество осадков – 465-495 мм, из них около 75 % выпадает в теплый период (апрель-октябрь), а половина – в летние месяцы (июнь-август).

Снежный покров появляется во второй половине октября, а разрушение его начинается в первой декаде апреля, сход в конце апреля – начале мая. Продолжительность снежного покрова достигает 176-192 дня. Средняя годовая относительная влажность воздуха 74 %, а в наиболее сухой период (май) – 57 %.

Господствующими являются западные ветры, которые в начале зимы и весной достигают большой силы. Зимой ветры сдувают снег в пониженные элементы рельефа и в колки, обнажая наветренные склоны, а весной сильно иссушают верхние слои почвы.

Последний мороз весной бывает в конце мая – начале июня, а осенью – в первой половине сентября. Замерзание почвы начинается обычно до выпадения снега, что обуславливает растрескивание и глубокое промерзание ее (до 3 м). Глубокое зимнее промерзание и медленное оттаивание в теплый период способствует формированию горизонта длительной сезонной мерзлоты почвы,

который удерживается до июля-августа и оказывает существенное влияние на гидротермический режим и биохимические процессы почв.

Для лесостепи характерна густая гидрографическая сеть, относящаяся к системе бассейна р. Чулыма. Река Чулым протекает по южной окраине округа с запада на восток до г. Ачинска, а отсюда течет с юга на север. Из крупных левых притоков р. Чулыма в пределах лесостепи следует назвать реки Четь, Кирюшку, Улуй, а из правых – Мазульку и Большой Улуй [52].

Наибольшее хозяйственное значение имеет р. Чулым. Притоки текут по равнине и имеют малые уклоны. В формировании их стока большое значение имеют зимние осадки. Быстрое таяние снега происходит в южной и более равномерное – в северной облесенной части лесостепи. Стекающие по мерзлой почве воды переносят массу взвешенного материала, который отлагается в широких, скованных льдом заболоченных поймах. При этом задерживается прогревание и оттаивание болотных почв. Продолжительность подъема весенних вод в среднем 30-35 дней. Летние осадки в отдельные годы вызывают сильные наводнения. Наименьший сток рек наблюдается зимой, когда они питаются только подземными водами. Образующиеся в этот период наледи на некоторых реках покрывают площади большие, чем полые воды. Они влияют на гидротермический режим прилегающих участков, на растительность и почвенный покров.

Озера расположены в долинах рек и представляют собой старые русла рек. Грунтовые воды находятся на разной глубине – от 1 до 18 м.

Большое влияние на растительность и почвенный покров оказывает верховодка, уровень которой тесно связан с горизонтом длительной сезонной мерзлоты: образующаяся над мерзлым горизонтом подпертая гравитационная вода вызывает временное избыточное увлажнение. Пока сохраняется мерзлый горизонт, происходит боковой сток воды и накопление ее по микро- и мезопонижениям. Высокий уровень стояния грунтовых вод характерен для колок и долин рек, где обычно почвы заболочены.

В пределах лесостепи имеются несколько группировок растительности. Переходными от подтайги к лесостепи являются березовые и осиновые леса с пятнами хвойных пород с лугами и болотами. На плоских водоразделах, на заболоченных и оподзоленных почвах встречаются березняки-долгомошники, которые местами переходят в сфагновые березняки. На хорошо дренируемых участках под березами и осинами растут кустарники. Значительно больше распространены березовые и осиновые леса в сочетании с лугами. Здесь имеются хвойные, но их значительно меньше и приурочены они к более увлажненным местам и к долинам рек.

Преобладающее значение имеет береза повислая, а на более увлажненных местах – береза пушистая и осина. Из кустарников встречаются сибирский дерн, спирея, смородина, а на заболоченных участках – ива. В осваиваемых местах лугово-лесная растительность сменяется лугово-степной [52].

Среди открытых, освоенных под земледелие массивов, встречаются березовые и березово-осиновые колки с различным травяным покровом: разнотравным, осоковым, злаковым. Во всех случаях, травянистый покров развит хорошо, а кустарники состоят из ив, спиреи, шиповника. Березово-осиновые леса составляют переходную полосу к луговым степям и остепненным лугам.

Группировка луговых степей и остепненных лугов с колками является последней в процессе изменения ландшафтов от тайги к лесостепи. Это наиболее обжитая часть территории края, природа здесь сильно преобразована производственной деятельностью человека.

По террасам Чулыма распространены сосновые боры, среди которых выделяются боры-зеленомошники, боры-черничники, боры-брусничники и др.

Пойменные луга в сочетании с болотами, кустарниками и лесами встречаются в долинах. Состав и группировки растительного покрова меняются. Типичные луга пойм состоят из различных луговых формаций и их сочетаний: полевичные, тимофеечные, пырейные, костровые с разнотравьем и бобовыми. Заболоченные луга состоят из крупнозлаковых: канареечника, майника, вейника, осок и мезофильного разнотравья. Низкие уровни пойм заняты канареечниковыми

лугами. На торфянистых лугах поймы развиты дернистоосочники и осотоосочники, среди которых встречаются также злаковоосоковые и разнотравноосоковые ассоциации. В поймах рек распространены травяные и гипновотравяные низинные болота.

В соответствии с другими физико-географическими компонентами находится и почвенный покров. Как и в растительном покрове, заметно выражена зональность: в южной части преобладают выщелоченные и оподзоленные черноземы, а в северной – серые лесные почвы. Эти почвенные типы занимают большую часть площади. Для серых лесных почв характерен второй гумусовый горизонт. Наряду с этими почвами небольшими участками в округе встречаются дерново-слабоподзолистые, лугово-черноземные почвы, пойменные (аллювиальные), дерново-карбонатные, болотные и лугово-карбонатные [52].

Особенностью почвенного покрова Ачинской лесостепи является значительная заболоченность (14,1 % территории лесостепи), которая увеличивается к северу. Заболоченные почвы и болота формируются на плоских, слабо дренированных водоразделах и долинах р. Чулыма, Большого Улуя и их притоков [89].

3 МЕТОДИКА СБОРА ДАННЫХ И ОБЪЕМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

В основу полевых исследований, в настоящей работе положен метод пробных площадей. Закладка пробных площадей велась в соответствии с требованиями отраслевого стандарта ОСТ 56-69-83 «Пробные площади лесоустроительные. Методы закладки» [2].

При проведении работ были соблюдены следующие общие положения:

- подбор участка для закладки пробной площади осуществлялся так, чтобы пробы располагались в типичном месте объекта исследования;
- все пробные площади заложены в березняках семенного происхождения;
- пробные площади закладывались на расстоянии не менее чем на 30 м от квартальных просек, дорог, вырубок и других, не покрытых лесом площадей.
- пробные площади отграничивались визирами;
- по углам пробных площадей ставились столбы или они закреплялись кольями.

Отвод пробных площадей производился при помощи буссоли, дальномера или мерной ленты. При измерении диаметров стволов применялась мерная вилка, а при измерении диаметров маломерных стволов штангенциркуль. Замер высот производился с помощью высотомера или мерного шеста.

Были заложены пробные площади двух типов:

- пробные площади в средневозрастных, приспевающих, спелых и перестойных березовых древостоях;
- пробные площади в молодняках березы.

На пробных площадях первой группы производилась глазомерная таксация, затем делался сплошной пересчет по ступеням толщины (приложение А), производились замеры высот деревьев, описание подроста и подлеска, напочвенного покрова.

Затем производился отбор и рубка модельных деревьев. Разметка и обмер моделей велись по двухметровых секциям. Размер пробной площади был

опосредован наличием 200 стволов главного элемента леса по перечету. В приложении Б приведен фрагмент ведомости обмеров модельных деревьев.

Всего было заложено 6 пробных площадей с рубкой и обмером 147 модельных деревьев. В таблице 3.1 приведена характеристика пробных площадей.

Таблица 3.1 – Таксационные показатели древостоев пробных площадей, заложенных в средневозрастных, приспевающих, спелых и перестойных березовых древостоях

№ ПП	Состав	Средние			Полнота	Запас, м ³ /га	Класс бонитета	Тип леса
		Н, м	D _{1.3} , см	А, лет				
1	9Б1Ос	23,0	22,0	70	0,90	194	II	БРТ
2	9Б1Лц	20,0	18,0	55	0,80	182	II	БРТ
3	10Б	21,4	21,1	60	0,75	176	II	БРТ
4	10Бед.Лц	15,0	12,1	30	0,80	121	II	БРТ
5	9Б1Лц	25,0	30,0	90	0,90	243	II	БРТ
6	10Бед.Ос	21,6	20,4	75	0,74	166	II	БРТ

Второй тип пробных площадей закладывался в молодняках. Пробные площади имели размер 0, 25 га (50 x 50 м). Перечет велся по односантиметровым ступеням толщины (приложение В), проводилось описание подлеска и напочвенного покрова.

Далее велся подбор модельных деревьев, который осуществлялся методом пропорционального ступенчатого представительства. Обмер моделей производился в соответствии с методологическими положениями В.К. Захарова [46]. Ствол делился на части, соответствующие по длине 0.1 высоты (0.1Н). Стволы распиливались. Производились замеры диаметров в коре и без коры на каждой из десятой долей длины маломерного ствола, а также на пне.

В результате было заложено 5 пробных площадей с рубкой и обмером на них 125 модельных деревьев. Характеристика пробных площадей представлена в таблице 3.2. В приложении Б приведен фрагмент ведомости обмеров модельных деревьев.

Таблица 3.2 – Таксационные показатели древостоев пробных площадей, заложенных в молодняках березы

№ ПП	Характеристика молодняков							Характеристика древостоя			
	состав	средние			класс бони- тета	густота, шт./га	тип леса	состав	средние		
		Н, м	D _{0.25} , см	А, лет					Н, м	D _{1.3} , см	А, лет
1	6Б4Ос	6	4	13	III	6384	Босрт				
2	10Б	8	8	16	II	3148	Босрт	7Б2С1Л	19	20	50
3	7Б3С	4	3	8	III	6964	Босрт	5Б3Б2С	23	26	80
4	8Б2С	7	6	14	II	3532	Босрт				
5	10Б	5	4	11	II	3608	Босрт				

Рисунок 3.1 иллюстрирует места сбора полевых материалов в районе исследования.



Рисунок 3.1 – Места сбора данных в Канской лесостепи

- — границы лесостепи
- — места закладки пробных площадей

На рисунках 3.2-3.5 представлены фотографии некоторых пробных площадей и модельных деревьев.



Рисунок 3.2 – Пробная площадь № 5



Рисунок 3.3 – Пробная площадь № 4



Рисунок 3.4 – Обработка маломерных стволов на ПП № 1



Рисунок 3.5 – Ствол модельного дерева, разделенный на 10 секций, ПП № 1

Помимо данных, полученных при закладке пробных площадей, в основу работы положены материалы лесоустройства, выполненного ФГУП «Восточно-Сибирское государственное лесостроительное предприятие».

Выделение лесного массива из лесного фонда Манского лесничества осуществлялось на базе методических положений, изложенных в работе И.И. Красикова, С.Л. Шевелева [60].

Всего были использованы данные натурной таксации 1 212 таксационных выделов, протаксированных методом глазомерно-измерительной таксации в процессе проведения лесостроительных работ.

Из 1 212 таксационных выделов, было выделено 596 выделов с абсолютным преобладанием березы в составе древостоев, из которых 474 были представлены березняками осочково-разнотравными и 114 – березняками вейниково-разнотравными. Кроме них, в незначительном количестве были учтены березняки вейниковые и березняки хвощово-осочковые.

На рисунке 3.6 приведена карта-схема лесного массива.

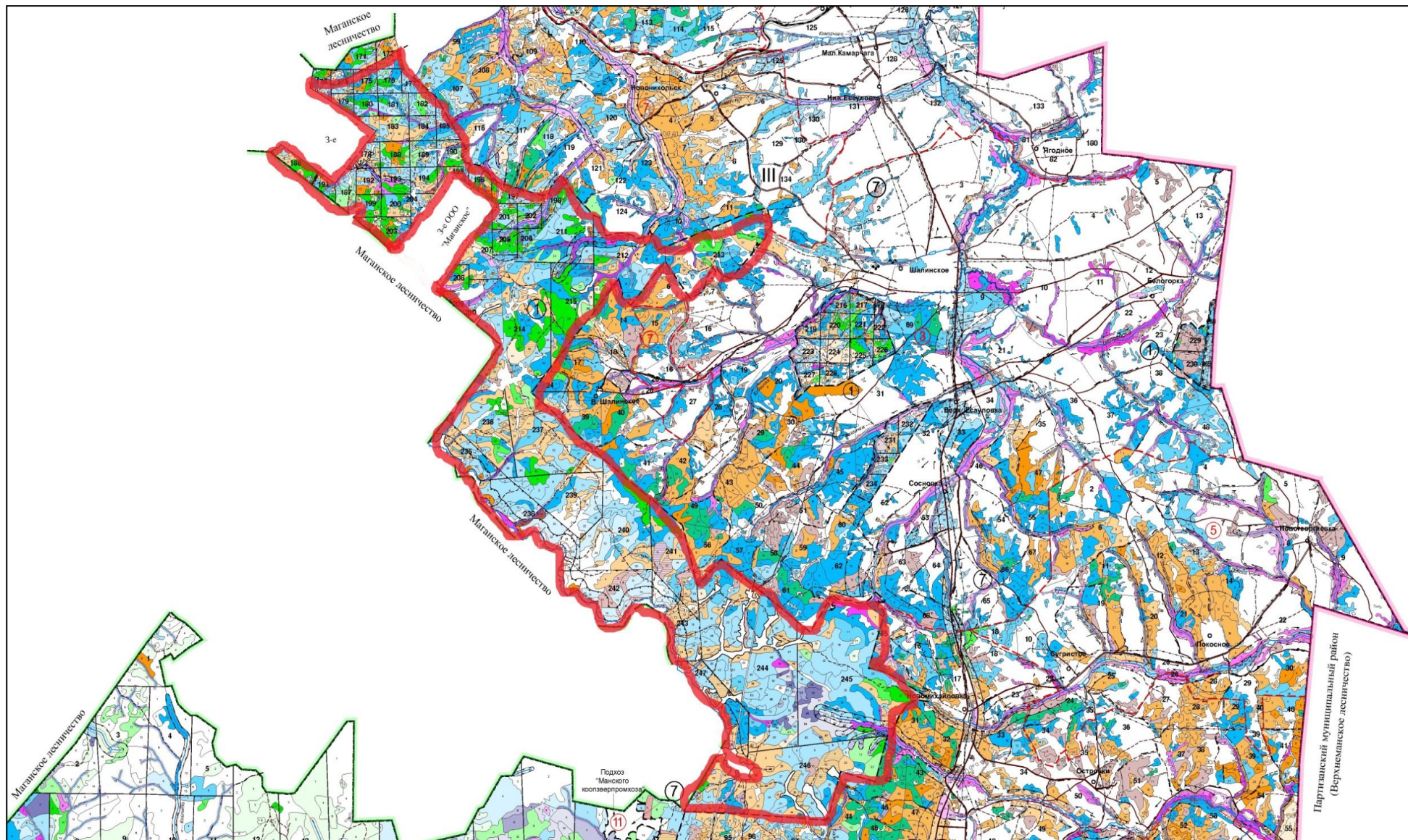


Рисунок 3.6 – Карта-схема лесного массива

4 СТРУКТУРА БЕРЕЗНЯКОВ

4.1 Структура лесного массива березовых древостоев

Лесной массив – структурная единица леса – является основным объектом ведения лесного хозяйства. Формирование лесных массивов обусловлено многими природными и антропогенными факторами регламентирующими ход лесообразовательного процесса. В их числе климат, орографические особенности региона, богатство и влажность почв, характер смешения пород, темпы распада перестойных древостоев, особенности формирования молодняков, особенности смены пород, частота и характер возникновения экзогенных явлений, хозяйственная деятельность человека и т. д.

Особенности формирования лесных массивов рассмотрены в работах: В.Ф. Лебкова [68], Н.М. Глазова [27], И.С. Мелехова [72], Н.Н. Гусева и др. [102].

Следует отметить, что термин «лесной массив» разные исследователи понимали не одинаково. В настоящей работе лесной массив рассматривается с позиций, изложенных в работах С.Л. Шевелева, И.И. Красикова [59, 60].

«Лесной массив – биологическая лесная система, сформировавшаяся в определенных географических условиях, соответствующая отдельным элементам ландшафта, занимающая целостную территорию с естественными границами, которой присущи опосредованные орографическими, почвенными, погодноклиматическими и другими факторами структуры биоценозов».

В работах ряда авторов [27, 59, 60, 77, 134, 135] доказывается наличие математического единства в распределении древостоев с различными таксационными характеристиками в пределах ненарушенных лесных массивов.

По характеру структуры лесного массива можно судить об особенностях формирования древостоев на достаточно продолжительном временном отрезке, в том числе о характере антропогенного вмешательства и стихийных явлениях (пожарах, вспышках размножения энтомофитов и т. п.).

В то же время средние таксационные характеристики древостоев в массиве также взаимообусловлены. Установление закономерных связей между ними

позволяют решать технические задачи, связанные с оптимизацией методов таксации древостоев, в том числе и с использованием методов дистанционного зондирования.

В период возрастающих нагрузок на лесные экосистемы вопросы их устойчивости выходят на первый план и становятся все более актуальными.

Однако понятие устойчивости имеет различные трактовки. В работе, посвященной диагностике лесных экосистем Ю.П. Демаков [38] дает следующее определение: «устойчивость – главное определяющее свойство биологических систем, характеризующее их способность к сохранению в нестабильной среде неограниченно долгое время важнейших черт своей структуры, приобретенных в результате длительной самоорганизации и естественного отбора».

Несколько иная трактовка понятия устойчивости (лесных экосистем) дается в работе В.Г. Стороженко [99]. Существует еще ряд определений, характеризующих это свойство.

Не вызывает сомнения, что дестабилизирующими факторами лесных систем являются: изменение климата, воздействие промышленных выбросов, лесные пожары, вредители и болезни и т. п. Но наиболее мощным из них является все-таки хозяйственная деятельность человека.

В зависимости от понимания «устойчивости» как свойства биологической системы, различными исследователями предлагаются несколько различающиеся критерии ее оценки [38, 66, 99]. Однако, по мнению ряда авторов [38, 66] одним из наиболее эффективных показателей устойчивости древостоев является предложенный К.К. Высоцким [24] «коэффициент напряженности роста».

Вопросам оценки березовых древостоев с использованием этого критерия уделено внимание ниже в разделе 5.1. Здесь же необходимо остановиться на понятии устойчивости для лесного массива.

Н. Grossman, Н.М. Глазов и др. [27, 134, 135], оценивали степень расстроенности (однородности) лесного массива по величине изменчивости в нем запасов древостоев. Н. Grossman [135] предложена шкала по оценке однородности массивов с использованием этого показателя. Однако шкала разработана для лесов Германии, и она не вполне соответствует условиям России.

Лесной массив считается сохранившим устойчивость, если его строение по основным таксационным показателям древостоев – среднему диаметру, средней высоте и прежде всего, по запасу сохранило форму распределений характерных для ненарушенных лесных массивов и может быть аппроксимировано кривыми нормального распределения или максимально приближенным к ним.

Установление особенностей и закономерностей в структуре лесного массива с преобладанием древостоев березы, явившегося объектом исследования (и который может считаться типичным для данного региона), даст возможность получить данные, позволяющие в целом судить о состоянии и устойчивости формации березняков в лесостепной зоне Средней Сибири.

Методической основой исследования явились разработки, изложенные в трудах Н.М. Глазова [27], А.Г. Мошкалева [77], И.И. Красикова, С.Л. Шевелева [58, 59, 60].

В исследуемом лесном массиве, который может рассматриваться в качестве типичного для района исследования, преобладают березовые древостои травяной группы типов леса – 98,7 %.

На первом этапе обработки исходных данных была проведена оценка их на нормальность распределения. Для этой цели использовался способ, рекомендованный Г.Ф. Лакиным [67] и заключающийся в следующем: за основу берутся два статистических показателя распределения – асимметричность (A_s) и эксцесс (E_x), рассчитываются их ошибки (S) по формулам (4.1) и (4.2).

$$S_{A_s} = \sqrt{\frac{6}{n+3}}, \quad (4.1)$$

$$S_{E_x} = 2 * \sqrt{\frac{6}{n+5}}, \quad (4.2)$$

где n – количество объектов в выборке.

Затем исчисляется величина t -критерия (t) для асимметричности (4.3) и эксцесса (4.4).

$$t_{As} = \frac{As}{S_{As}}, \quad (4.3)$$

$$t_{Ex} = \frac{Ex}{S_{Ex}} \quad (4.4)$$

Распределение считается нормальным, если полученные величины асимметрии, эксцесса и t-критерия не превышают критических значений.

Из таблицы 4.1 следует, что по всем таксационным показателям исчисленные значения асимметрии и эксцесса, а также t-критерия не превышают критических значений, следовательно, ряды распределения можно считать нормальными.

Таблица 4.1 – Сравнение полученных величин асимметрии и эксцесса с критическими значениями

Статистический показатель	Таксационные показатели древостоев					Критическое значение (уровень значимости 0,05)
	средняя высота, м	средний диаметр, см	средний возраст, лет	полнота относительная	запас на 1 га, м ³	
Асимметрия	-0,128	-0,116	-0,157	0,093	-0,154	0,163
Эксцесс	0,370	-0,320	-0,300	0,306	-0,365	0,814
t-критерий (асимметрия)	-1,28	-1,16	-1,57	0,93	-1,54	1,96
t-критерий (эксцесс)	1,85	-1,60	-1,50	1,53	-1,83	

Далее была проведена первичная статистическая оценка рядов средних таксационных признаков березовых древостоев в лесном массиве (таблица 4.2).

Анализируя содержание таблицы 4.2 можно утверждать, что полученные данные средних величин достаточно достоверны, о чем свидетельствуют значения стандартных ошибок и точности опыта. Точность опыта лежит в пределах 0,9-1,6 %.

Средние значения высот и диаметров равны 17,4 м и 17,3 см соответственно при среднем запасе 110 м³/га. Древостои в абсолютном преобладании модальны –

средняя относительная полнота равна 0,59, а также сформированы в относительно благоприятных условиях произрастания – класс бонитета 2,2. Наибольшую изменчивость имеют средние диаметры, возраст и запасы древостоев (39,7; 40,1; 39,4 %).

Таблица 4.2 – Статистические показатели рядов средних таксационных признаков березовых древостоев в лесном массиве

Статистические показатели	Средние		Возраст, лет	Полнота относительная	Бонитет	Запас на 1 га, м ³
	высота, м	диаметр, см				
Среднее	17,4	17,3	51	0,59	2,2	110
Стандартная ошибка	0,2	0,3	0,8	0,01	0,02	1,8
Медиана	19,0	18,0	55	0,60	2,0	110
Мода	21,0	20,0	60	0,60	2,0	110
Стандартное отклонение	5,1	6,9	20,5	0,13	0,4	43,4
Дисперсия выборки	26,1	47,1	418,3	0,02	0,1	1880,3
Эксцесс	0,4	-0,3	-0,3	0,3	0,1	-0,4
Асимметричность	-0,1	-0,1	-0,2	0,1	0,7	-0,2
Интервал	23,0	27,0	95	0,70	2,0	210
Минимум	2,0	1,0	5	0,30	1,0	10
Максимум	25,0	28,0	90	1,00	3,0	220
Счет	596	596	596	596	596	596
Коэффициент варьирования, %	29,3	39,7	40,1	22,2	17,5	39,4
Точность опыта, %	1,2	1,6	1,6	0,9	0,7	1,6

4.1.1 Возрастная структура

Определяющим фактором роста и развития древостоев, а, следовательно, и формирования лесного массива является возраст.

Было установлено, что основную массу березняков в массиве представляют средневозрастные древостои. На их долю приходится 52,5 % по количеству древостоев и 54,2 % по их площади. Достаточно значительный «вес» в совокупности имеет категория, куда вошли две возрастные группы – приспевающие, а также спелые и перестойные древостои. Они занимают 37,2 %

покрытой лесом площади и составляют 42,3 % от общего числа древостоев. Доля молодняков незначительна – менее 10 %, они, как правило, имеют чистый состав, который с возрастом приобретает смешанный характер.

Характер соотношения древостоев различных возрастов в лесном массиве говорит о том, что он испытал значительное антропогенное хозяйственное воздействие. Действительно в 80-90-е годы прошлого века, в спелых березовых древостоях массива велись интенсивные рубки, что нашло отражение в особенностях его возрастной структуры.

В таблицах 4.3-4.6 приведены данные статистической обработки средних таксационных показателей по группам возраста.

Таблица 4.3 – Статистические показатели рядов средних таксационных признаков в молодняках березы

Статистические показатели	Средние		Возраст, лет	Полнота относительная	Бонитет	Запас на 1 га, м ³
	высота, м	диаметр, см				
Среднее	3,8	3,0	9	0,49	2,3	16
Стандартная ошибка	0,5	0,4	0,9	0,02	0,1	2,2
Медиана	2,0	2,0	5	0,50	2,0	10
Мода	2,0	2,0	5	0,40	2,0	10
Стандартное отклонение	2,7	2,1	5,5	0,10	0,5	12,3
Дисперсия выборки	7,5	4,4	30,3	0,01	0,2	150,3
Эксцесс	0,5	1,1	0,1	1,59	-1,1	11,8
Асимметричность	1,4	1,6	1,3	1,33	0,9	3,1
Интервал	8,0	7,0	15	0,40	1,0	60
Минимум	2,0	1,0	5	0,40	2,0	10
Максимум	10,0	8,0	20	0,80	3,0	70
Счет	31	31	31	31	31	31
Коэффициент варьирования, %	72,6	69,4	64,4	21,3	20,2	74,5
Точность опыта, %	13,0	12,5	11,5	3,8	3,6	13,4

Таблица 4.4 – Статистические показатели рядов средних таксационных признаков в средневозрастных березовых древостоях

Статистические показатели	Средние		Возраст, лет	Полнота относительная	Бонитет	Запас на 1 га, м ³
	высота, м	диаметр, см				
Среднее	15,4	13,7	36	0,64	2,2	98
Стандартная ошибка	0,2	0,2	0,6	0,01	0,02	2,0
Медиана	15,0	12,0	30	0,60	2,0	90
Мода	13,0	10,0	30	0,60	2,0	80
Стандартное отклонение	3,4	4,2	9,0	0,13	0,4	35,4
Дисперсия выборки	11,7	17,9	80,3	0,02	0,2	1254,3
Эксцесс	-1,2	-1,0	-1,2	0,70	0,9	-0,01
Асимметричность	0,1	0,4	0,4	0,25	1,5	0,5
Интервал	16,0	16,0	25	0,70	2,0	190
Минимум	9,0	8,0	25	0,30	1,0	20
Максимум	25,0	24,0	50	1,00	3,0	210
Счет	313	313	313	313	313	313
Коэффициент варьирования, %	22,2	31,0	25,1	20,3	17,9	36,0
Точность опыта, %	1,3	1,8	1,6	1,1	1,0	2,0

Таблица 4.5 – Статистические показатели рядов средних таксационных признаков в приспевающих березовых древостоях

Статистические показатели	Средние		Возраст, лет	Полнота относительная	Бонитет	Запас на 1 га, м ³
	высота, м	диаметр, см				
Среднее	20,8	21,6	58	0,57	2,1	136
Стандартная ошибка	0,1	0,2	0,2	0,01	0,03	3,0
Медиана	21,0	22,0	60	0,60	2,0	140
Мода	21,0	20,0	60	0,60	2,0	150
Стандартное отклонение	1,0	2,3	1,2	0,11	0,3	31,4
Дисперсия выборки	1,0	5,2	1,3	0,01	0,1	986,6
Эксцесс	1,1	-0,1	-1,3	2,37	2,7	0,4
Асимметричность	-0,6	0,5	-4,0	0,26	2,2	0,02
Интервал	6,0	12,0	5	0,60	1,0	170
Минимум	17,0	16,0	55	0,30	2,0	50
Максимум	23,0	28,0	60	0,90	3,0	220
Счет	111	111	111	111	111	111
Коэффициент варьирования, %	4,7	10,5	2,0	18,5	16,1	23,0
Точность опыта, %	0,4	1,0	0,3	1,8	1,5	2,2

Таблица 4.6 – Статистические показатели рядов средних таксационных признаков в спелых и перестойных березовых древостоях

Статистические показатели	Средние		Возраст, лет	Полнота относительная	Бонитет	Запас на 1 га, м ³
	высота, м	диаметр, см				
Среднее	22,2	25,0	73	0,52	2,2	136
Стандартная ошибка	0,1	0,2	0,5	0,01	0,03	2,6
Медиана	22,0	26,0	70	0,50	2,0	140
Мода	22,0	26,0	70	0,60	2,0	150
Стандартное отклонение	0,8	2,4	6,5	0,10	0,4	30,3
Дисперсия выборки	0,7	5,7	41,9	0,01	0,1	917,1
Экссесс	0,7	-0,5	-0,5	-0,08	1,7	-0,8
Асимметричность	-0,8	-0,6	0,5	-0,88	1,9	-0,5
Интервал	5,0	8,0	25	0,40	1,0	130
Минимум	19,0	20,0	65	0,30	2,0	60
Максимум	24,0	28,0	90	0,70	3,0	190
Счет	141	141	141	141	141	141
Коэффициент варьирования, %	3,7	9,5	8,9	19,4	16,9	22,3
Точность опыта, %	0,3	0,8	0,6	1,6	1,4	1,9

Таким образом, анализируя данные таблиц 4.3-4.6, можно утверждать, что средний возраст в молодняках составил 9 лет, в средневозрастных древостоях – 36 лет, в приспевающих и в спелых и перестойных древостоях – 58 лет и 73 года соответственно.

Определенный интерес представляет изменчивость средних таксационных показателей древостоев в лесном массиве. Немецкий исследователь Н. Grossman и др. [135] определял изменчивостью таксационных признаков древостоев в массиве, а особенно запаса, степень нарушенности лесного массива, о чем уже упоминалось выше.

По содержанию таблиц 4.3-4.6 можно судить о том, что наибольшая изменчивость свойственна молоднякам, в других возрастных группах отмечается относительная стабильность коэффициентов вариации, а наименьшая изменчивость свойственна спелым и перестойным древостоям.

Значительная изменчивость характеристик молодняков и относительно невысокая их представленность в массиве отразились на величине точности опыта.

По классификации Н. Grossman [135] значение величины коэффициента варьирования запаса древостоев в целом (39,4 %; таблица 4.2) позволяет отнести анализируемый лесной массив к категории «однородные» (коэффициент изменчивости от 36 до 55 %).

Однако следует помнить, что данная классификация разработана для древостоев Германии, где применяются интенсивные формы ведения лесного хозяйства и, следовательно, высока изменчивость запасов древостоев в массивах, и она не вполне применима при оценке лесных массивов в Средней Сибири.

4.1.2 Структура лесного массива березовых древостоев по основным таксационным показателям

Для оценки особенностей структуры лесного массива по другим характеристикам был проведен анализ распределения средних значений основных таксационных показателей древостоев. В их число вошли средняя высота, средний диаметр, запас и относительная полнота.

При этом древостои в массиве были поделены на две относительно однородные группы: молодняки и средневозрастные; и приспевающие, спелые и перестойные. Предварительно была проведена проверка на нормальность рядов распределения в пределах этих групп, по способу, упоминающемуся в подразделе 4.1 настоящей работы. В итоге было установлено, что ряды распределения по средним высотам и диаметрам, а также по запасу и относительной полноте можно считать нормальными (таблицы 4.7-4.8).

Рядом исследований [27, 58, 59, 60] доказано, что устойчиво формирующиеся или мало нарушенные лесные массивы характеризуются нормальным распределением перечисленных выше таксационных признаков древостоев.

Полученные распределения могут использоваться для достаточно обоснованных прогнозов динамики лесного массива и его товарной структуры [77].

Таблица 4.7 – Сравнение полученных величин асимметричности и эксцесса с критическими значениями (молодняки и средневозрастные)

Статистический показатель	Таксационные показатели древостоев				Критическое значение (уровень значимости 0,05)
	средняя высота, м	средний диаметр, см	полнота относительная	запас на 1 га, м ³	
Асимметричность	-0,145	-0,114	0,195	0,088	0,213
Эксцесс	0,418	-0,403	0,373	-0,111	0,818
t-критерий (асимметричность)	-1,10	-0,86	1,48	0,67	1,96
t-критерий (эксцесс)	1,59	-1,54	1,42	-0,42	

Таблица 4.8 – Сравнение полученных величин асимметричности и эксцесса с критическими значениями (приспевающие, спелые и перестойные)

Статистический показатель	Таксационные показатели древостоев				Критическое значение (уровень значимости 0,05)
	средняя высота, м	средний диаметр, см	полнота относительная	запас на 1 га, м ³	
Асимметричность	-0,178	-0,066	-0,248	-0,239	0,251
Эксцесс	0,314	-0,580	0,470	-0,221	0,823
t-критерий (асимметричность)	-1,16	-0,43	-1,62	-1,56	1,96
t-критерий (эксцесс)	1,03	-1,90	1,54	-0,72	

Оказалось, что распределение количества таксационных выделов по средним высотам, средним диаметрам и запасам с высокой степенью адекватности аппроксимируется функцией Гаусса:

$$y = a * \exp^{-(b - x)^2 / 2c^2} \quad (4.5)$$

Коэффициенты уравнений и показатели адекватности приведены в таблице 4.9. Рисунки 4.1-4.6 иллюстрируют данные распределения.

Таблица 4.9 – Коэффициенты уравнений и показатели адекватности

Ряд	Возрастная группа	Коэффициенты уравнений			Коэффициент детерминации (R^2)	Стандартная ошибка (S)
		a	b	c		
Средние высоты	молодняки и средневозрастные	37,544	16,927	4,149	0,95	5,54
	приспевающие, спелые и перестойные	61,792	22,124	1,300	0,99	0,01
Средние диаметры	молодняки и средневозрастные	29,313	11,037	5,840	0,87	7,62
	приспевающие, спелые и перестойные	51,836	22,335	3,132	0,99	5,41
Запасы	молодняки и средневозрастные	34,839	103,017	48,230	0,95	5,58
	приспевающие, спелые и перестойные	47,154	150,909	34,024	0,99	0,69

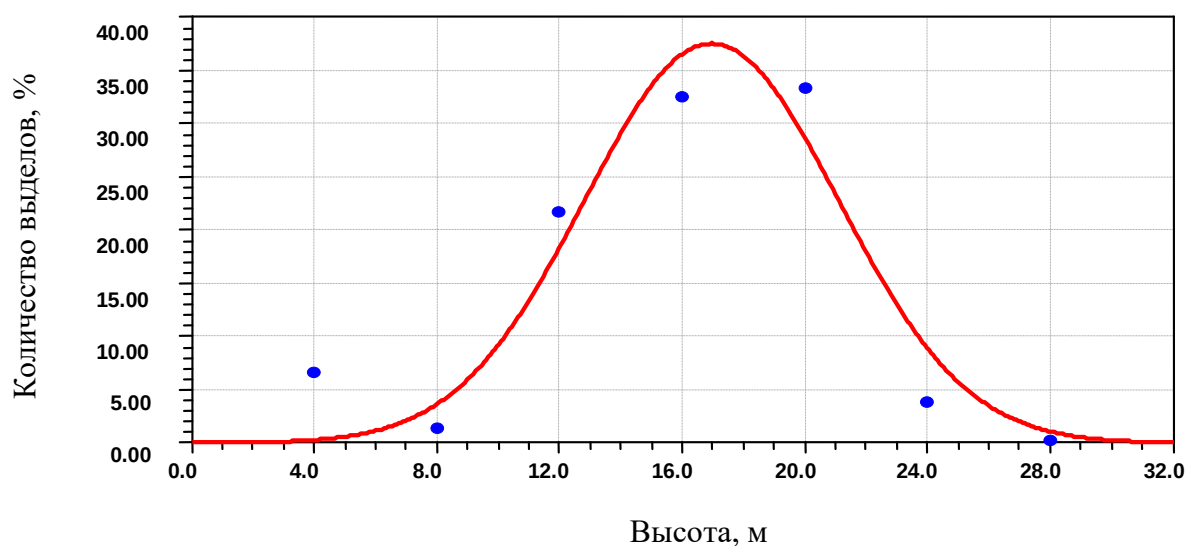


Рисунок 4.1 – Строение возрастных групп древостоев (молодняки и средневозрастные) по средней высоте

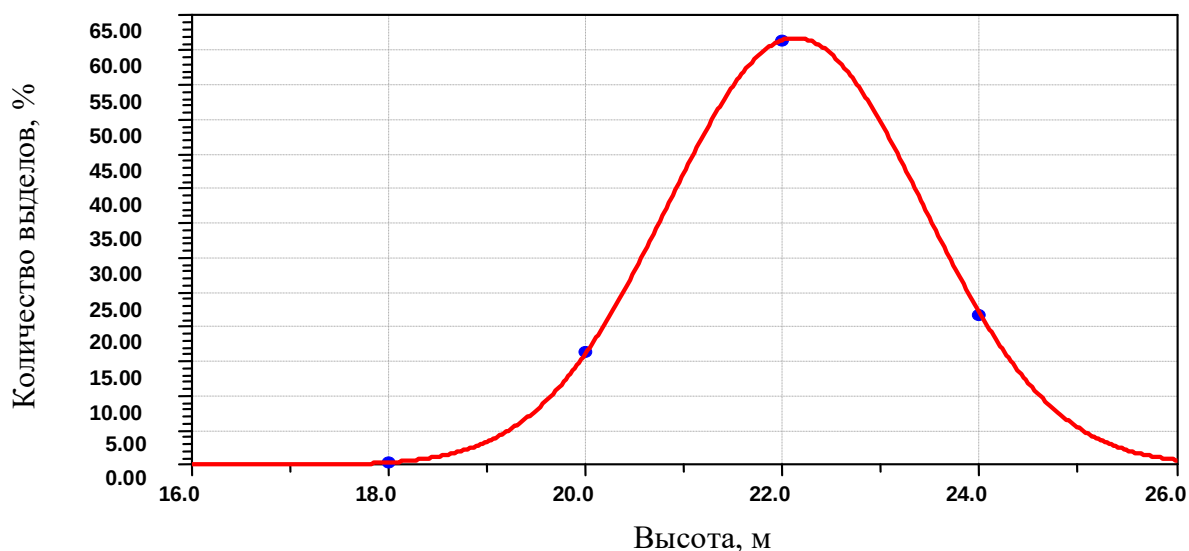


Рисунок 4.2 – Строение возрастных групп древостоев (приспевающие, спелые и перестойные) по средней высоте

Анализ рядов распределения средних высот березовых древостоев показал, что в группе молодняков и средневозрастных максимум ряда приходится на высоты 16-20 м (66,0 %), у приспевающих, спелых и перестойных на 22 м (61,5 %).

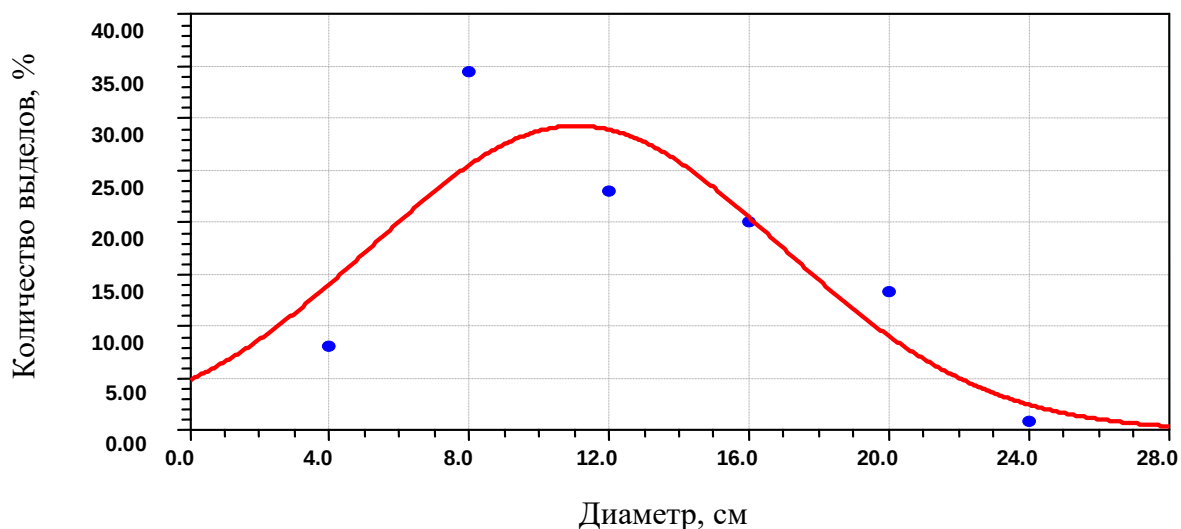


Рисунок 4.3 – Строение возрастных групп древостоев (молодняки и средневозрастные) по среднему диаметру на высоте ствола 1.3 м

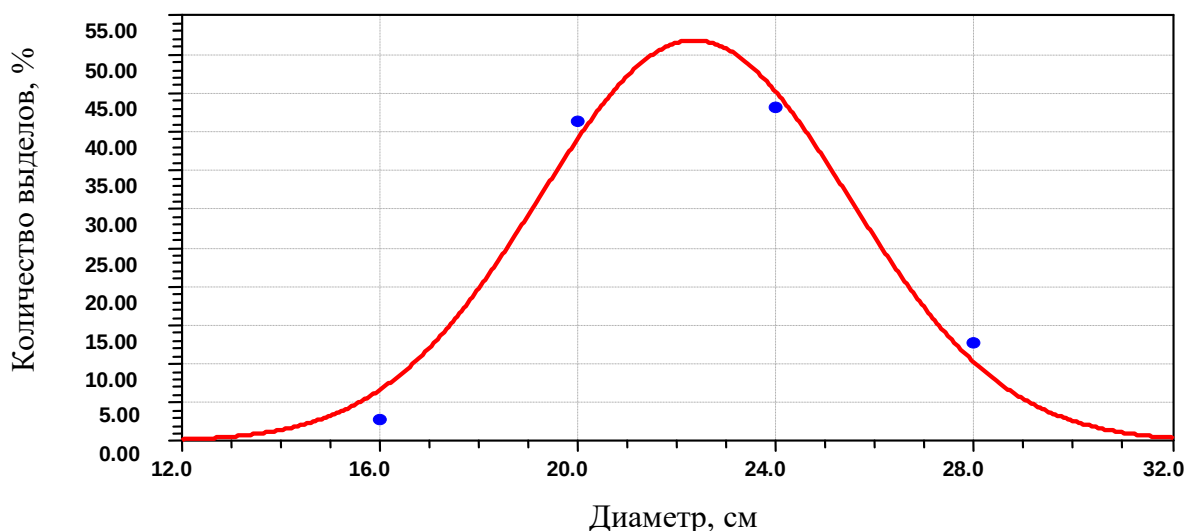


Рисунок 4.4 – Строение возрастных групп древостоев (приспевающие, спелые и перестойные) по среднему диаметру на высоте ствола 1.3 м

При анализе рядов распределения средних диаметров березовых древостоев, можно заключить, что максимальное количество древостоев молодняков и средневозрастных (34,6 %) имеют средний диаметр 8 см, у приспевающих, спелых и перестойных максимум лежит в пределах 20-24 см (84,5 %).

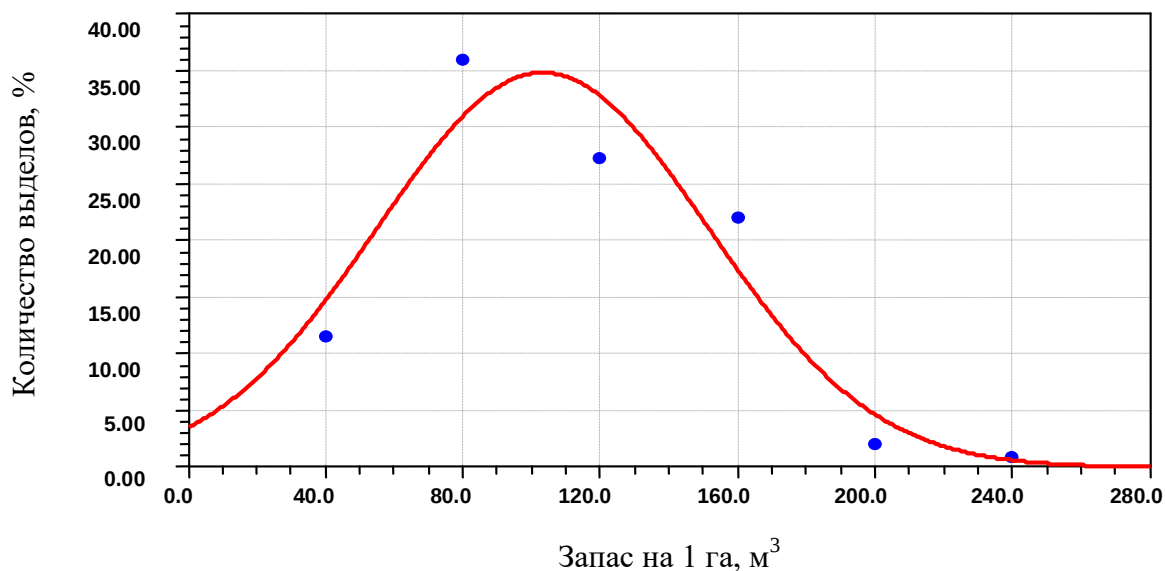


Рисунок 4.5 – Строение возрастных групп древостоев (молодняки и средневозрастные) по запасу

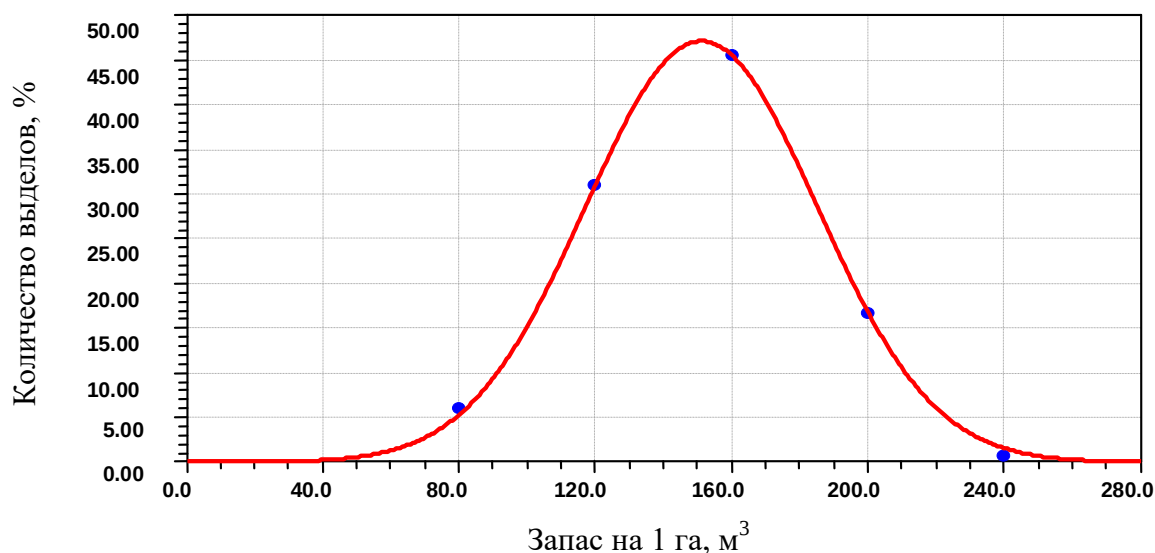


Рисунок 4.6 – Строение возрастных групп древостоев (приспевающие, спелые и перестойные) по запасу

Анализируя содержание рисунков 4.5, 4.6 можно утверждать, что максимумы в рядах запасов березовых древостоев составляют 80 м³ (36,0 %) и 160 м³ (45,6 %) соответственно.

Для практики лесного дела определенный интерес представляют данные, отражающие количественные характеристики запасов древостоев, имеющих различные диаметры. В таблице 4.10 приведены запасы древостоев березы, для группы приспевающие, спелые и перестойные.

Таблица 4.10 – Запасы древостоев березы в лесном массиве, имеющих различные средние диаметры (группа: приспевающие, спелые и перестойные)

Группа относительных полнот	Запасы	Средний диаметр, см				Итого
		16	20	24	28	
0,3 - 0,5	м³	210	3 320	6 870	2 510	12 910
	%	0,6	9,7	20,0	7,3	-
0,6 - 0,8	м³	580	10 560	7 980	1 660	20 780
	%	1,7	30,8	23,3	4,8	-
0,8 >	м³	190	440	-	-	630
	%	0,6	1,3	-	-	-
Итого, м³		980	14 320	14 850	4 170	34 320
Итого, %		2,9	41,7	43,2	12,2	100

Таким образом, по данным таблицы 4.10 можно сделать вывод о том, что максимальная доля запасов – 84,9 %, приходится на древостои со средними диаметрами 20-24 см.

Далее было рассмотрено распределение числа древостоев по относительной полноте (рисунок 4.7). Оказалось, что ряд соответствует нормальному и отображается уравнением вида:

$$y = a + bx / 1 + cx + dx^2, \quad (4.6)$$

где $a = 1,076$;

$b = -0,085$;

$c = -3,327$;

$d = 2,840$.

Адекватность полученной модели соответствует коэффициенту детерминации (R^2) равному – 0,99, при стандартной ошибке уравнения (S) равной – 0,91.

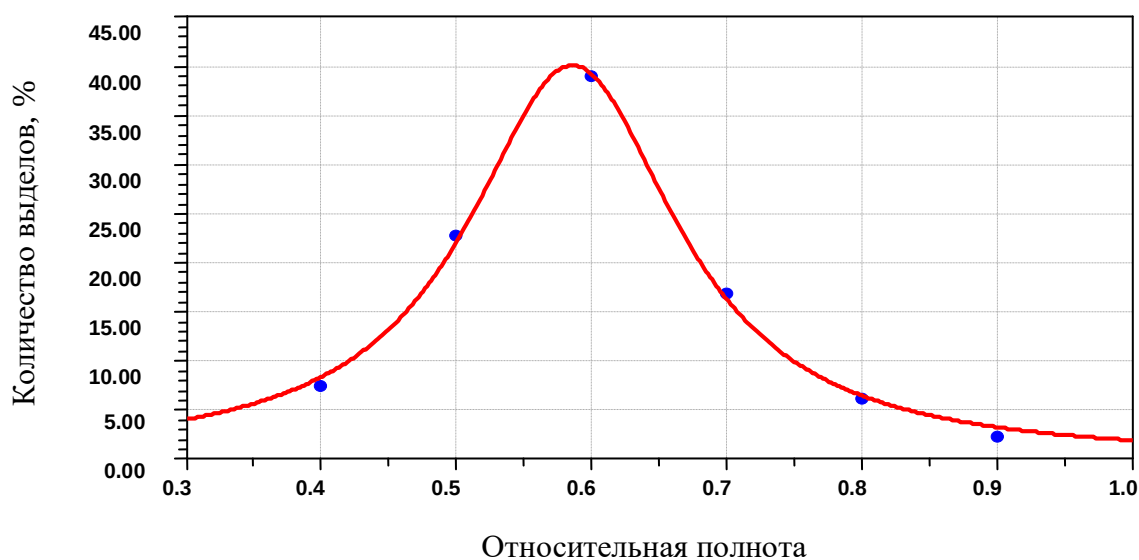


Рисунок 4.7 – Характер распределения березовых древостоев по относительным полнотам

Анализируя содержание рисунка 4.7 можно утверждать, что основная масса древостоев модальны (38,9 %), мода ряда равна 0,6.

4.2 Динамика состава

В лесостепной зоне Средней Сибири преобладают производные леса, однако сохранились и коренные. Они представлены березовыми древостоями, произрастающими на серых лесных почвах и приурочены к впадинам между холмами [43]. Производные березовые древостои, как правило, имеют в составе в качестве сопутствующих пород осину, сосну, реже лиственницу.

Анализ состава древостоев по группам возраста показал следующее (таблица 4.11):

Таблица 4.11 – Средний состав березовых древостоев по группам возраста

Группа возраста	Формула состава
Молодняки	8Б1Ос1С
Средневозрастные	5Б2Ос2С1Лц
Приспевающие	5Б2Ос2С1Лц
Спелые и перестойные	6Б2Ос2С

Содержание таблицы 4.11 говорит, что доля березы в запасе древостоев максимальна в молодняках, затем она снижается и практически стабилизируется. Увеличение доли осины вероятнее всего связано с ее большей производительностью по сравнению с березой. Исчезновение лиственницы из состава спелых и перестойных древостоев обусловлено, по-видимому, антропогенным фактором.

В таблице 4.12 показана доля чистых по составу березняков в древостоях каждой группы возраста.

Таблица 4.12 – Распределение доли основной и сопутствующих пород в составе по группам возраста (N – количество таксационных выделов)

Группа возраста		Порода				Всего
		Б	Ос	С	Лц	
Молодняки	N, шт.	23	5	6	-	31
	N, %	74,2	16,1	19,4	-	-
Средневозрастные	N, шт.	9	228	277	72	313
	N, %	2,9	72,8	88,5	23,0	-
Приспевающие	N, шт.	1	81	102	31	111
	N, %	0,9	73,0	91,9	27,9	-
Спелые и перестойные	N, шт.	3	110	121	-	141
	N, %	2,1	78,0	85,8	-	-

Оказалось, что в молодняках доля чистых березняков составила 74,2 %, на долю древостоев, где в качестве сопутствующих пород выступают осина и сосна соответственно приходится 16,1 % и 19,4 %.

Затем количество чистых березняков резко падает и лежит в пределах 0,9-2,9 %. Доля березы в древостоях, где в составе присутствуют осина, сосна и лиственница или все эти породы начинает составлять абсолютное преобладание.

Следует, однако, отметить, что присутствие лиственницы в качестве сопутствующей породы в березовых древостоях лежит в ограниченных пределах и составляет 23,0-27,9 %.

В работе И.А. Гиль, С.Л. Шевелева [26] при рассмотрении динамики смены пород в условиях Среднесибирского подтаежно-лесостепного района также было установлено, что доля участия в составе хвойных пород – сосны, при лесовозобновлении снижается и преобладающими становятся мягколиственные породы, в частности осина.

Это явление отчасти обусловлено преобладанием травяной группы типов леса, в районе исследования, а, следовательно, наличием сильно развитого травяного яруса, который неблагоприятно влияет на семенное возобновление хвойных пород и способствует появлению осины и березы.

На основе полученных результатов по разделу можно сделать следующие выводы:

- сочетание древостоев с различными таксационными характеристиками в лесном массиве не случайно, а подчинено нормальному распределению;
- характер возрастной структуры лесного массива свидетельствует о значительном хозяйственном воздействии на древостои в конце двадцатого века;
- изменчивость средних таксационных показателей опосредована возрастом древостоев; запас имеет сильную изменчивость на стадии молодняка (74,5 %), в средневозрастных древостоях вариация запасов соответствует – 36,0 %, для групп приспевающих, спелых и перестойных древостоев изменчивость запаса снижается (23,0-22,3 %);
- установлено, что максимальную долю запаса (84,9 %) в лесном массиве, для возрастных групп приспевающие, спелые и перестойные, имеют древостои со средними диаметрами 20-24 см;
- рассматриваемый лесной массив складывается модальными древостоями, средняя относительная полнота равна 0,59;
- анализ породного состава показал, что в районе исследования доминируют смешанные древостои: при абсолютном преобладании березы, в составе также присутствуют осина и сосна, частично лиственница;
- можно считать, что на данном временном этапе происходит устойчивое формирование лесного массива.

5 ДИНАМИКА ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕРЕЗОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ И СВЯЗИ МЕЖДУ НИМИ

В предыдущем разделе говорилось, что лесной массив, являясь структурной единицей лесной экосистемы, формируется не случайно, а под воздействием климатических, почвенных, орографических и прочих факторов, включающих особенности смены древесных пород и динамику слагающих массив древостоев [59, 60].

Последний аспект, в этом достаточно широком перечне факторов, требует более детального рассмотрения, так как установление закономерностей динамики таксационных показателей древостоев позволяет решать ряд технологических задач, связанных с формированием системы ведения лесного хозяйства на территориях, проектировании комплекса хозяйственных мероприятий от назначения рубок ухода за молодняками до обоснования оптимального возраста рубки древостоев на основании расчета возраста технической спелости.

Взаимосвязи между таксационными показателями древостоев, с размерными характеристиками отдельных деревьев, позволяют совершенствовать традиционные методы таксации и разрабатывать новые приемы оценки лесных объектов.

5.1 Интенсивность роста березовых древостоев

Прежде чем приступить к установлению закономерностей динамики таксационных показателей березовых древостоев района исследования был осуществлен анализ характера интенсивности их роста, с целью выявления региональных особенностей развития древостоев и их устойчивости.

Для этого был использован комплексный оценочный показатель, предложенный К.К. Высоцким [24] и получивший название «коэффициент напряженности роста».

Впоследствии В.Д. Шульгой и др. [34, 129] комплексный оценочный показатель (КОП) был применен для характеристики морфологического типа средних деревьев основных лесообразующих пород Волгоградской области, а также как критерий для оценки достаточности изреживания древостоев.

Этот же показатель был использован А.В. Данчевой и С.В. Залесовым [36, 37] для оценки развития сосновых древостоев естественного и искусственного происхождения. Комплексный оценочный показатель применялся как критерий для оценки жизненного состояния древостоев. Он же используется не только в качестве критерия формирования (изреживания) древостоев, но и для характеристики особенностей развития древостоев в различных условиях местопроизрастания, причем, этим, показателем также характеризуют интенсивность роста отдельных деревьев различных размеров и возрастов [36].

Комплексный оценочный показатель рассчитывается по формуле:

$$\text{КОП} = \frac{H \cdot 100}{G}, \quad (5.1)$$

где КОП – комплексный оценочный показатель, см/см²;

H – средняя высота древостоя, м;

G – площадь поперечного сечения среднего дерева на высоте 1.3 м, см².

В результате обработки данных были получены ряды коэффициентов напряженности роста для лесного массива в целом и для древостоев, входящих в отдельные группы возраста.

Корреляционный анализ обобщенного ряда говорит о наличии значительной обратной зависимости ($R = -0,57$) между коэффициентом (КОП) и средним возрастом древостоя.

Статистическая обработка рядов коэффициентов для древостоев отдельных типов леса показала на отсутствие значимых различий между ними. В таблице 5.1 приведены результаты статистической обработки совокупных рядов «коэффициента напряженности роста» для древостоев разных групп возраста.

Таблица 5.1 – Статистические показатели рядов «коэффициента напряженности роста» древостоев березы по группам возраста

Статистические показатели	Группа возраста			
	молод- няки	средне- возраст- ные	приспе- вающие	спелые и перестой- ные
Среднее	57,0	12,2	5,8	4,6
Стандартная ошибка	4,2	0,3	0,1	0,1
Медиана	63,7	12,4	5,8	4,3
Мода	63,7	16,6	6,7	4,3
Стандартное отклонение	21,9	4,8	1,1	0,8
Дисперсия выборки	480,7	23,1	1,1	0,7
Эксцесс	-0,2	-0,7	0,2	0,3
Асимметричность	-0,3	0,4	0,1	1,0
Интервал	75,6	21,9	6,0	3,4
Минимум	19,9	4,4	3,4	3,6
Максимум	95,5	26,3	9,5	7,0
Коэффициент варьирования, %	38,5	39,3	18,1	18,2
Точность опыта, %	7,4	2,2	1,7	1,5

В приложении Г приведены графики распределения «коэффициента напряженности роста» в пределах групп возраста. Графики имеют выраженные максимумы, закономерно смещающиеся с изменением возраста древостоев.

Данные приводимые А.В. Данчевой и С.В. Залесовым [37] для сосняков государственного лесного природного резервата «Семей орманы» говорят о линейной зависимости между величиной комплексного оценочного показателя и группой размеров деревьев (мелкие, средние, крупные). Оценка велась для деревьев близкого возраста, который является определяющим фактором в росте и развитии, как отдельных деревьев, так и древостоев.

На рисунке 5.1 показана динамика «коэффициента напряженности роста» для березовых древостоев лесного массива явившегося объектом исследования.

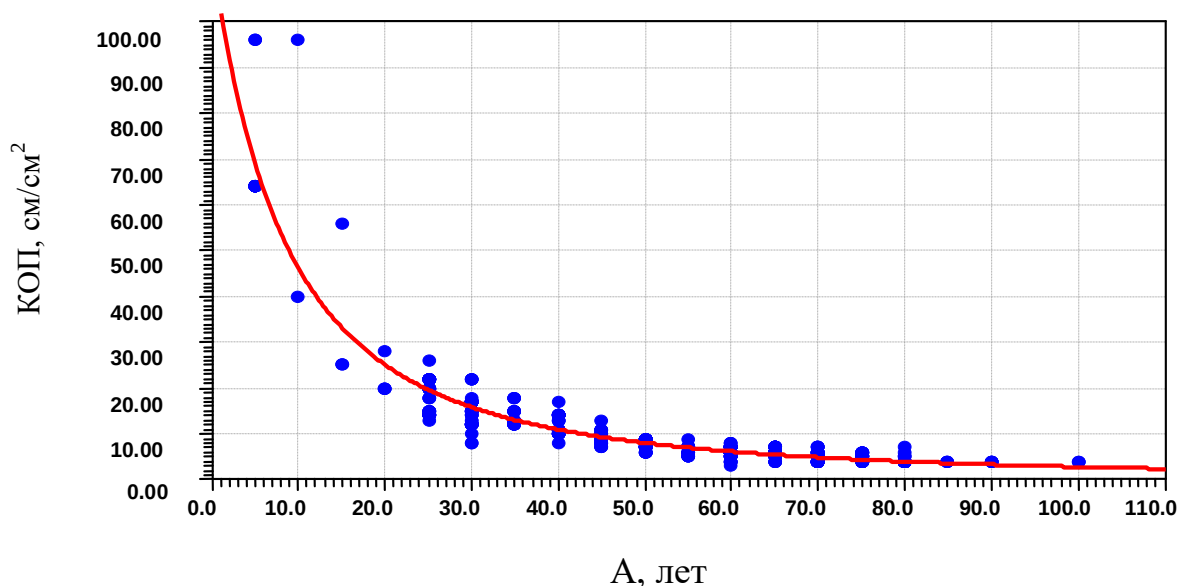


Рисунок 5.1 – Распределение «коэффициента напряженности роста» в березовых древостоях в зависимости от среднего возраста древостоя

Процесс может быть отражен линейным уравнением только в пределах групп возраста «средневозрастные» – «спелые и перестойные», однако для молодняков величина показателя резко возрастает, и характер изменения коэффициента с высокой степенью адекватности (коэффициент детерминации (R^2) – 0,92; стандартная ошибка уравнения (S) – 3,48) отображается функцией вида:

$$y = (a + bx)^{-1/c}, \quad (5.2)$$

где $a = 0,080$;

$b = 0,005$;

$c = 0,533$.

Сравнение величины комплексного оценочного показателя исследуемых березовых древостоев с данными полученными В.Д. Шульгой и др. [129] для средних деревьев нормальных березовых древостоев в Волгоградской области не показало на наличие значительных различий (таблица 5.2) [126].

Таблица 5.2 – Сопоставление величины КОП исследуемых березовых древостоев с данными В.Д. Шульги и др.

Данные для сравнения	КОП, см/см ² в возрасте, лет:				
	20	30	50	70	100
по В.Д. Шульга и др.	22,1	13,4	7,2	5,0	3,7
исследуемые древостои	22,0	15,3	8,0	4,9	4,0

Таким образом выявить каких-либо существенных различий в величинах «коэффициента напряженности роста», обусловленных региональными особенностями условий произрастания березовых древостоев не удалось.

5.2 Таблица хода роста березовых древостоев

Следующим логическим этапом работы явилось построение таблицы хода роста (ТХР). В основу были положены методические разработки Н.В. Третьякова, получившие развитие в трудах И.В. Семечкина [88]. Построение норматива осуществлялось на типологической основе.

Выше указывалось, что основная часть древостоев лесного массива представлена растительными сообществами травяной группы типов леса. На долю березняка осочково-разнотравного приходится 79,5 %, березняка вейниково-разнотравного – 19,1 %, кроме них, в незначительном количестве были учтены березняки вейниковые и березняки хвощово-осочковые.

Прежде чем приступить к обработке данных устанавливалась величина классификационной единицы исследования. Необходимо было установить целесообразно ли построение отдельных таблиц хода роста для каждого типа леса или более оправданным будет построение одной таблицы, характеризующей динамику таксационных показателей в целом в пределах травяной группы типов леса.

Для этой цели анализу подверглись кривые хода роста березовых древостоев по диаметру, высоте и запасу преобладающих типов леса – березняков осочково-разнотравного и вейниково-разнотравного (рисунок 5.2).

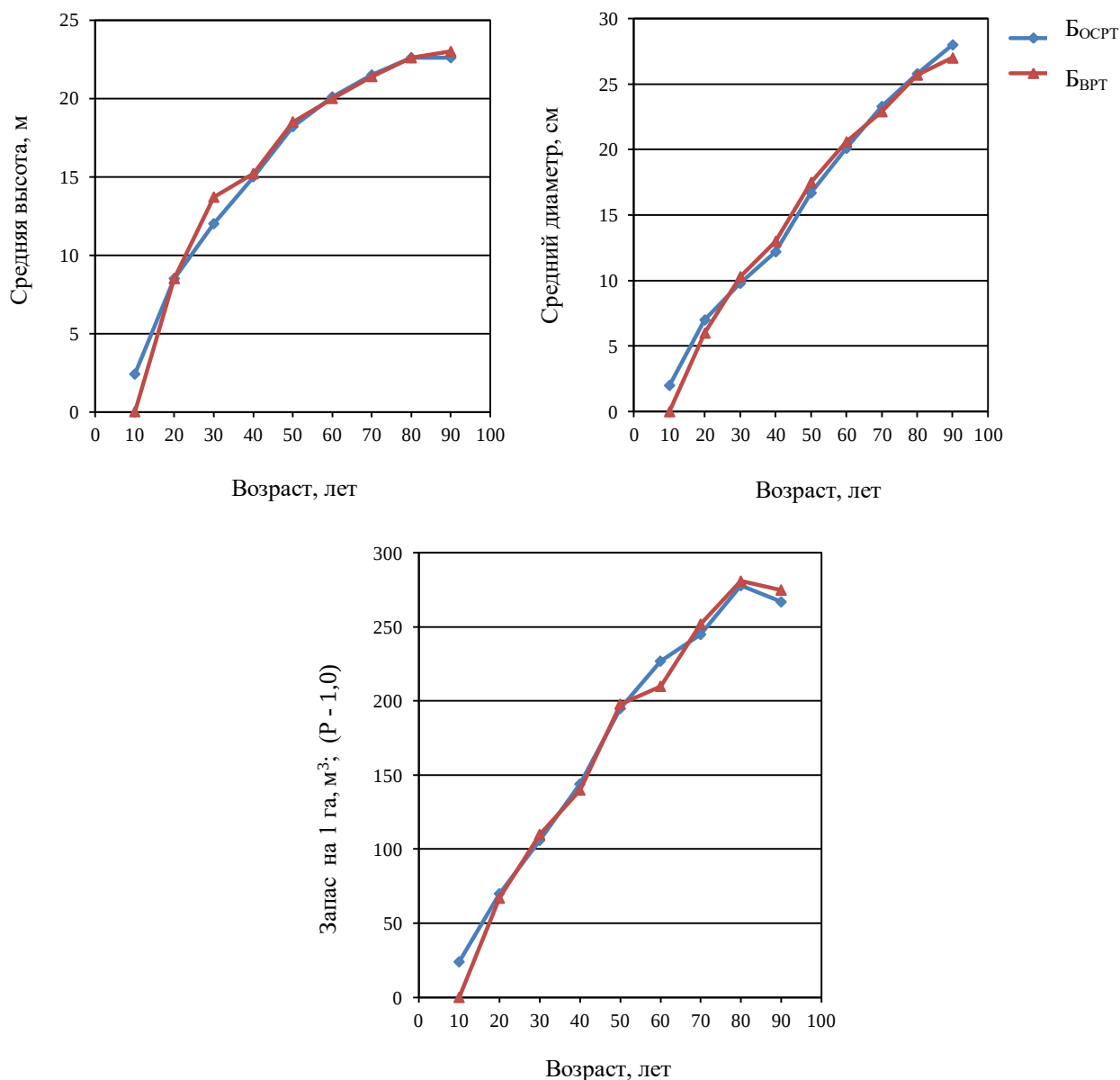


Рисунок 5.2 – Динамика средних высот, диаметров и запасов березовых древостоев травяной группы типов леса

Из содержания рисунка 5.2 видно, что графики динамики таксационных показателей практически совпали.

Оценка существенности различия велась путем расчета критерия Стьюдента (t) для средних значений таксационных показателей в каждом классе возраста. Оказалось, что существенная разница между ними отсутствует, поэтому дальнейшая обработка, велась для рядов данных обобщенных в пределах группы типов леса.

Статистическая обработка совокупных рядов таксационных показателей (таблица 5.3), показала на достаточно высокую точность в расчете средних величин.

Таблица 5.3 – Статистические показатели рядов средних таксационных показателей березняков травяной группы типов леса

Класс возраста	Средние таксационные показатели					
	средняя высота (H), м			средний диаметр (D _{1.3}), см		
	X ± m _x	W, %	P, %	X ± m _x	W, %	P, %
I	2,4 ± 0,2	34,3	7,0	2,0 ± 0,1	25,5	5,2
II	8,4 ± 0,6	17,9	6,8	6,6 ± 0,6	23,0	8,7
III	12,2 ± 0,2	14,4	1,3	9,9 ± 0,1	14,4	1,3
IV	15,1 ± 0,2	9,7	1,3	12,3 ± 0,2	11,6	1,5
V	18,2 ± 0,1	6,1	0,7	16,7 ± 0,2	10,5	1,3
VI	20,0 ± 0,1	4,2	0,4	20,2 ± 0,2	8,5	0,8
VII	21,4 ± 0,1	3,1	0,3	23,2 ± 0,2	9,6	0,9
VIII	22,6 ± 0,1	3,1	0,4	25,7 ± 0,2	8,1	0,9
IX	22,7 ± 0,2	2,2	0,7	27,8 ± 0,2	2,4	0,8

Окончание таблицы 5.3

Класс возраста	Средние таксационные показатели					
	относительная полнота			запас древостоя (M), м ³ /га		
	X ± m _x	W, %	P, %	X ± m _x	W, %	P, %
I	0,49 ± 0,02	18,5	3,8	12 ± 1	32,6	6,7
II	0,50 ± 0,06	30,6	11,6	27 ± 2	18,5	7,4
III	0,65 ± 0,01	22,5	2,0	69 ± 2	25,5	2,3
IV	0,68 ± 0,01	16,7	2,2	98 ± 3	23,2	3,0
V	0,66 ± 0,01	18,1	2,2	129 ± 3	21,7	2,6
VI	0,58 ± 0,01	19,9	1,9	129 ± 3	24,1	2,3
VII	0,55 ± 0,01	15,0	1,4	134 ± 3	19,8	1,9
VIII	0,52 ± 0,01	21,7	2,5	144 ± 4	23,3	2,7
IX	0,51 ± 0,02	11,8	3,9	139 ± 6	12,7	4,2

В абсолютном большинстве, точность опыта (Р) при определении средних значений, для древостоев III-VIII классов возраста не вышла за пределы 2,7 %. Снижение точности опыта при определении средних величин таксационных признаков в березняках I, II, IX классов возраста обусловлено относительно малым числом наблюдений, с этим пришлось смириться, т.к. древостои такого возраста в объекте исследования встречаются в ограниченном количестве и все они были включены в обработку.

Полученные совокупные ряды хода роста березняков травяной группы типов леса были аппроксимированы с использованием функции Вейбулла вида:

$$y = a - b * \exp^{-cx^d}, \quad (5.3)$$

где y – величина таксационного показателя;

x – возраст древостоя, лет.

В таблице 5.4 приведены коэффициенты уравнений и показатели их адекватности.

Таблица 5.4 – Коэффициенты уравнений и показатели их адекватности

Таксационный показатель	Коэффициенты уравнения				Коэффициент детерминации (R^2)	Стандартная ошибка (S)
	a	b	c	d		
Средняя высота, (H) м	25,154	29,301	0,023	1,058	0,99	0,36
Средний диаметр, ($D_{1.3}$) см	46,633	47,329	0,004	1,211	0,99	0,59
Запас древостоя, (M) м ³ /га	139,084	133,280	0,0002	2,395	0,99	4,73

Рисунки 5.3-5.5 иллюстрируют ход роста березовых древостоев по средним высотам и диаметрам, а также по запасу.

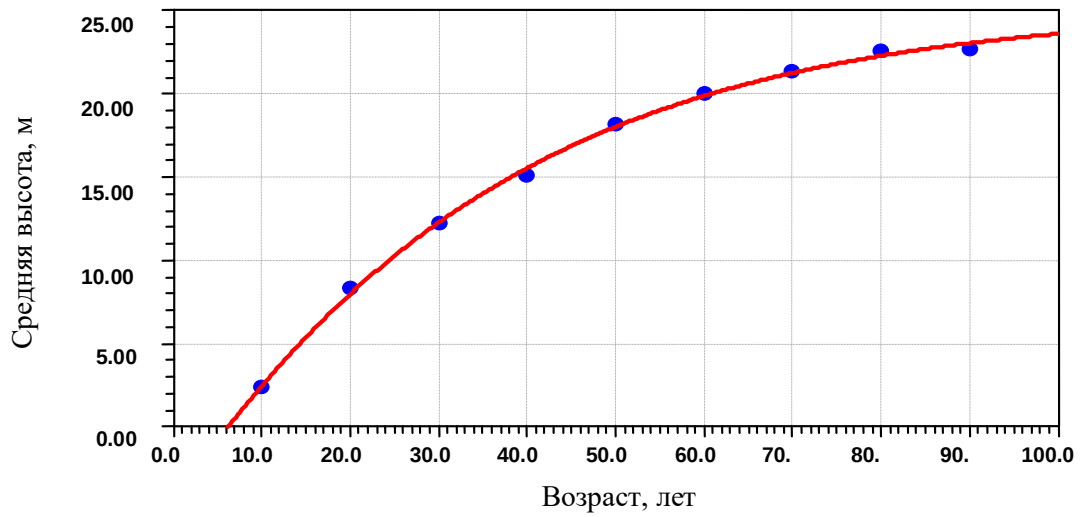


Рисунок 5.3 – Динамика средних высот березовых древостоев

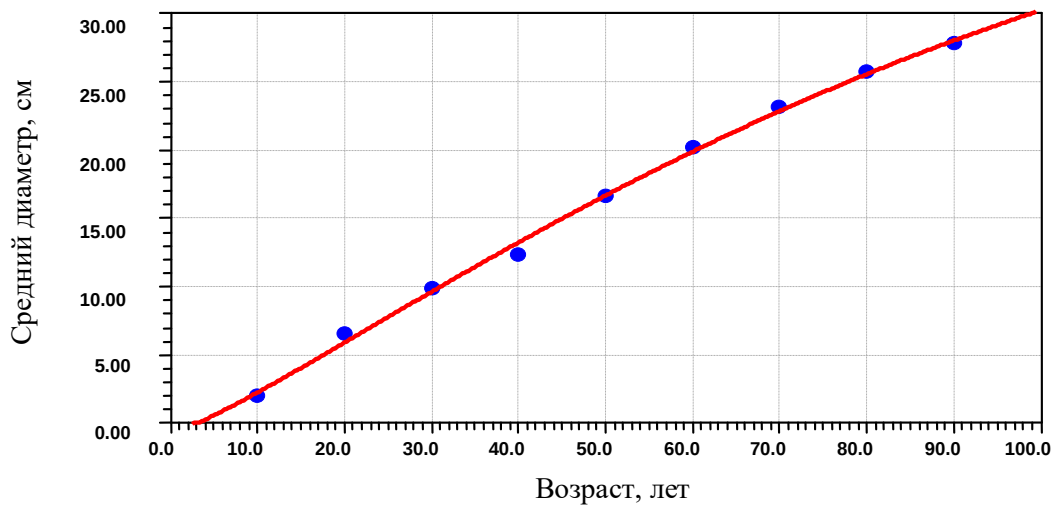


Рисунок 5.4 – Динамика средних диаметров березовых древостоев

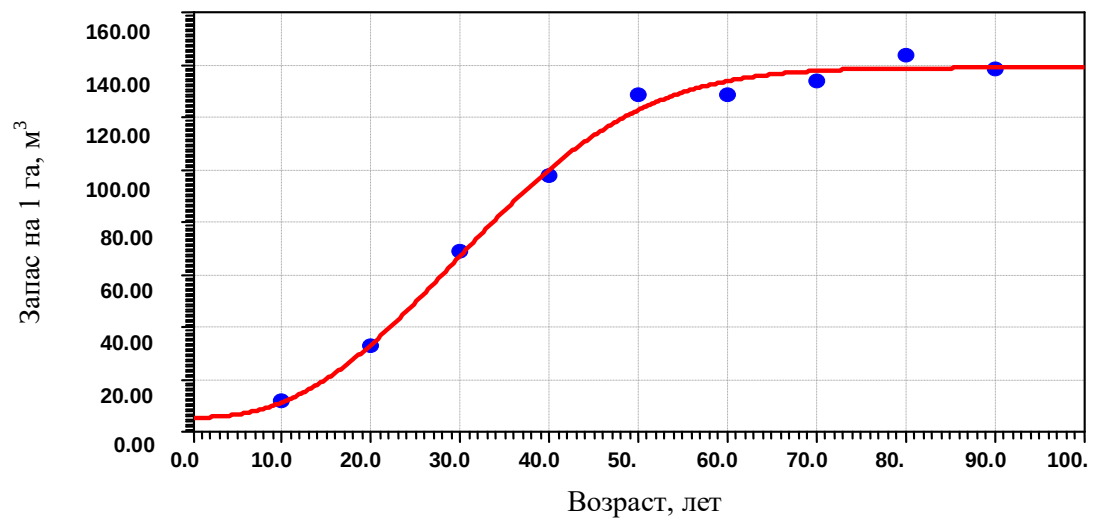


Рисунок 5.5 – Динамика запасов березовых древостоев

На основе полученных выровненных величин средних таксационных показателей была построена таблица хода роста березовых древостоев травяной группы типов леса (таблица 5.5).

Расчет таксационных показателей, входящих в ТХР велся с использованием следующих формул:

$$M = \sum g H_f, \quad (5.4)$$

где M – запас, м^3 ;

$\sum g$ – сумма площадей поперечных сечений стволов, м^2 ;

H_f – видовая высота.

Следовательно:

$$\sum g = M / H_f \quad (5.5)$$

В то же время видовая высота была определена по формуле Ли-Чан-Гена:

$$H_f = (H + 3) * f_3, \quad (5.6)$$

где H – средняя высота древостоя, м;

$$f_3 = 0,40.$$

Число стволов определялось по формуле:

$$N = \sum g / g_{\text{ср}}, \quad (5.7)$$

где N – число стволов, шт.;

$g_{\text{ср}}$ – площадь поперечного сечения ствола, м^2 .

Изменение запасов вычислялось по следующим формулам:

$$\Delta M = M_A / A, \quad (5.8)$$

где ΔM – средний прирост древостоя по запасу, м^3 ;

M_A – наличный запас растущих деревьев в древостое, м^3 ;

A – возраст древостоя, лет.

$$Z = (M_1 - M_2) / n, \quad (5.9)$$

где Z – текущий прирост древостоя по запасу, м^3 ;

M_1 – запас древостоя в данный момент, м^3 ;

M_2 – запас древостоя n лет назад, м^3 ;

n – возрастной период, лет.

Для характеристики общей продуктивности древостоев запас отпада устанавливался как сумма объемов стволов отпада. Причем за объем ствола отпада был взят минимальный объем ствола соответствующего возраста. Для этой цели был построен график динамики объемов отдельных стволов (рисунок 5.6).

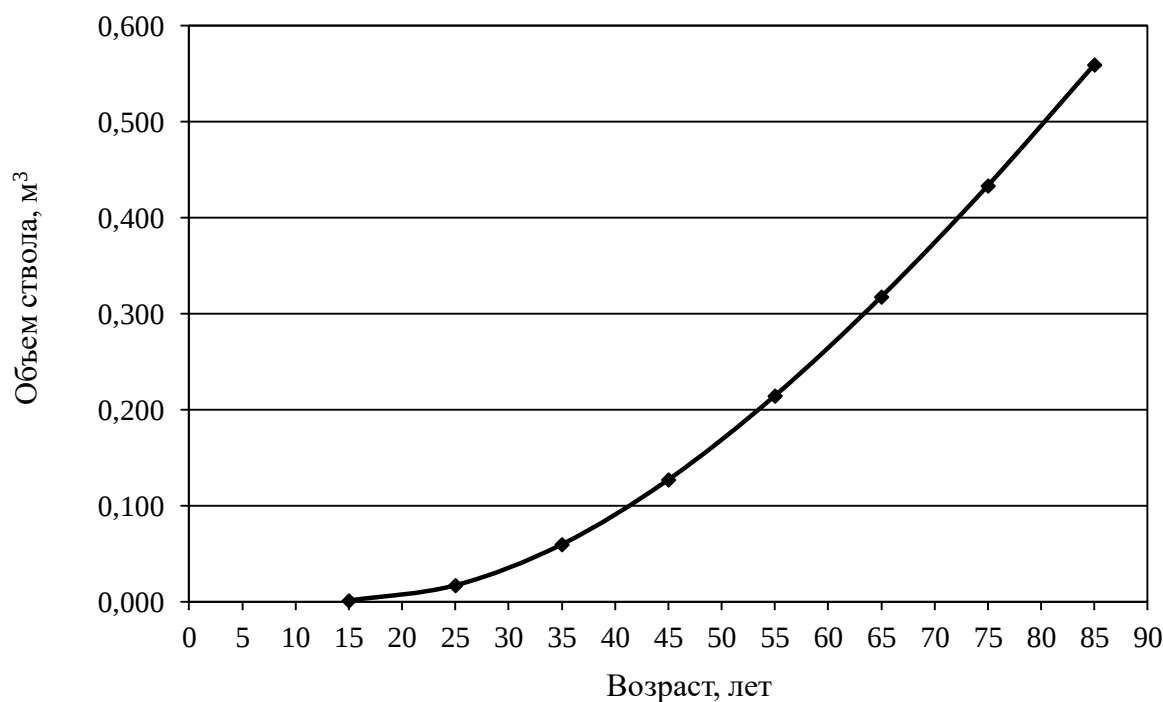


Рисунок 5.6 – Динамика объемов стволов березы повислой

Таблица 5.5 – Ход роста модальных березовых древостоев – травяная группа типов леса

Возраст, лет	Основная (оставляемая часть насаждений)							
	Средние		Число стволов, шт.	Видовое число	Сумма площадей сечений, м ²	Запас, м ³	Изменение запаса	
	высота, м	диаметр, см					среднее, м ³	текущее, м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	0,7	0,6	-	-	-	-	-	-
15	5,4	4,1	4736	0,62	6,3	21	1,4	-
25	10,3	7,8	1968	0,52	9,4	50	2,0	2,9
35	14,1	11,5	1197	0,49	12,4	85	2,4	3,5
45	16,9	15,0	804	0,47	14,2	113	2,5	2,8
55	19,0	18,4	556	0,46	14,8	130	2,4	1,7
65	20,6	21,4	404	0,46	14,5	137	2,1	0,7
75	21,8	24,3	302	0,46	14,0	139	1,9	0,2
85	22,7	26,9	238	0,45	13,5	139	1,6	-

Окончание таблицы 5.5

Вырубаемая часть - отпад			Все насаждения в целом		
Число стволов, шт.	Запас, м ³	Сумма запасов отпада, м ³	Общая продуктивность стволовой древесины, м ³	Общий средний прирост стволовой древесины, м ³	Общий текущий прирост стволовой древесины, м ³
10	11	12	13	14	15
-	-	-	-	-	-
-	-	-	21	1,4	-
2768	47	47	97	3,9	7,6
771	46	93	178	5,1	8,1
393	50	143	256	5,7	7,8
248	53	196	326	5,9	7,0
152	48	244	381	5,9	5,5
101	44	288	427	5,7	4,6
64	36	324	463	5,4	3,6

Завершающим этапом установления закономерностей динамики таксационных показателей березовых древостоев травяной группы типов леса, явилось сопоставление экспериментальных данных с таблицей хода роста, составленной Э.Н. Фалалеевым и В.С. Поляковым [114] для березовых древостоев разнотравного типа леса, II класса бонитета.

Оказалось, что ход роста исследуемых березовых древостоев имеет значительные различия.

5.3 Взаимосвязи между таксационными показателями березовых древостоев

Дальнейшим этапом данного раздела явилось установление закономерных взаимосвязей между таксационными показателями древостоев березы [127]. Практическая значимость этих расчетов обусловлена необходимостью применения и совершенствования методов дистанционного мониторинга лесов.

Установление связей между средними таксационными показателями велось на типологической основе. При выполнении работы использованы методические подходы Э.Н. Фалалеева, И.М. Данилина [115], которыми были проведены близкие по характеру исследования для сосняков Западной и Юго-Восточной Сибири, однако за классификационную единицу исследования был принят класс бонитета.

Были рассмотрены множественные зависимости, имеющие практическое значение при применении методов дистанционного мониторинга лесов. Также рассмотрена обусловленность формирования запаса древостоя (M) величинами средних высот (H), средних диаметров (D) и относительных полнот (P).

Характер формирования поля исходных данных величины запасов березняков травяной группы типов леса, в зависимости от средних диаметров и относительных полнот иллюстрирует график на рисунке 5.7.

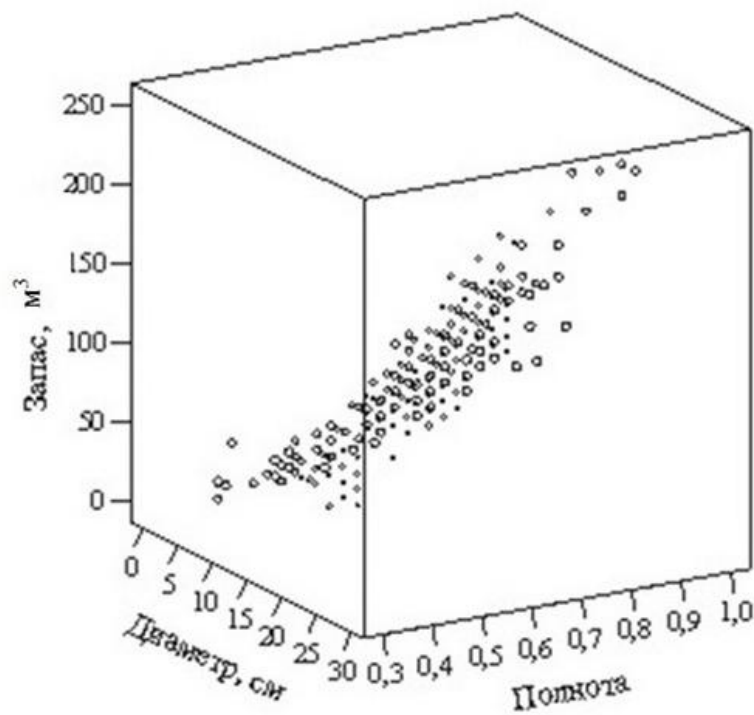


Рисунок 5.7 – Запасы древостоев травяной группы типов леса различных средних диаметров и полнот

Зависимость запаса древостоев от среднего диаметра и относительной полноты с достаточно высокой степенью адекватности отображается уравнением вида:

$$M = -105,107 + 5,693D + 197,254P \quad (5.10)$$

Коэффициент множественной корреляции (R), отражающей связь зависимой переменной с совокупностью независимых переменных равен 0,920, при этом величина коэффициента детерминации (R^2) равна 0,846. Это показывает, что 84,6 % дисперсии зависимой переменной обусловлено влиянием среднего диаметра и относительной полноты древостоев. Стандартизованные коэффициенты регрессии (β), отражающие степень влияния каждой независимой переменной равны для диаметра 0,90 и для полноты 0,59.

Стандартные ошибки коэффициентов, являющиеся мерой стабильности и равные стандартному отклонению их значений равны для константы уравнения 4,3, для диаметра 0,1 и полноты 5,6. Вероятность того, что результаты

аппроксимации (Sig) являются случайными, равна нулю. Пределы работы уравнения по диаметру 12-28 см.

Все это позволило построить вспомогательную таблицу 5.6 для определения запаса древостоев при дешифрировании аэрофотоснимков.

Таблица 5.6 – Запас березовых древостоев по среднему диаметру и полноте

Относительная полнота	Средний диаметр, см				
	12	16	20	24	28
0,3	22	45	68	91	113
0,4	42	65	88	110	133
0,5	62	85	107	130	153
0,6	82	104	127	150	173
0,7	101	124	147	170	192
0,8	121	144	167	189	212
0,9	141	164	186	209	232
1,0	160	183	206	229	252

Ниже приведены результаты проверки точности работы уравнения (5.10) по материалам шести пробных площадей, с рубкой 147 модельных деревьев (таблица 5.7).

Таблица 5.7 – Сопоставление запасов полученных по уравнению (5.10) с запасом древостоев на пробных площадях

Номер пробной площади	Состав	Средние		Полно- та	Запас, м ³ /га		Отклонения	
		высота, м	диаметр, см		на пробе	по уравне- нию (5.10)	м ³ /га	%
1	9Б1Ос	23,0	22,0	0,90	194	198	+4	+2,0
2	9Б1Лц	20,0	18,0	0,80	182	162	-20	-11,0
3	10Б	21,4	21,1	0,75	176	163	-13	-7,4
4	10Бед.Лц	15,0	12,1	0,80	121	121	-	-
5	9Б1Лц	25,0	30,0	0,90	243	243	-	-
6	10Бед.Ос	21,6	20,4	0,74	166	157	-9	-5,4

Рисунок 5.8 иллюстрирует характер формирования поля исходных данных величины запасов березняков травяной группы типов леса, в зависимости от средних высот и относительных полнот.

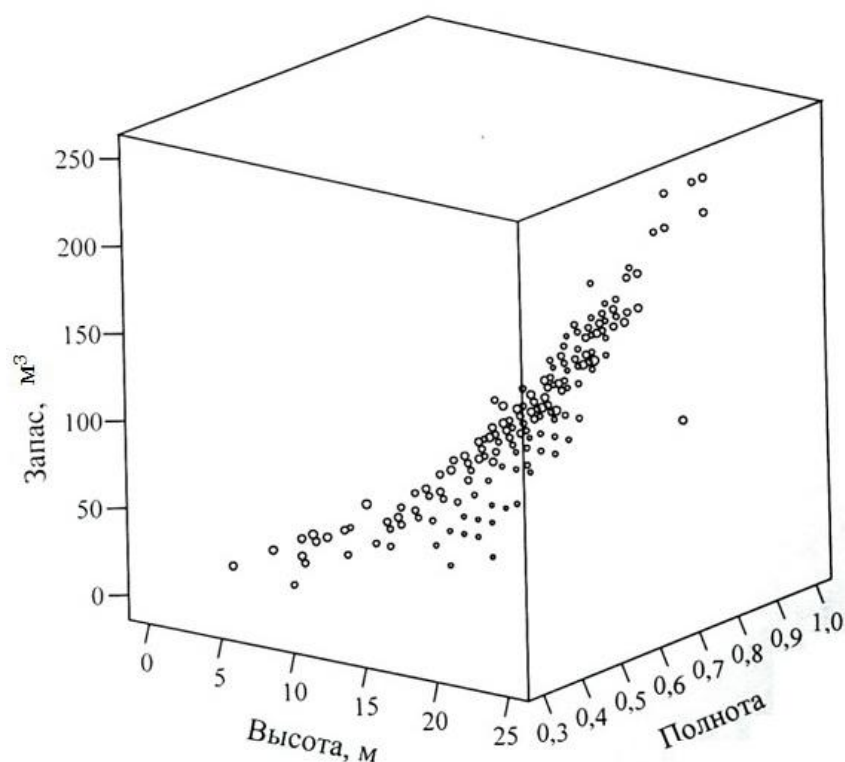


Рисунок 5.8 – Запасы древостоев травяной группы типов леса различных средних высот и полнот

Опосредованность запаса березовых древостоев величинами средней высоты и относительной полноты характеризует уравнение множественной регрессии вида:

$$M = -108,385 + 7,496H + 148,605P \quad (5.11)$$

Адекватность уравнения характеризуется коэффициентом множественной корреляции (R) – 0,930 и соответственно коэффициентом детерминации (R^2) – 0,865. Коэффициент β для высоты равен 0,88 и полноты 0,45. Стандартные ошибки коэффициентов уравнения: константа – 3,9, высота – 0,1, полнота – 4,9.

Вероятность случайности результата равна нулю. Пределы работы уравнения по высоте 10-25 м.

Ниже приведена вспомогательная таблица 5.8 для определения запасов древостоев, по величинам средних высот и полнот.

Таблица 5.8 – Запас березовых древостоев по средней высоте и полноте

Относительная полнота	Средняя высота, м			
	10	15	20	25
0,3	11	49	86	124
0,4	26	63	101	138
0,5	41	78	116	153
0,6	56	93	131	168
0,7	71	108	146	183
0,8	85	123	160	198
0,9	100	138	175	213
1,0	115	153	190	228

Результаты определения запасов по уравнению (5.11) были сопоставлены со Стандартной таблицей Центрального научно-исследовательского института лесного хозяйства (ЦНИИЛх) [9], оказалось, что при средних полнотах древостоев отклонения невелики. В таблице 5.9 показаны результаты сопоставления запасов при относительной полноте древостоев 0,5.

Однако для высокополнотных и низкополнотных древостоев величина отклонений значительно возрастает. Поэтому на данном этапе целесообразно установить пределы работы уравнения – по полноте 0,5-0,7; по средней высоте древостоев 12-20 м. Оценка соответствия показателей Стандартной таблицы ЦНИИЛх характеристикам березовых древостоев в лесостепной зоне Средней Сибири требует отдельного самостоятельного исследования, выходящего за рамки настоящей работы.

Таблица 5.9 – Отклонения запасов рассчитанных по уравнению (5.11) от определенных по стандартной таблице ЦНИИЛх

Средняя высота, м	10	12	14	16	18	20	22	24	25
Запас по таблице, м ³ /га	44	53	67	82	98	114	134	153	163
Запас по уравнению, м ³ /га	41	56	71	86	101	116	131	146	153
Отклонение, м ³ /га	-3	3	4	4	3	2	-3	-7	-10
Отклонение, %	-6,8	5,7	6,0	4,9	3,1	1,8	-2,2	-4,6	6,1

Уравнение (5.12), объединяющее три независимых переменных – средний диаметр древостоя, его среднюю высоту и полноту имеет следующий вид:

$$M = -108,849 + 4,703N + 2,199D + 167,246P \quad (5.12)$$

Коэффициент детерминации равен 0,87. Стандартизованные коэффициенты регрессии (β) – для диаметра равен 0,35, высоты 0,55, полноты 0,51. Величина критерия Дарбина-Уотсона равна 1,6, распределение остатков близко к нормальному. Вероятность случайности результата равна нулю.

Однако введение в уравнение дополнительного предиктора не повлекло за собой значимого увеличения точности – коэффициент детерминации увеличился только на 0,02. По-видимому, оказала влияние высокая степень взаимной корреляции средних высот и средних диаметров древостоев.

В результате выполненной работы по разделу можно сделать следующие выводы:

- березовые древостои травяной группы типов леса, в районе исследования, не имеют значимых региональных особенностей в общей интенсивности роста;

- ход роста древостоев по основным таксационным показателям с высокой степенью адекватности аппроксимируется функцией Вейбулла;
- особенности роста и формирования березовых древостоев нашли отражение в построенной таблице хода роста, которая позволяет осуществлять проектирование лесохозяйственных мероприятий;
- использование полученных математических моделей дает возможность усовершенствовать процесс дешифрирования аэрофотоснимков для лесостепной зоны Средней Сибири.

6 ФОРМА СТВОЛОВ БЕРЕЗЫ

Форма ствола, наряду с высотой и диаметром является основным объемообразующим фактором.

Расчеты основных средних характеристик формы стволов березы дали, следующие результаты:

- коэффициенты формы стволов в коре: $q_0 = 1,24 \pm 0,01$; $q_1 = 0,82 \pm 0,01$; $q_2 = 0,62 \pm 0,01$; $q_3 = 0,40 \pm 0,01$;

- старое видовое число стволов в коре: $f = 0,45 \pm 0,01$.

Таким образом, сопоставление полученной величины среднего значения второго коэффициента формы (q_2) со значением ($q_2 = 0,66$) принятым в качестве средней величины q_2 для России [9] говорит о достаточно большом различии в полнодревесности.

В работе В.Н. Игошина и В.В. Кузьмичева [50] также отмечается, что березовые древостои лесостепной зоны обладают большой сбежистостью. Более подробно этот вопрос будет рассмотрен ниже, при построении нормативов для оценки объемов стволов и запасов древостоев.

В практике формирования нормативной базы таксации большое значение имеет характер изменения ряда характеристик, таких как видовая высота, видовой диаметр и видовая площадь поперечного сечения ствола.

6.1 Видовая высота

Исследования закономерностей изменения видовых высот позволили Н.В. Третьякову [103], а затем Н.П. Анучину [9] разработать ряд формул для определения запаса древостоя. Эти формулы, не претендуя на высокую точность, позволяют достаточно просто ориентироваться в запасах древостоя, при наличии установленных средних высот и относительных полнот.

Закономерностям изменения видовых высот древесных пород (в основном хвойных) в Средней Сибири посвящен относительно небольшой ряд

исследований, в числе которых работы В.В. Гончарука [30], Л.П. Зайченко [45], В.Н. Немича [80], С.Л. Шевелева, С.В. Кускашевой [124].

Видовая высота (H_f) наиболее часто используется при определении объемов стволов в процессе построения объемных таблиц, или в виде произведения средней высоты ($H_{ср.}$) и среднего видового числа ($f_{ср.}$) в расчете запасов древостоев.

Таблица видовых высот, как самостоятельный норматив вошла в практику таксации в 1969 году в составе «Наставления по отводу и таксации лесосек в лесах СССР» [78]. В этом документе были помещены таблицы видовых высот, построенные на основе применяемых лесхозами сортиментных таблиц.

Однако мнения различных исследователей о связи между видовой высотой с другими таксационными показателями, в частности с высотой не однозначны.

Часть авторов [44, 100] поддерживают мнение М.М. Орлова [82], который опирался на исследования норвежского исследователя Эрлинга Эйде, изучавшего видовые высоты стволов ели, о том, что зависимость целесообразно отражать уравнением прямой линии.

Другие [19, 81] считают возможным использовать нелинейные уравнения. В.В. Гончарук [30] предлагает разбивать древостои на группы высот и аппроксимировать видовую высоту линейными уравнениями в пределах каждой группы.

Для установления особенностей изменения видовой высоты в березняках района исследования были построены линейные уравнения, характеризующие изменения этого признака у деревьев входящих в отдельные четырехсантиметровые ступени толщины (рисунок 6.1). Коэффициенты уравнений и показатели их адекватности приведены в таблице 6.1.

Анализ графика показывает, что линии формируют два поля – первое включает данные ступеней толщины от 8 до 20 см и второе со ступени 24 см и выше. Граница между полями соответствует высотам деревьев – 22 м.

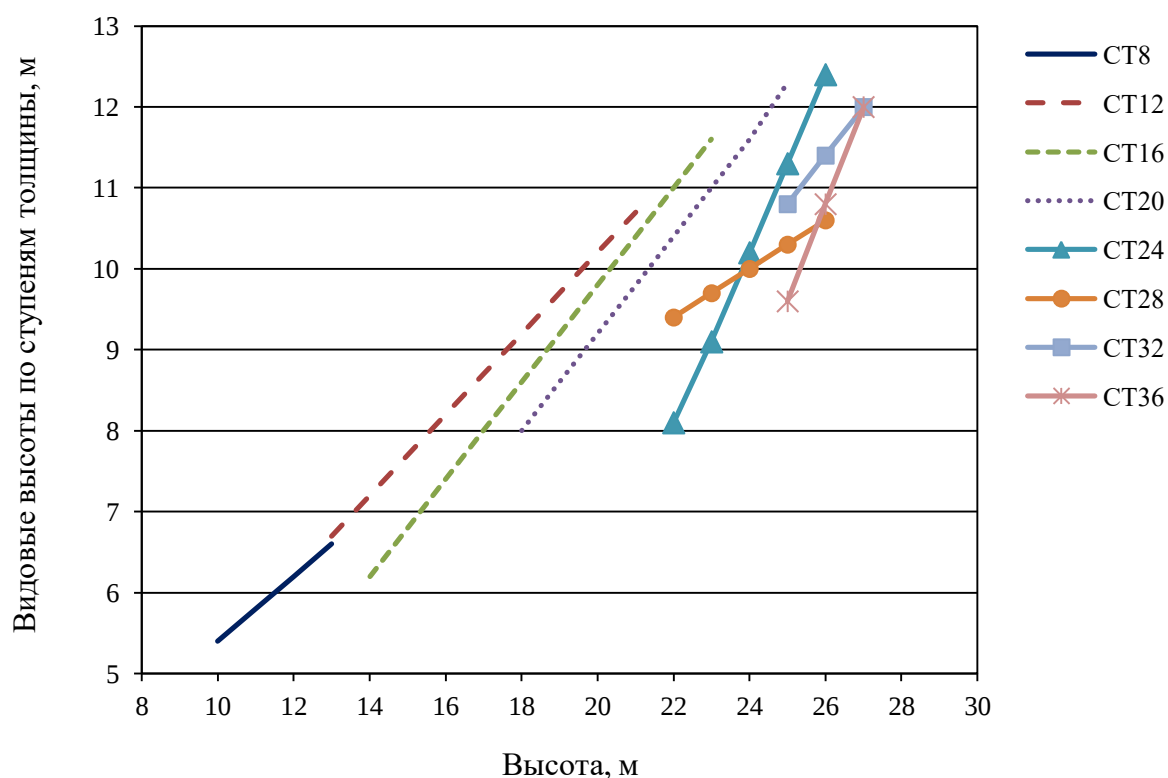


Рисунок 6.1 – Видовые высоты деревьев березы по ступеням толщины

Таблица 6.1 – Коэффициенты уравнений ($H_f = a + bH$) и показатели их адекватности

Ступень толщины, см	Коэффициенты уравнений		Коэффициент детерминации (R^2)	Стандартная ошибка (S)
	a	b		
8	1,201	0,372	0,54	0,55
12	-0,575	0,518	0,80	1,09
16	-2,653	0,599	0,75	1,22
20	-3,759	0,625	0,79	0,92
24	-16,369	1,088	0,85	0,87
28	2,676	0,283	0,37	1,01
32	-5,834	0,643	0,81	0,53
36	-20,000	1,165	0,99	0,08

Наличие двух областей в графиках видовых высот позволяет предположить, что зависимость H_f от H можно отобразить двумя линейными уравнениями или использовать нелинейное уравнение (рисунок 6.2). Уравнение имеет вид:

$$H_f = 45,077 * H / (80,254 + H) \quad (6.1)$$

При $R^2 = 0,81$ и $S = 1,16$.

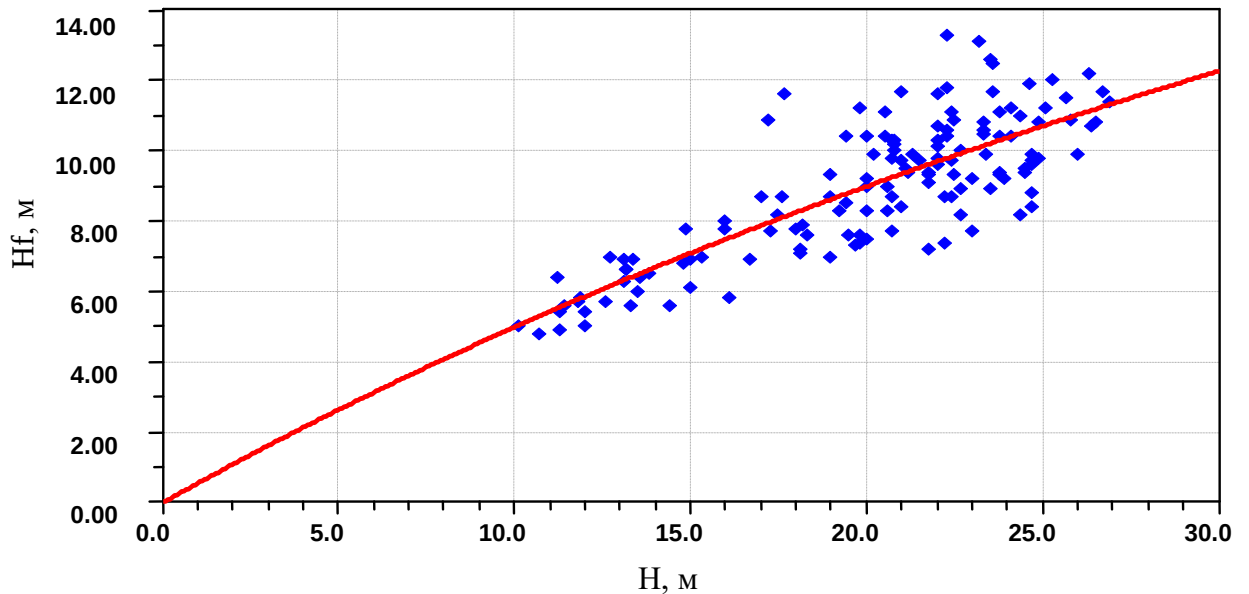


Рисунок 6.2 –Зависимость видовой высоты от высоты у деревьев березы

Путем табуляции уравнения была построена таблица 6.2 видовой высот [128].

Таблица 6.2 – Видовые высоты деревьев березы

Н, м	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Нf, м	4,99	5,86	6,70	7,49	8,26	8,99	9,70	10,38	11,03	11,66	12,27

Далее были исчислены средние видовые высоты по пробным площадям. На рисунке 6.3 приведен график, отражающий связь средней видовой высоты со средней высотой, там же показан график, полученный по уравнению (6.1) и отражающий связь видовой высоты с высотой у деревьев березы.

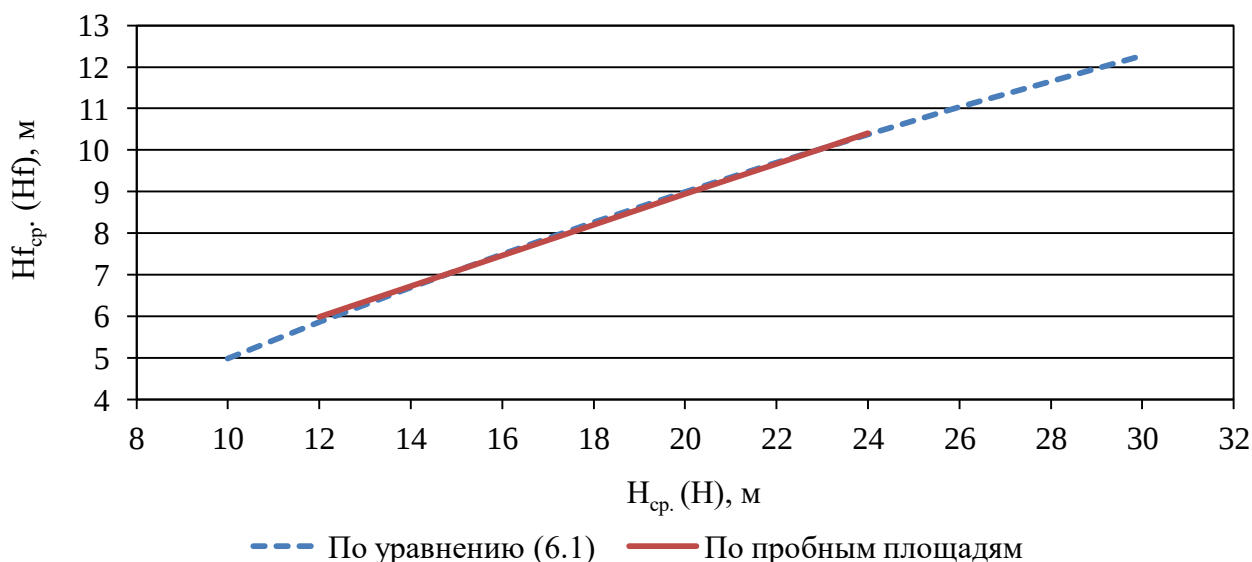


Рисунок 6.3 – Изменение видовых высот и средних видовых высот в березовых древостоях

Оказалось, что линии графиков совместились. Совпадение линий графиков позволяет утверждать, что исчисленные величины видовой высоты (таблица 6.2) можно использовать не только для определения объемов стволов, но и в качестве средней видовой высоты при определении запаса древостоев березы.

6.2 Видовой диаметр

Наряду с видовой высотой иногда, при построении таксационных нормативов, используется произведение диаметра на видовое число (Df) – видовой диаметр.

Видовой диаметр тесно коррелирует с диаметром ствола на высоте 1.3 м и высотой дерева. Связь между диаметром и видовым диаметром аппроксимируется уравнением вида:

$$Df = 1,566 + 0,356D_{1.3} \quad (6.2)$$

При коэффициенте детерминации (R^2) равном 0,93 и стандартной ошибке уравнения (S) равной 0,97. В таблице 6.3 приведены значения видовых диаметров деревьев различной толщины.

Таблица 6.3 – Видовые диаметры деревьев различной толщины

D _{1.3} , см	8	12	16	20	24	28	32	36
Df, см	4,4	5,8	7,3	8,7	10,1	11,5	13,0	14,4

Связь между видовым диаметром и видовой высотой характеризуется уравнением степенной функции:

$$Df = 1,687 * 1,080^H \quad (6.3)$$

При $R^2 = 0,85$ и $S = 1,56$. В таблице 6.4 приведены значения видовых диаметров деревьев различной высоты.

Таблица 6.4 – Видовые диаметры деревьев березы различной высоты

H _{ср.} , м	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Df, см	3,7	4,3	5,0	5,8	6,8	7,9	9,2	10,8	12,6	14,7	17,1

6.3 Видовая площадь поперечного сечения

Произведение площади поперечного сечения ствола на видовое число (gf), или видовая площадь поперечного сечения – величина тесно связанная с высотой ($R = 0,71$), диаметром ($R = 0,96$) и видовым диаметром ($R = 0,94$) и умеренно с возрастом дерева ($R = 0,53$) и видовой высотой ($R = 0,47$).

Связь этого показателя с диаметром с высокой степенью адекватности можно отобразить уравнением:

$$gf_{1.3} = 63 \cdot 10^{-6} * D_{1.3}^{1,797} \quad (6.4)$$

При $R^2 = 0,98$ и $S = 0,02$ (рисунок 6.4).

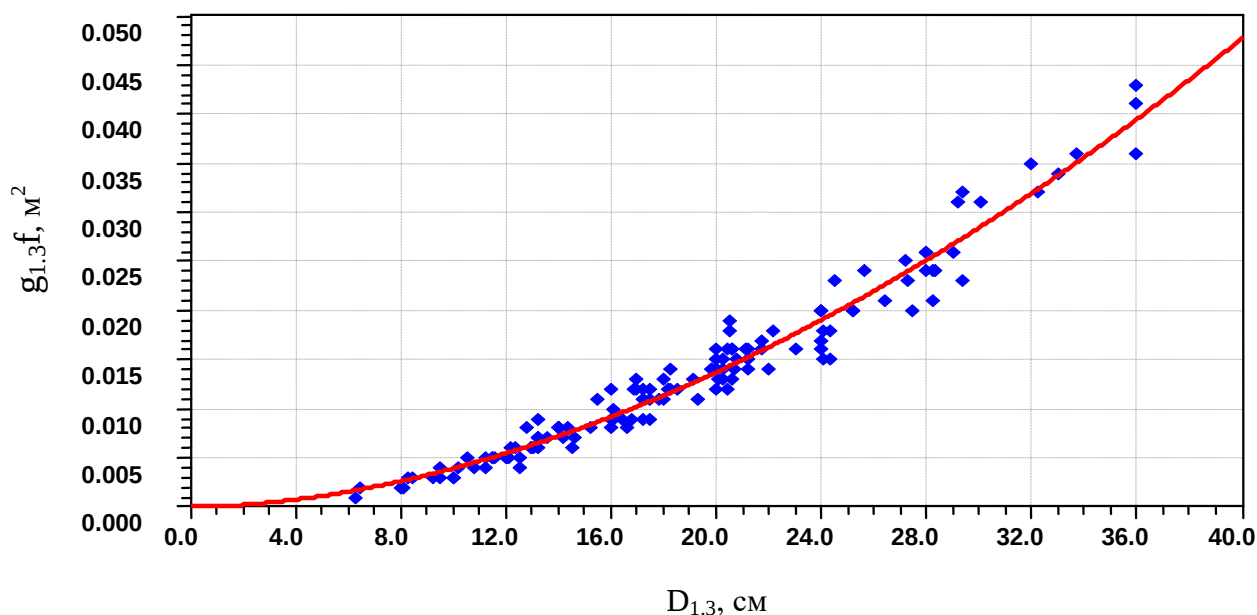


Рисунок 6.4 – Связь между видовой площадью и диаметром дерева

Табуляция уравнения (6.4) позволила построить таблицу 6.5.

Таблица 6.5 – Видовые площади поперечного сечения у деревьев различных диаметров

$D_{1.3}, \text{см}$	8	12	16	20	24	28	32	36
$gf_{1.3}, \text{м}^2$	0,0027	0,0055	0,0092	0,0138	0,0191	0,0252	0,0320	0,0396

6.4 Упрощенные формулы для определения объемов стволов растущих деревьев березы

Формулы для определения объема растущих деревьев, обычно включающие два-три значения, легко запоминающиеся и вычисляющиеся даже без использования калькулятора, позволяют довольно точно решать практические задачи, контролировать глазомерную таксацию, выявлять грубые ошибки.

Упрощение формул достигается путем сильного округления констант; заменой переменных величин их средними значениями, принимаемыми за постоянные коэффициенты; пренебрежением небольшим влиянием некоторых показателей; заменой криволинейных зависимостей прямолинейными; приведением распределений к нормальным и т. п. [125].

Применение упрощенных формул расширяет относительные пределы ошибок, однако, с увеличением числа наблюдений величина ошибок снижается пропорционально корню квадратному из числа наблюдений, в связи с чем приближенные способы оказываются весьма рентабельными и обеспечивают достаточную точность.

К числу таких упрощенных формул относятся формула Денцина (6.5), позволяющая находить объемы стволов сосны – высотой 30 м, ели – 26 м и пихты – 25 м, и формула Н.Н. Дементьева (6.6) для определения объемов стволов с величиной второго коэффициента формы (q_2) – 0,65. При других характеристиках стволов в формулы необходимо вводить поправки [125].

$$V = d^2 / 1000, \quad (6.5)$$

где d – диаметр на высоте груди, см.

$$V = h / 3 * d^2, \quad (6.6)$$

где h – высота ствола, м;

d – диаметр на высоте груди, м.

Для расчета уравнений, позволяющих получать объемы стволов березы в районе исследования, были применены следующие приемы:

- вместо уравнения криволинейной зависимости между видовой площадью поперечного сечения и диаметром (6.4) использовалось два линейных уравнения, характеризующие связь между показателями в диапазонах диаметров 12-22 см и 23-36 см (рисунки 6.5, 6.6);

- произведено возможное округление констант.

В результате расчетов получены уравнения:

$$gf_{1.3(12-22)} = -0,006734 + 0,001033D_{1.3} \quad (6.7)$$

При $R^2 = 0,95$ и $S = 0,001$.

$$gf_{1.3(23-36)} = -0,027225 + 0,001867D_{1.3} \quad (6.8)$$

При $R^2 = 0,94$ и $S = 0,002$.

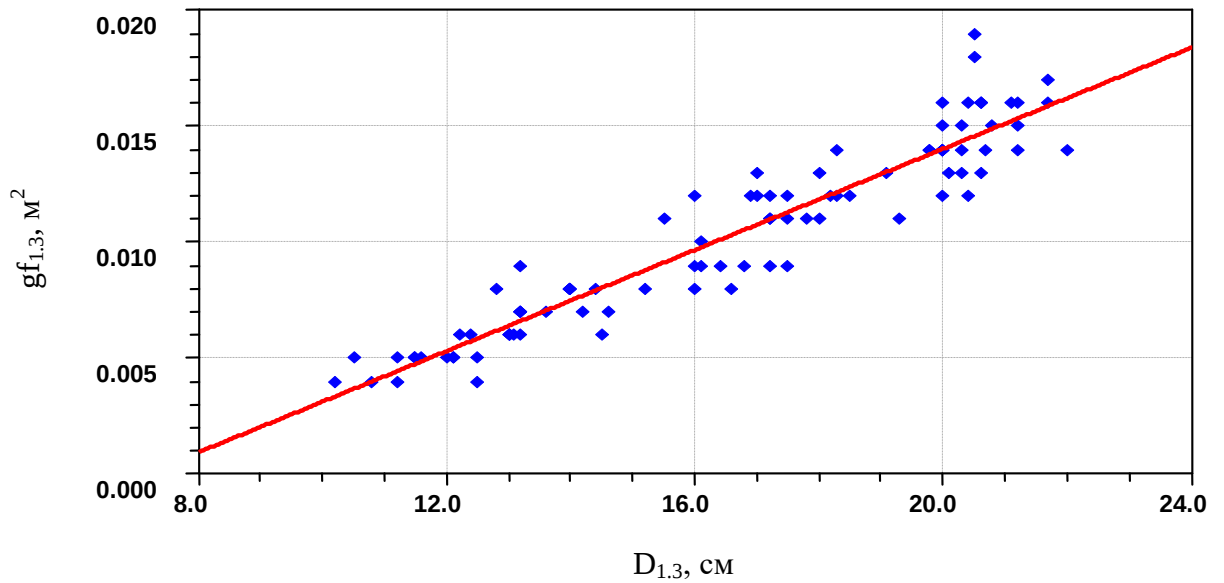


Рисунок 6.5 – Связь между диаметром и видовой площадью поперечного сечения в диапазоне диаметров 12-22 см

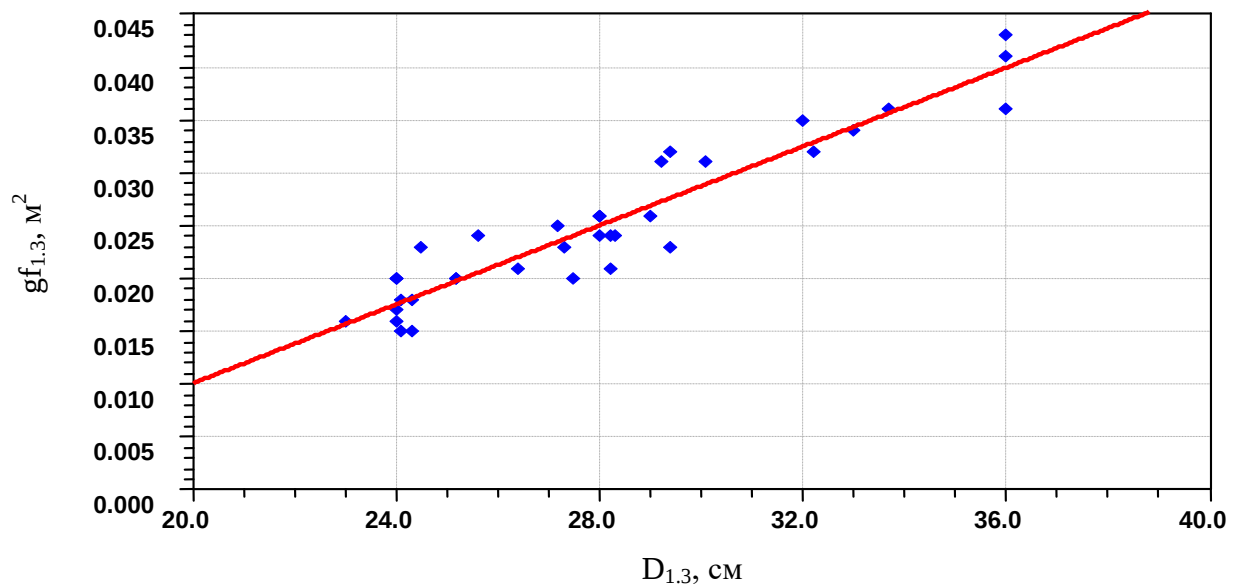


Рисунок 6.6 – Связь между диаметром и видовой площадью поперечного сечения в диапазоне диаметров 23-36 см

После проведенных преобразований получены следующие выражения:

$$V_{12-22} = (D_{1.3} - 7) * 0,001H, \quad (6.9)$$

$$V_{23-36} = (2D_{1.3} - 27) * 0,001H, \quad (6.10)$$

где H – высота ствола, м;

D – диаметр на высоте груди, см.

Далее уравнения подверглись проверке путем сопоставления исчисленных величин объемов стволов по уравнениям (6.9), (6.10) с величинами объемов стволов вычисленных по модельным деревьям березы, в пределах вышеназванных двух групп диапазонов диаметров на высоте ствола 1.3 м. В каждой группе было отобрано по 15 моделей.

На рисунке 6.7 приведено сравнение результатов вычисленных объемов стволов березы по предложенным уравнениям и объемным таблицам [70], а также по таблицам объема и сбega.

Расчет ошибок по схеме рекомендуемой Н.В. Третьяковым [103] показал следующие результаты (таблица 6.6).

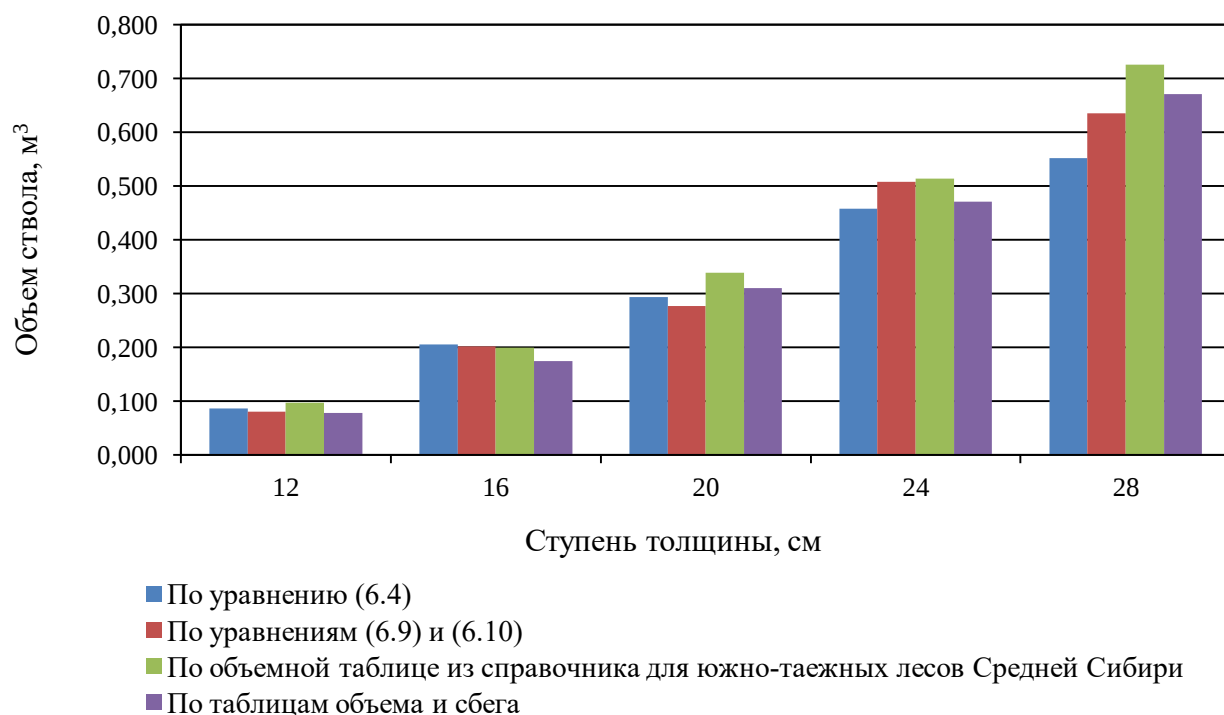


Рисунок 6.7 – Сопоставление объемов стволов березы, полученных различными способами

Таблица 6.6 – Расчет ошибок

Ошибки	По моделям		По таблицам объема и сбега	По объемной таблице из справочника для южно- таежных лесов Средней Сибири
	12-22 см	23-36 см		
$V_{(12-22)} = (D_{1.3} - 7) * 0,001H$; $V_{(23-36)} = (2D_{1.3} - 27) * 0,001H$				
Систематическая ошибка, %	-3,5	9,4	-6,0	-7,1
Случайная Ошибка, %	9,9	15,6	6,3	8,7
Ошибка для всех случаев, %	2,6	5,5	2,8	2,4
$V = (63 \cdot 10^{-6} * D_{1.3}^{1,797}) * H$				
Систематическая ошибка, %	3,0	-2,2	-7,4	-9,0
Случайная Ошибка, %	12,6	7,7	7,7	9,4
Ошибка для всех случаев, %	3,3	2,0	3,4	2,5

6.5 Влияние коры на форму ствола березы

6.5.1 Формирование коры у стволов березы

Кора, как одна из основных частей древесного ствола, является важной составляющей при оценке биологической продуктивности древостоев, влияет на форму древесных стволов и их сортиментную структуру.

Первые исследования в области установления закономерностей формирования коры были выполнены А.А. Крюденером в 1904-1911 гг. [63], в процессе разработки им объемных таблиц.

К совершенствованию способов оценки коры обращались классики отечественной таксации М.М. Орлов [82] и А.В. Тюрин [107, 108]. Также в

области разработки методов таксации коры следует отметить работы В.Е. Шульца (в справочнике [103]), И.И. Гусева [33], И.А. Нахабцева [79], С.Л. Шевелева, В.Н. Евстафьева [123], А.А. Вайса [16] и др.

На начальном этапе работы было проведено сопоставление величины относительного объема коры деревьев березы в районе исследования с данными для европейской части страны [103, 108].

На рисунке 6.8 приведен график иллюстрирующий величину объема коры в процентах от объема ствола у стволов березы различного диаметра.

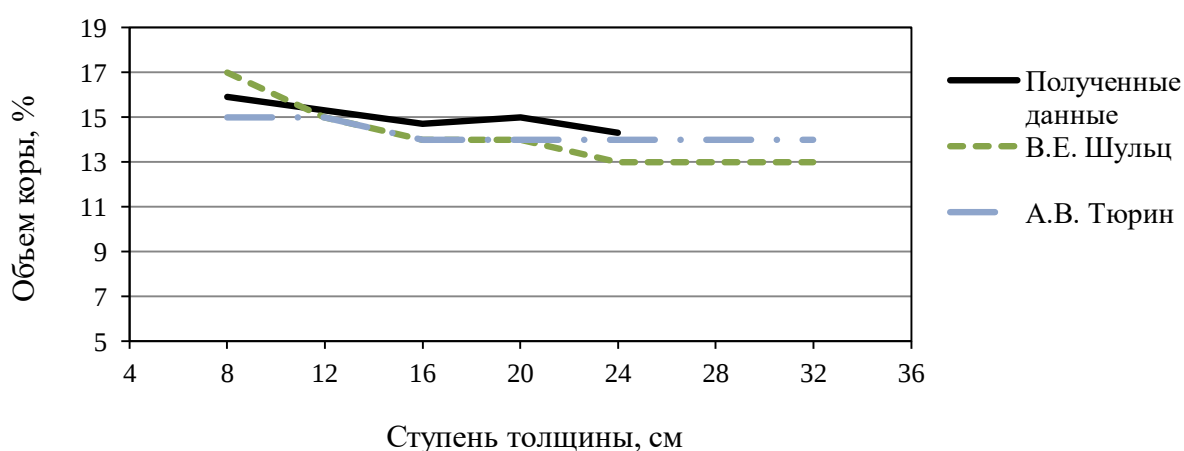


Рисунок 6.8 – Относительный объем коры деревьев березы различного диаметра

Анализ графика позволяет утверждать, что, несмотря на общую тенденцию изменения относительного объема коры с увеличением диаметра ствола на высоте 1.3 м, характер изменения относительного объема коры в древостоях явившихся объектом исследования имеет индивидуальные особенности.

6.5.2 Особенности формирования коры на высоте 1.3 м у деревьев березы

6.5.2.1 Связь двойной толщины коры с диаметром на высоте 1.3 м в коре

Высота 1.3 м (так называемая «высота груди») является важной точкой, на которой осуществляются измерения диаметров стволов растущих деревьев при

перечислительном методе таксации. Поэтому особенности формирования коры на этой высоте у деревьев оказывают существенное влияние на правильное определение объема деловых сортиментов, устанавливаемого без коры.

Для практического использования при построении таксационных нормативов, на основе данных для района исследования, было рассчитано достаточно простое линейное уравнение [42]:

$$2T_{1.3} = 0,092D_{1.3 \text{ в.к.}} - 0,218, \quad (6.11)$$

где $2T_{1.3}$ – двойная толщина коры на высоте 1.3 м, см;

$D_{1.3 \text{ в.к.}}$ – диаметр ствола на высоте 1.3 м в коре, см.

Адекватность уравнения отображается коэффициентом детерминации (R^2) равным 0,80 и стандартной ошибкой (S) – 0,54. Графическое отображение полученной модели представлено на рисунке 6.9.

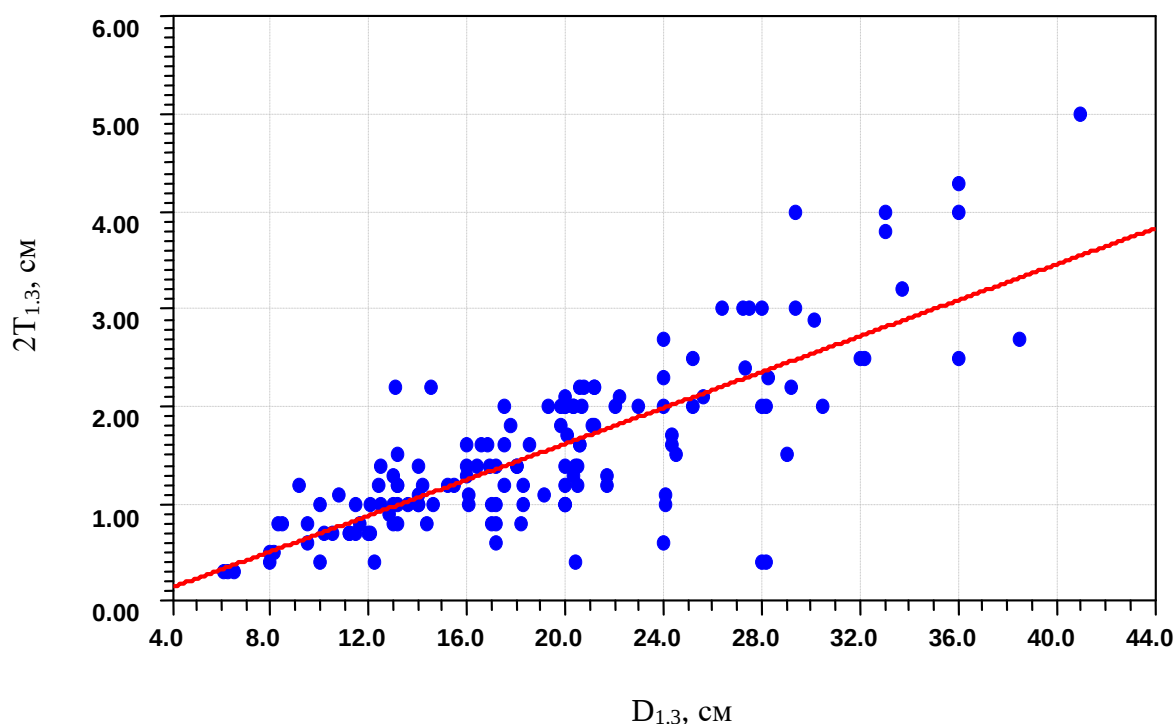


Рисунок 6.9 – Связь двойной толщины коры с диаметром ствола на высоте 1.3 м

В свое время А.В. Тюриным [107] для среднесбежистых стволов березы было предложено уравнение связи двойной толщины коры с диаметром ствола на высоте 1.3 м, имеющего вид:

$$2T_{1.3} = 0,1D_{1.3} - 0,1 \quad (6.12)$$

Это уравнение очень удобно в применении, т.к. коэффициенты его максимально округлены.

Сопоставление двух уравнений показало на их близость (рисунок 6.10).

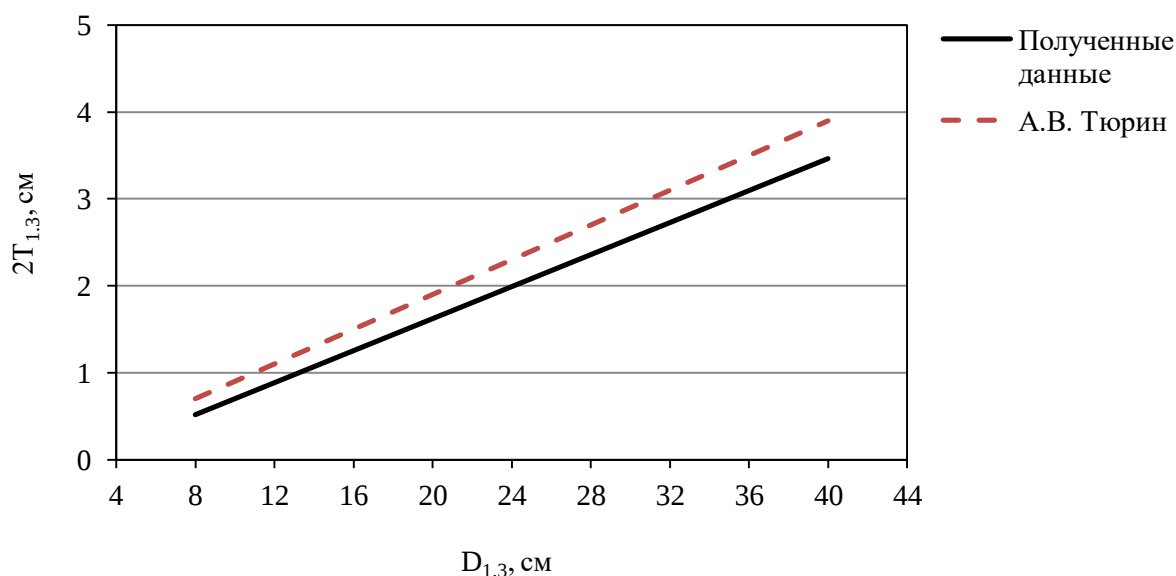


Рисунок 6.10 – Сравнение величин двойной толщины коры полученных по уравнению (6.11) с величинами, полученными по уравнению (6.12) А.В. Тюрина

Для практического использования для березняков лесостепной зоны Средней Сибири также можно рекомендовать упрощенный вид уравнения (6.11):

$$2T_{1.3} = 0,1D_{1.3 \text{ в.к}} - 0,2 \quad (6.13)$$

6.5.2.2 Динамика двойной толщины коры

Динамика двойной толщины коры стволов березы на высоте 1.3 м с достаточной степенью адекватности ($R^2 = 0,60$; $S = 0,74$) отображается уравнением вида:

$$2T_{1.3} = 0,352 * 1,023^A, \quad (6.14)$$

где $2T_{1.3}$ – двойная толщина коры, см;

A – возраст дерева, лет.

Возрастные изменения этого признака иллюстрирует рисунок 6.11.

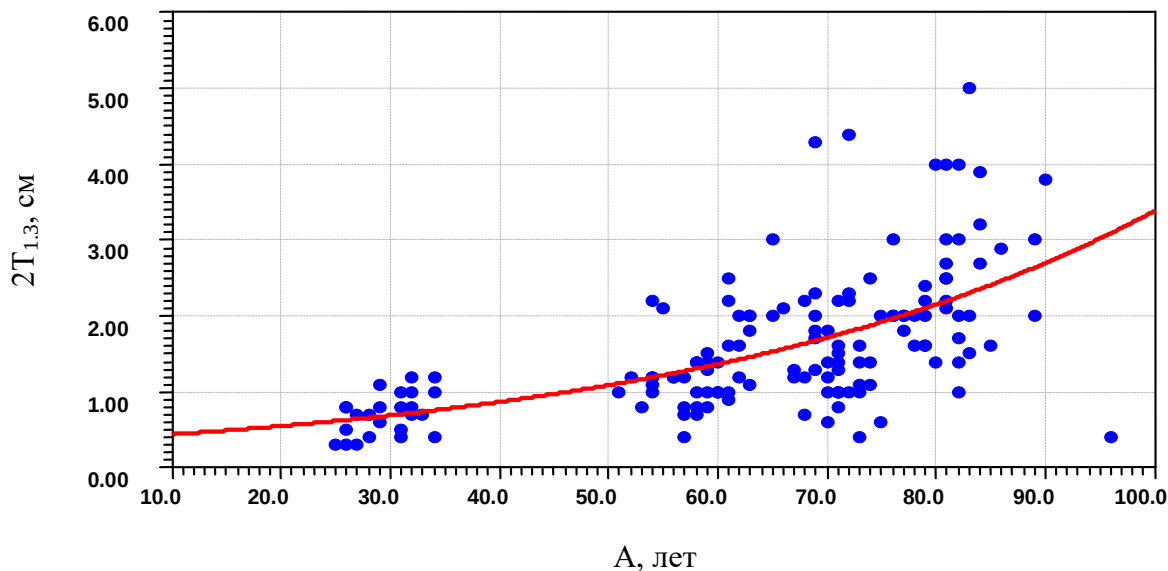


Рисунок 6.11 – Динамика двойной толщины коры ($2T_{1.3}$, см) у стволов березы

С увеличением возраста возрастает его изменчивость. Так изменчивость двойной толщины коры у деревьев возраста 20-40 лет составила 39,7 %, а у деревьев возраста 70-90 лет – 56,3 %.

В. Антанайтис [7], В.В. Гончарук [29] и др. отмечали, что недооценка фактора коры при установлении величины приростов древостоев часто влечет за собой значительные ошибки, последствием которых являются неправильные выводы и неверное использование тех или иных хозяйственных мероприятий.

Для установления доли коры в величине среднего прироста стволов березы по диаметру были исчислены эти таксационные характеристики, а затем средний прирост коры ($\Delta 2T_{1.3}$), был выражен в процентах от величины прироста ствола (таблица 6.7), то есть $\Delta 2T_{1.3} = (\Delta 2T_{1.3} / \Delta D_{1.3}) * 100 \%$.

Таблица 6.7 – Динамика среднего относительного прироста коры

Средние приросты	Возраст, лет						
	20	30	40	50	60	70	80
$\Delta D_{1.3}$, (см)	0,44	0,36	0,32	0,31	0,30	0,30	0,30
$\Delta 2T_{1.3}$, (см)	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
$\Delta 2T_{1.3\text{от.}}$, (%)	6,4	6,5	6,8	7,1	7,6	8,2	9,0

Таким образом, можно утверждать, что доля среднего прироста коры в среднем приросте диаметра достаточно значима и достигает 9 %.

6.5.3 Особенности формирования коры у деревьев березы на относительных долях высоты ствола

Для установления особенностей формирования коры на отдельных участках стволов березы повислой, были использованы данные замеров диаметров и двойной толщины коры на относительных долях высоты стволов.

Для этой цели использовались сечения: 0 – на основании ствола и на 0.1; 0.25; 0.5; 0.75 высоты стволов.

Оказалось, что зависимость двойной толщины коры от среднего диаметра на высоте 1.3 м на отдельных частях ствола, выражается линейным уравнением:

$$y = a + bx \quad (6.15)$$

В таблице 6.8 приведены коэффициенты уравнений.

Таблица 6.8 – Коэффициенты уравнений и показатели их адекватности

Относительная высота ствола	Коэффициенты уравнения		Коэффициент детерминации (R^2)	Стандартная ошибка (S)
	a	b		
0	0,047	0,117	0,99	0,23
0.1	0,174	0,071	0,99	0,09
0.25	0,057	0,055	0,99	0,11
0.5	-0,058	0,052	0,96	0,18
0.75	-0,080	0,036	0,88	0,22

На рисунке 6.12 показаны средние размеры двойной толщины коры на различных участках стволов у деревьев входящих в различные ступени толщины.

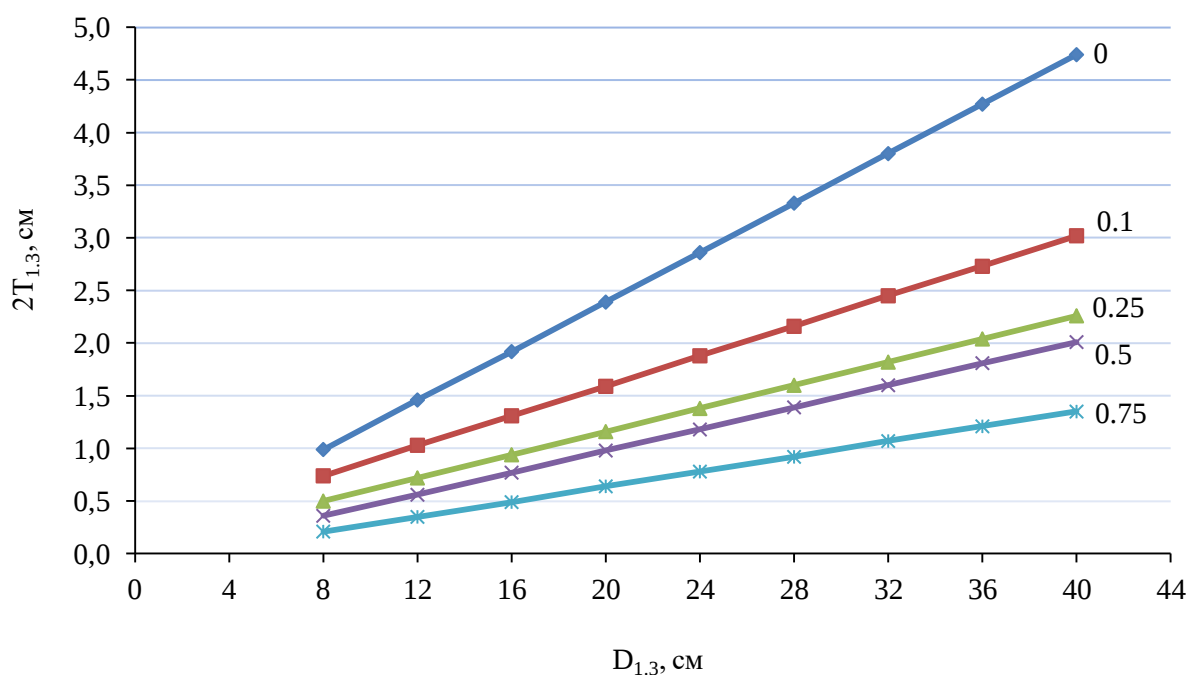


Рисунок 6.12 – Средние размеры двойной толщины коры березы на относительных высотах

Полученные уравнения позволили построить вспомогательную таблицу для установления средних размеров коры у деревьев березы на различных частях стволов (таблица 6.9).

Таблица 6.9 – Двойная толщина коры у стволов березы (см)

Степень толщины, см	Относительная высота				
	0	0.1	0.25	0.5	0.75
8	1,0	0,7	0,5	0,4	0,2
12	1,5	1,0	0,7	0,6	0,4
16	1,9	1,3	0,9	0,8	0,5
20	2,4	1,6	1,2	1,0	0,6
24	2,9	1,9	1,4	1,2	0,8
28	3,3	2,2	1,6	1,4	0,9
32	3,8	2,5	1,8	1,6	1,1
36	4,3	2,7	2,0	1,8	1,2
40	4,7	3,0	2,3	2,0	1,4

Далее был осуществлен переход на относительные величины. За базовый показатель была принята толщина коры на сечении 0.1 высоты ствола. Величина двойной толщины коры на остальных относительных высотах выражалась как доля от этой величины (таблица 6.10).

Таблица 6.10 – Статистические характеристики рядов относительных величин двойной толщины коры (%)

Статистические показатели	Относительная двойная толщина коры				
	0	0.1	0.25	0.5	0.75
Среднее значение	180,79	100,0	76,92	66,49	47,01
Стандартная ошибка	0,04	-	0,02	0,02	0,01
Медиана	160,00	-	74,17	61,54	40,00
Мода	100,00	-	100,00	50,00	50,00
Стандартное отклонение	0,80	-	0,27	0,23	0,16
Дисперсия	0,64	-	0,07	0,05	0,03
Экссесс	3,05	-	1,04	1,89	2,50

Окончание таблицы 6.10

Асимметричность	1,34	-	0,57	1,00	0,84
Коэффициент варьирования, (W, %)	44,2	-	35,1	34,8	34,0
Точность опыта, (Р, %)	2,2	-	2,6	3,0	2,1

Из содержания таблицы 6.10 можно заключить, что относительные величины двойной толщины коры у деревьев березы, на различных участках ствола, характеризуются высокой изменчивостью. Тем не менее, показатели точности опыта говорят о достаточной достоверности полученных средних величин.

Далее для сопоставления полученных данных были использованы таблицы объема и сбег А.В. Тюрина [108]. Их содержание позволило рассчитать относительные величины толщины коры.

Однако оказалось, что эти характеристики имеют значительные различия для деревьев отдельных разрядов высот. Так в ряде относительной толщины коры на доли высоты ствола 0.25 значения относительной толщины коры изменяются от 60,0 до 77,8 % (при $W = 8,2$ %); на высоте 0.5 от 37,5 до 56,0 % (при $W = 15,3$ %); на высоте 0.75 от 20,8 до 36,0 % ($W = 18,7$ %).

На рисунке 6.13 показано соотношение полученных показателей относительной двойной толщины коры, с данными, рассчитанными по таблицам объема и сбег А.В. Тюрина [108].

Таким образом, можно констатировать, что формирование коры у деревьев березы в Красноярско-Ачинско-Канском лесостепном районе имеет свои региональные особенности.

Если на первой трети высоты ствола полученные данные практически совпали с данными А.В. Тюрина [108], то на остальной части величина относительной толщины коры превышает значения, рассчитанные для березняков европейской части страны.

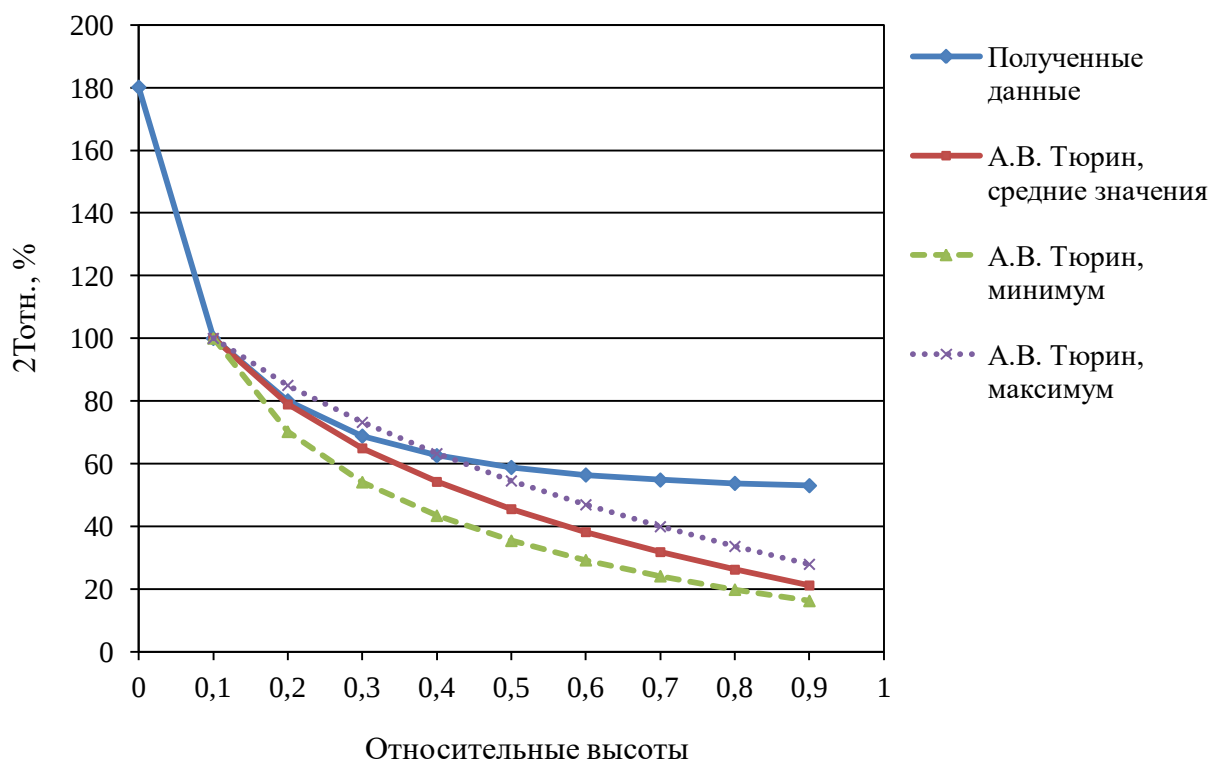


Рисунок 6.13 – Сопоставление величин полученных данных относительной двойной толщины коры с данными А.В. Тюрин

6.5.4 Оценка степени влияния коры на определение объемов деловых сортиментов

В работе В.Ф. Лебкова, Н.Ф. Каплиной [69] отмечается, что форма древесного ствола в коре определяет только объем ствола, в то время как форма ствола без коры, наряду с объемом, определяет и его сортиментную структуру. Авторы определяют форму ствола без коры как функцию, с одной стороны, формы ствола в коре, с другой – параметров древесной коры.

Иными словами можно сказать, что форма ствола без коры, по сути, определяет выход деловой древесины, учет, которой согласно ГОСТ 9462-88 [1] ведется без коры. Причем, как правило, у толстокорых пород, таких как лиственница, сосна стволы без коры имеют значительно большую полндревесность по сравнению со стволами в коре.

Большая полндревесность стволов без коры обуславливает перераспределение относительной доли различных сортиментов в общем объеме ствола. Все это достаточно наглядно иллюстрирует анализ влияния параметров древесной коры на форму ствола у толстокорых пород [29, 41, 69, 123 и т. п.].

Однако береза является тонкокорой породой и встает вопрос о значимости влияния коры на полндревесность стволов, а, следовательно, и на определение объема деловых сортиментов.

Для решения этой задачи был произведен расчет показателей формы (q_0 ; q_1 ; q_2 ; q_3) и полндревесности (f) стволов березы. Полученные ряды данных были обработаны статистически. Результаты этой обработки приведены в таблицах 6.11 и 6.12.

Таблица 6.11 – Статистические показатели рядов коэффициентов формы и старого видового числа березовых древостоев в коре

Статистические показатели	Коэффициенты формы				Видовое число (f)
	q_0	q_1	q_2	q_3	
Среднее	1,24	0,82	0,62	0,40	0,45
Стандартная ошибка	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Медиана	1,25	0,84	0,63	0,39	0,45
Мода	1,25	0,83	0,61	0,50	0,46
Стандартное отклонение	0,15	0,07	0,07	0,11	0,06
Дисперсия выборки	0,02	0,01	0,01	0,01	0,004
Эксцесс	5,26	1,10	0,92	-0,37	0,68
Асимметричность	1,75	-0,67	-0,45	0,38	0,52
Интервал	0,93	0,44	0,43	0,51	0,32
Минимум	1,00	0,54	0,37	0,18	0,33
Максимум	1,93	0,98	0,80	0,69	0,65
Уровень надежности (95,0%)	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01
Коэффициент варьирования, %	11,7	8,9	11,5	27,2	14,5
Точность опыта, %	1,0	0,7	0,9	2,3	1,2

Таблица 6.12 – Статистические показатели рядов коэффициентов формы и старого видового числа березовых древостоев без коры

Статистические показатели	Коэффициенты формы				Видовое число (f)
	q ₀	q ₁	q ₂	q ₃	
Среднее	1,18	0,81	0,61	0,37	0,45
Стандартная ошибка	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Медиана	1,20	0,85	0,64	0,39	0,45
Мода	1,19	0,84	0,62	0,50	0,45
Стандартное отклонение	0,09	0,07	0,07	0,11	0,06
Дисперсия выборки	0,01	0,01	0,01	0,01	0,004
Эксцесс	-0,33	1,74	0,96	-0,56	-0,09
Асимметричность	0,28	-0,74	-0,45	0,32	0,21
Интервал	0,41	0,47	0,47	0,50	0,29
Минимум	1,03	0,52	0,36	0,18	0,31
Максимум	1,44	0,99	0,83	0,68	0,61
Уровень надежности (95,0%)	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01
Коэффициент варьирования, %	7,8	9,2	12,1	30,5	13,3
Точность опыта, %	0,8	0,8	1,0	2,6	1,2

Оказалось, что средние характеристики формы стволов различаются на относительно небольшую величину.

Корреляционный анализ (приложение Д) показал на наличие закономерных зависимостей между показателями формы и таксационными характеристиками стволов березы.

Связь величины коэффициентов формы с диаметрами стволов в коре и без коры иллюстрируют графики, приведенные в приложении Е.

Для коэффициентов формы q₂ получены уравнения связи с диаметром на высоте ствола 1.3 м в коре и без коры:

$$q_2 = a + bD_{1.3}, \quad (6.16)$$

где q_2 – коэффициент формы;

$D_{1.3}$ – диаметр ствола на высоте ствола 1.3 м, см.

В таблице 6.13 приведены коэффициенты уравнений.

Таблица 6.13 – Коэффициенты уравнений и показатели их адекватности

Коэффициент формы (q_2)	Коэффициенты уравнения		Коэффициент детерминации (R^2)	Стандартная ошибка (S)
	a	b		
В коре	0,715	-0,004	0,99	0,01
Без коры	0,684	-0,004	0,99	0,01

Далее была проведена оценка степени достоверности различия средних величин коэффициентов. Для этой цели был использован t-критерий Стьюдента (таблица 6.14).

Таблица 6.14 – Значения t-критерия Стьюдента при уровне значимости 0,05

	q_0	q_1	q_2	q_3	f
t-критерий	1,06	0,71	0,89	0,83	1,41

Он показал, что различия средних величин, характеризующих форму ствола статистически не значимы. Таким образом, можно заключить, что влияние коры у деревьев березы не существенно. От него не зависит точность определения объема деловых сортиментов и им можно пренебречь.

6.5.5 Формирование коры у маломерных стволов березы

6.5.5.1 Относительный объем коры

Таксация маломерных стволов имеет свои особенности, одной из которых является то, что не у всех стволов, возможно, определить уровень 1.3 м, так как они имеют небольшую высоту. У некоторых стволов половина высоты лежит

ниже 1.3 м, следовательно, такой показатель формы ствола как q_2 теряет свой смысл.

Для характеристики формы маломерных стволов за базовый диаметр использовалась не жестко «привязанная» величина (1.3 м), а диаметр на относительной высоте (0.1Н).

Для молодняков березы первоначально был рассчитан относительный объем коры. На рисунке 6.14 приведены средние величины объема коры в процентах от объема ствола у маломерных стволов березы по двухсантиметровым ступеням толщины.

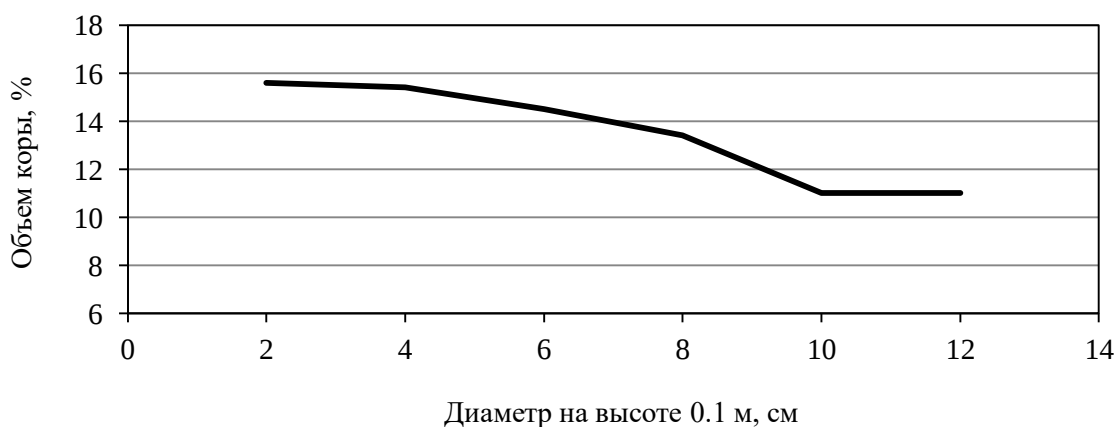


Рисунок 6.14 – Относительный объем коры маломерных стволов березы

При анализе графика, можно заключить, что с увеличением диаметра ствола на высоте 0.1 м процент коры постепенно снижается и в среднем составляет 13 %.

6.5.5.2 Связь двойной толщины коры с диаметром на высоте 0.1 м в коре

На основе данных 5 пробных площадей, заложенных в Красноярско-Ачинско-Канском лесостепном районе, было получено линейное уравнение:

$$2T_{0.1} = 0,235 + 0,091D_{0.1 \text{ в.к.}}, \quad (6.17)$$

где $2T_{0.1}$ – двойная толщина коры на высоте 0.1 м, см;

$D_{0.1 \text{ в.к.}}$ – диаметр ствола на высоте 0.1 м в коре, см.

Адекватность уравнения отображается коэффициентом детерминации (R^2) равным 0,64 и стандартной ошибкой (S) – 0,30. Рисунок 6.15 иллюстрирует полученную модель. Уравнение (6.17) очень близко уравнению (6.11), однако в нем используется не диаметр на высоте 1.3 м, а диаметр на 0.1 высоты ствола.

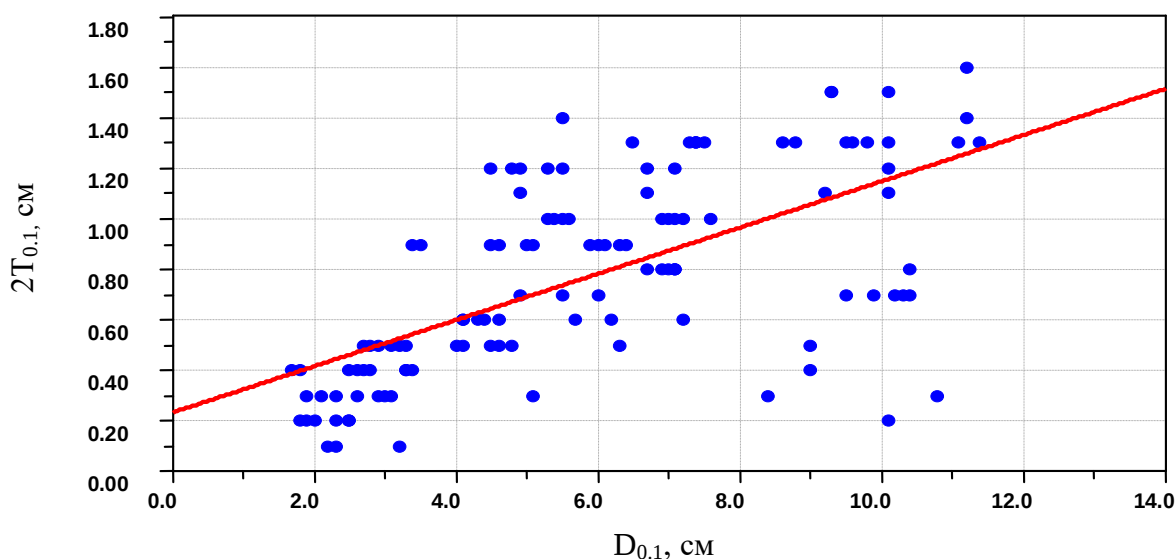


Рисунок 6.15 – Связь двойной толщины коры с диаметром ствола на высоте 0.1 м

В результате табуляции полученного уравнения были вычислены средние размеры двойной толщины коры (таблица 6.15). Уравнение (6.17) может быть применено при построении региональных таксационных нормативов.

Таблица 6.15 – Средние размеры двойной толщины коры ($2T_{0.1}$, см) маломерных стволов березы по ступеням толщины

Таксационный показатель	Степень толщины, см					
D _{0.1} , см	2	4	6	8	10	12
2T _{0.1} , см	0,4	0,6	0,8	1,0	1,1	1,3

6.5.5.3 Динамика двойной толщины коры маломерных стволов березы

Динамика двойной толщины коры на высоте ствола 0.1 м с достаточной степенью адекватности – коэффициент детерминации (R^2) = 0,49 при стандартной ошибке (S) – 0,34 отображается уравнением вида:

$$2T_{0.1} = 0,394 * 1,056^A, \quad (4.18)$$

где $2T_{0.1}$ – двойная толщина коры на высоте ствола 0.1 м, см;

A – возраст дерева, лет.

Рисунок 6.16 иллюстрирует динамику двойной толщины коры.

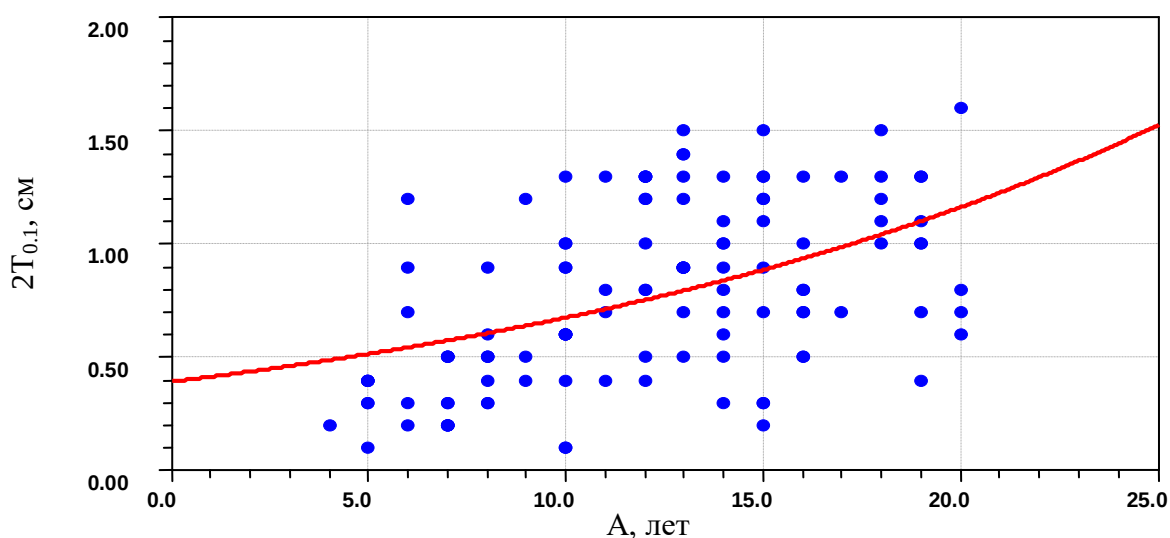


Рисунок 6.16 – Динамика двойной толщины коры ($2T_{0.1}$, см) у маломерных стволов березы

По аналогии с расчетами, проведенными для крупномерных стволов березы, также для маломерных стволов березы был вычислен средний относительный прирост коры ($\Delta 2T_{0.1}$, %).

Результаты расчетов приведены в таблице 6.16.

Из анализа таблицы 6.16, следует, что доля среднего прироста коры значима и в возрасте 15 лет достигает 6,3 %.

Таблица 6.16 – Динамика среднего относительного прироста коры для маломерных стволов березы на высоте ствола 0,1 м

Средние приросты	Возраст, лет		
	5	10	15
$\Delta D_{0.1}$, (см)	0,95	0,75	0,54
$\Delta 2T_{0.1}$, (см)	0,06	0,05	0,03
$\Delta 2T_{0.1 \text{от.}}$, (%)	5,9	6,1	6,3

6.5.5.4 Особенности формирования коры у маломерных стволов березы на относительных долях высоты ствола

Для установления особенностей формирования коры на отдельных частях маломерных стволов березы, были использованы данные диаметров и двойной толщины коры на относительных долях высоты стволов: 0 – на основании ствола и на 0.1; 0.25; 0.5; 0.75 высоты ствола.

Зависимость двойной толщины коры от среднего диаметра на высоте ствола 0.1 м на отдельных частях ствола, выражается линейным уравнением:

$$y = a + bx \quad (6.19)$$

В таблице 6.17 приведены коэффициенты уравнений.

Таблица 6.17 – Коэффициенты уравнений и показатели их адекватности

Относительная высота ствола	Коэффициенты уравнения		Коэффициент детерминации (R^2)	Стандартная ошибка (S)
	a	b		
0	0,628	0,174	0,98	0,14
0.1	0,096	0,149	0,97	0,16
0.25	0,135	0,033	0,97	0,03
0.5	0,110	0,029	0,94	0,04
0.75	0,086	0,027	0,99	0,02

На рисунке 6.17 показаны средние размеры двойной толщины коры на различных участках маломерных стволов березы по ступеням толщины.

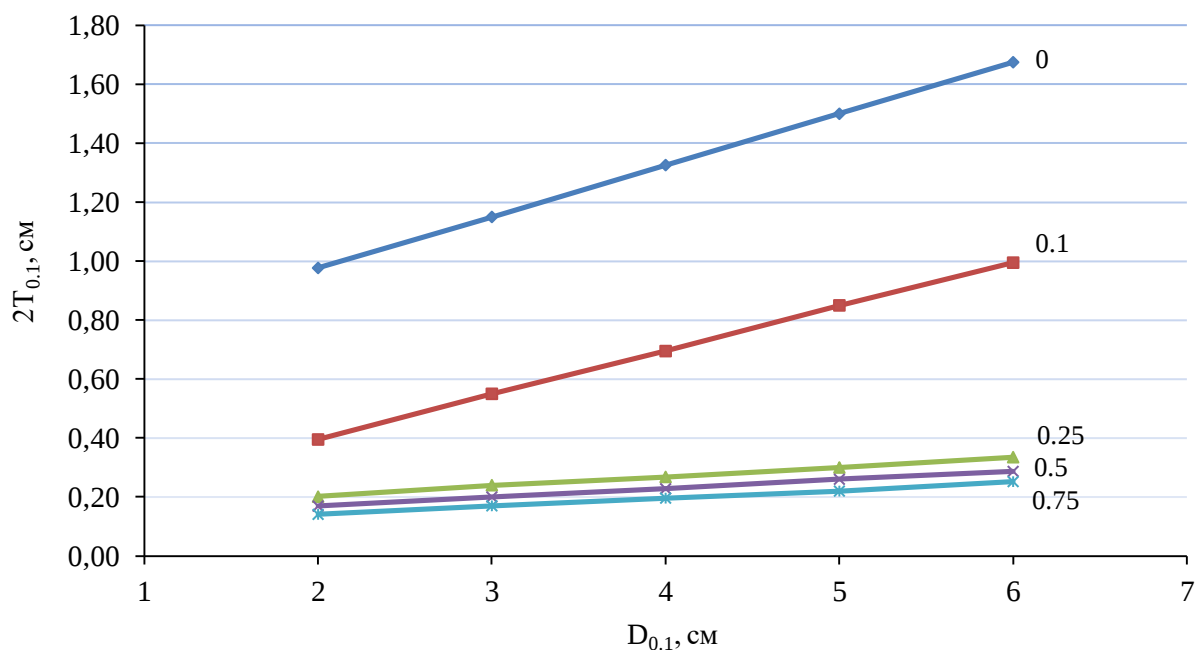


Рисунок 6.17 – Средние размеры двойной толщины коры березы на относительных высотах

В результате применения полученных уравнений была построена вспомогательная таблица для установления средних размеров коры у маломерных деревьев березы на отдельных частях стволов (таблица 6.18).

Таблица 6.18 – Двойная толщина коры у маломерных стволов березы (см)

Ступень толщины на 0.1 высоты, см	Относительная высота				
	0	0.1	0.25	0.5	0.75
2	0,98	0,40	0,20	0,17	0,14
3	1,15	0,50	0,24	0,20	0,17
4	1,33	0,60	0,27	0,23	0,20
5	1,50	0,70	0,30	0,26	0,22
6	1,68	0,80	0,34	0,29	0,25

Затем был осуществлен переход на относительные величины. За базовый показатель была принята толщина коры на сечении 0.1 высоты ствола. Величина двойной толщины выражалась как доля от этой величины.

В таблице 6.19 представлены средние величины относительной двойной толщины коры по ступеням толщины ($D_{0.1}$).

Таблица 6.19 – Относительная двойная толщина коры ($2T_{от.}$), маломерные стволы березы

Ступень толщины на 0.1 высоты, см	Относительная высота ствола									
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
2	106,2	100,0	39,9	32,3	30,4	29,8	28,7	27,9	26,9	26,0
3	140,5	100,0	56,9	45,7	44,3	42,3	39,4	39,2	35,4	29,7
4	117,9	100,0	49,5	31,6	31,4	30,9	28,6	28,3	25,3	25,2
5	170,8	100,0	75,7	67,6	60,5	56,8	51,7	51,5	45,0	37,9
6	151,7	100,0	62,7	57,9	53,1	47,7	46,8	46,6	40,5	35,6

Далее были вычислены основные статистические показатели (таблица 6.20).

Таблица 6.20 – Статистические характеристики рядов относительных величин двойной толщины коры (%), маломерные стволы березы

Статистические показатели	Относительная двойная толщина коры по относительным высотам									
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
Среднее	137,4	100,0	56,9	47,0	44,0	41,5	39,0	38,7	34,6	30,9
Стандартная ошибка	0,04	-	0,06	0,01	0,03	0,06	0,09	0,07	0,03	0,02
Медиана	140,70	-	58,12	46,85	45,54	42,48	41,09	39,42	34,10	31,12

Окончание таблицы 6.20

Мода	100,00	-	100,00	100,00	50,00	50,00	50,00	25,00	20,00	20,00
Стандартное отклонение	0,49	-	0,81	0,11	0,23	0,80	0,98	0,93	0,14	0,12
Дисперсия выборки	0,24	-	0,65	0,01	0,05	0,64	0,95	0,86	0,02	0,01
Эксцесс	-2,03	-	-0,65	-1,55	-1,55	-0,95	-1,71	-1,02	-0,86	-2,49
Асимметричность	-0,35	-	-0,30	0,21	0,00	0,23	-0,11	0,11	0,38	-0,09
Коэффициент варьирования, (W, %)	45,1	-	43,5	41,6	37,9	31,9	30,8	29,3	25,7	24,4
Точность опыта, (P, %)	2,2	-	2,9	1,1	1,9	2,6	3,8	3,2	1,4	1,2

Проанализировав содержание таблицы 6.20 можно утверждать, что относительные величины двойной толщины коры у маломерных стволов березы, на отдельных частях ствола, характеризуются высокой изменчивостью. Однако показатели точности опыта говорят о достаточной достоверности полученных средних величин.

На рисунке 6.18 показано распределение средних величин относительной двойной толщины коры по относительным высотам ствола.

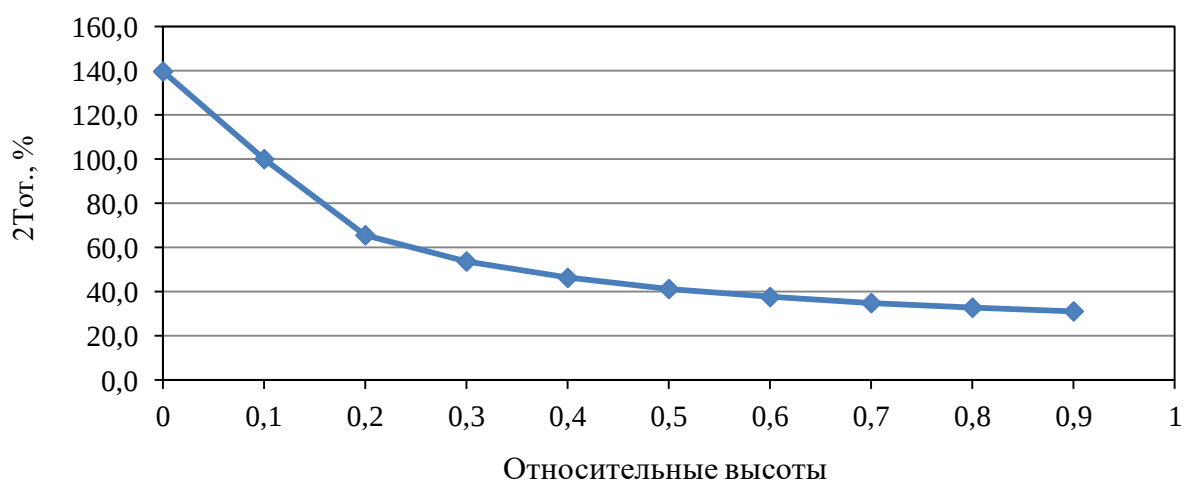


Рисунок 6.18 – Средние величины относительной двойной толщины коры для маломерных стволов березы

В результате, по содержанию раздела, можно сделать следующие выводы:

- рассмотренные особенности показателей формы стволов березы (H_f , D_f , g_f) могут быть использованы при построении нормативных таксационных таблиц для оценки лесосечного и лесного фондов;
- упрощенные формулы для определения объемов стволов растущих деревьев березы могут быть использованы в практике глазомерной таксации;
- полученные уравнения связи двойной толщины коры ($2T$) с диаметрами: на высоте ствола 1.3 м для крупномерных стволов, и на высоте ствола 0.1 м для маломмерных стволов, могут быть применены для практического использования при построении таксационных нормативов для березняков лесостепной зоны Средней Сибири;
- при анализе динамики двойной толщины коры было установлено, что средний прирост коры составляет от 6 до 9 % среднего прироста по диаметру;
- при сравнении средних величин относительной двойной толщины коры, с данными А.В. Тюрина, были выявлены различия. В связи с этим можно утверждать, что в формировании коры у стволов березы в районе исследования имеются свои особенности;
- установлено, что кора не оказывает значимого влияния на точность определения объемов деловых сортиментов, полученных из стволов березы.

7 НОРМАТИВЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОБЪЕМОВ СТВОЛОВ И ЗАПАСОВ ДРЕВОСТОЕВ

7.1 Таблицы объема и сбега

Для построения таблиц объема и сбега были рассчитаны числа сбега по методике В.К. Захарова [46]. Методика заключается в следующем: древесный ствол делится на десять одинаковых по длине секций, равных $0.1H$; далее измеряется диаметр ствола, в верхнем отрубе каждой секции, т.е. на относительных высотах – $0-0.1-0.2-...-0.9$. При обработке полученных данных диаметры ствола на $0.1H$ принимаются за 100 %, а диаметры на остальных относительных высотах выражаются в процентах от диаметра на $0.1H$.

В результате проведенных исследований В.К. Захаров [46] выдвинул гипотезу о единстве средней формы отдельных древесных стволов, выраженной в относительных величинах, суть, которой состоит в том, что у стволов одной древесной породы, но разных размеров относительные диаметры на одинаковой относительной высоте стволов одинаковы.

Относительные диаметры или числа сбега не зависят от высоты дерева и его диаметра на высоте ствола 1.3 м, а также от условий местопроизрастания и носят стабильный характер. При дальнейших исследованиях установлено, что гипотеза не вполне соответствует действительности, однако во многом справедлива.

В результате обработки модельных деревьев (таблица 7.1) оказалось, что вычисленные числа сбега (с высокой точностью: процент коэффициента точности опыта лежит в пределах 0,5-2,8 %) достаточно близки к числам сбега по В.К. Захарову [46].

Сопоставление экспериментальных данных района исследования с данными полученными В.К. Захаровым (рисунок 7.1), не выявило значительных отличий. Графики близки, однако на относительных высотах 0, 0.7-0.9 наблюдаются отклонения.

Таблица 7.1 – Статистические характеристики рядов чисел сбега березовых древостоев (%), крупномерные стволы

Статистические показатели	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
Среднее	163,3	100,0	90,0	82,0	73,9	65,2	56,2	45,6	32,0	16,8
Стандартная ошибка	1,34	-	0,46	0,54	0,54	0,57	0,63	0,61	0,74	0,48
Медиана	158,2	-	91,3	83,1	74,6	65,6	57,0	46,6	32,4	15,1
Мода	172,9	-	92,1	84,0	76,3	63,0	50,0	41,6	26,9	12,8
Стандартное отклонение	15,3	-	5,2	6,2	6,2	6,5	7,2	7,0	8,4	5,5
Дисперсия выборки	234,1	-	27,4	38,4	38,4	42,1	52,1	48,7	71,2	29,8
Экцесс	4,1	-	1,6	1,4	0,5	0,8	1,3	-0,1	-0,8	3,5
Асимметричность	1,6	-	-0,6	-0,9	-0,6	-0,6	-0,4	-0,6	0,002	1,6
Интервал	92,9	-	35,9	35,6	34,4	34,6	45,7	31,8	37,9	34,0
Минимум	101,5	-	71,6	58,6	53,3	44,6	35,9	27,3	13,6	7,5
Максимум	194,4	-	107,5	94,2	87,7	79,2	81,6	59,2	51,6	41,4
Уровень надежности (95,0 %)	2,7	-	0,9	1,1	1,1	1,1	1,3	1,2	1,5	0,9
Коэффициент варьирования, %	11,6	-	5,8	7,6	8,4	9,9	12,8	15,3	26,4	32,5
Точность опыта, %	1,0	-	0,5	0,7	0,7	0,9	1,1	1,3	2,3	2,8

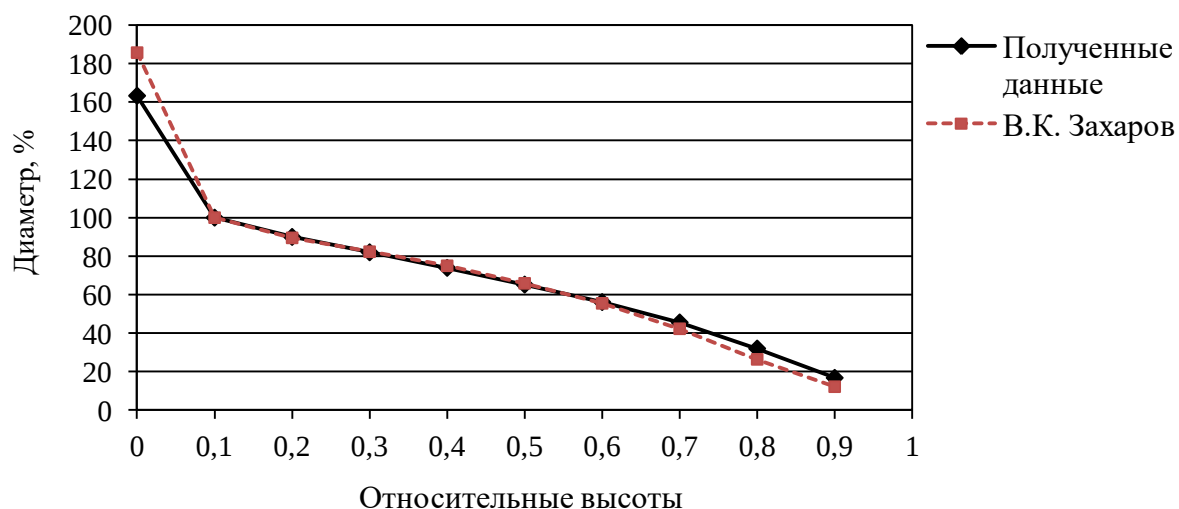


Рисунок 7.1 – Сравнение полученных данных с данными В.К. Захарова

Для маломерных стволов древостоев березы также были рассчитаны числа сбега (таблица 7.2).

Таблица 7.2 – Статистические характеристики рядов чисел сбега березовых древостоев (%), маломерные стволы

Статистические показатели	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
Среднее	143,4	100,0	74,2	65,9	60,5	53,9	47,4	41,1	33,7	23,7
Стандартная ошибка	2,04	-	0,68	0,65	0,62	0,65	0,69	0,68	0,67	0,60
Медиана	137,7	-	73,0	65,3	60,0	52,9	47,1	40,0	33,3	22,7
Мода	141,8	-	80,0	57,7	60,0	50,0	50,0	40,0	35,3	20,0
Стандартное отклонение	22,8	-	7,6	7,2	6,9	7,2	7,7	7,6	7,5	6,7
Дисперсия выборки	519,1	-	58,4	52,4	47,7	52,0	59,6	58,3	56,8	45,1
Экссесс	1,3	-	-0,5	1,0	0,9	1,7	0,7	1,6	1,7	2,2
Асимметричность	1,2	-	0,4	0,8	0,8	1,0	0,6	0,9	0,7	0,8
Интервал	110,6	-	34,0	37,0	35,5	39,5	41,7	45,9	46,7	45,8
Минимум	113,0	-	59,7	53,6	48,8	41,8	33,3	25,9	18,9	7,4
Максимум	223,5	-	93,8	90,6	84,4	81,3	75,0	71,9	65,6	53,1
Уровень надежности (95,0 %)	4,0	-	1,4	1,3	1,2	1,3	1,4	1,4	1,3	1,2
Коэффициент варьирования, %	15,9	-	10,3	11,0	11,4	13,4	16,3	18,6	22,4	28,4
Точность опыта, %	1,4	-	0,9	1,0	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0	2,5

Здесь наблюдаются отклонения, достигающие значительной разницы в процентах для относительных высот 0.2-0.5.

Рисунок 7.2 иллюстрирует распределение чисел сбега по относительным высотам для крупномерных и маломерных стволов березы.

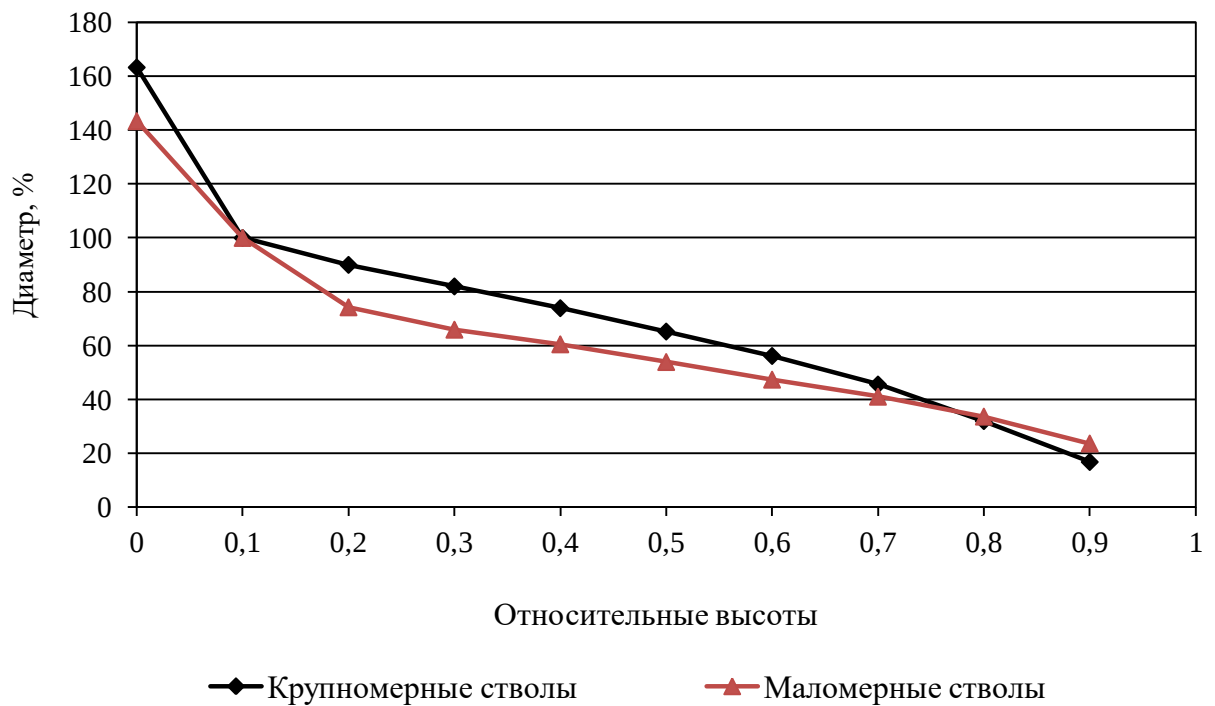


Рисунок 7.2 – Относительные диаметры березы на относительных высотах

Таким образом, можно судить о характере динамики формы стволов березы в районе исследования.

Далее при построении таблиц объема и сбега был применен принцип разрядности. Для построения разрядной шкалы были использованы соотношения средних диаметров и средних высот – 596 таксационных выделов и 6 пробных площадей.

При этом были использованы методические разработки А.Г. Мошкалева [77] в соответствии с которыми разница в высотах соседних разрядов высот при одних и тех же ступенях толщины должна быть равна $9,0 \pm 0,5 \%$.

Первоначально был построен график (рисунок 7.3), характеризующий соотношение средних диаметров и средних высот в древостоях березы.

Следует отметить, что некоторое число таксационных выделов имеют одинаковые значения средних диаметров и средних высот, поэтому часть точек на графике совпали.

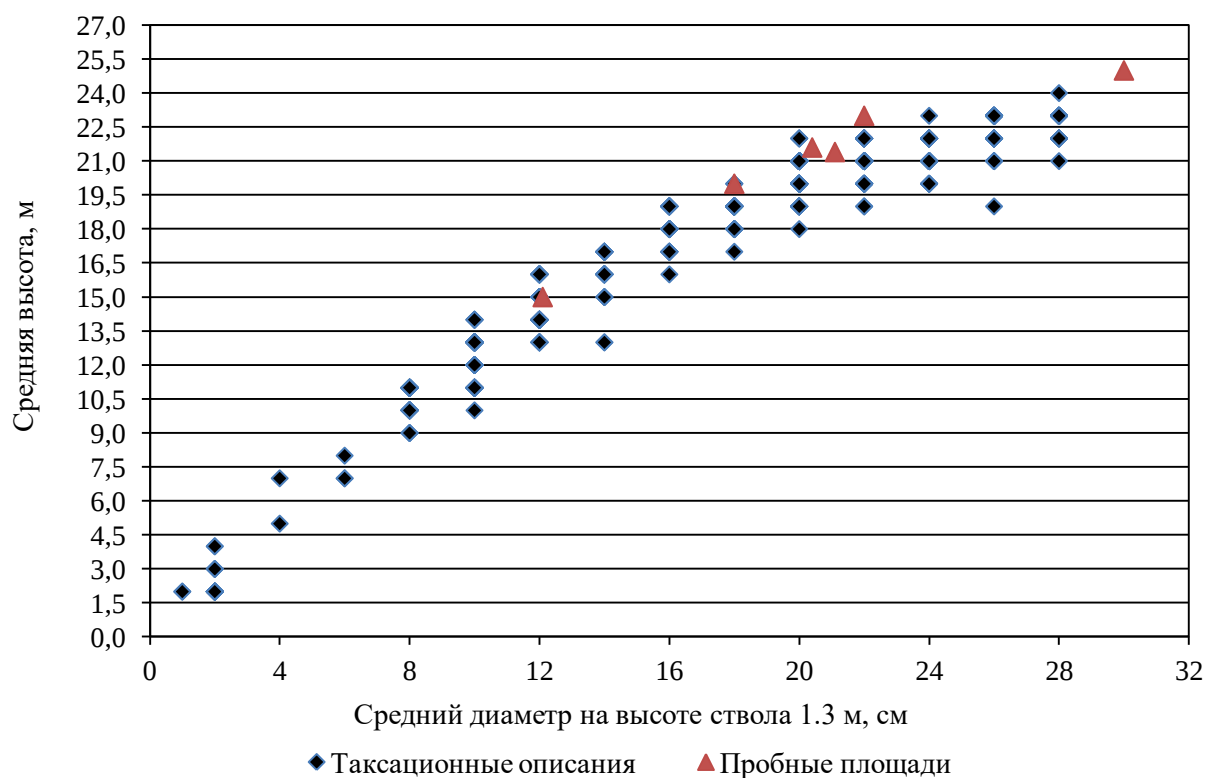


Рисунок 7.3 – Зависимость средних высот от среднего диаметра в древостоях березы

Границы поля были аппроксимированы по минимальным и максимальным значениям уравнением Вейбулла:

$$y = a - b * \exp^{-cx^d} \quad (7.1)$$

Коэффициенты уравнений, и показатели их адекватности приведены в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Коэффициенты уравнения (7.1) и показатели их адекватности

Границы поля	Коэффициенты уравнения				Коэффициент детерминации (R^2)	Стандартная ошибка (S)
	a	b	c	d		
Максимальная	37,203	43,881	0,167	0,643	0,99	0,28
Минимальная	28,121	45,988	0,259	0,570	0,99	0,43

Далее поле было поделено на 3 разряда высот, середины разрядов высот отобразились также уравнением Вейбулла (7.1). Коэффициенты уравнений, и показатели их адекватности приведены в таблице 7.4.

Таблица 7.4 – Коэффициенты уравнения (7.1) и показатели их адекватности

Разряд высоты	Коэффициенты уравнения				Коэффициент детерминации (R^2)	Стандартная ошибка (S)
	a	b	c	d		
I	33,954	40,819	0,169	0,668	0,99	0,21
II	31,809	46,121	0,249	0,572	0,99	0,31
III	29,150	48,207	0,285	0,549	0,99	0,45

На основе полученных данных была построена таблица 7.5 отражающая пределы высот для стволов каждой ступени толщины по разрядам.

Таблица 7.5 – Пределы разрядов высот березовых древостоев

D _{1.3} , см	Высота, м; по разрядам высот		
	I	II	III
4	8,0 - 6,3	6,2 - 4,1	4,0 - 2,2
8	14,0 - 12,4	12,3 - 10,5	10,4 - 8,5
12	18,0 - 16,3	16,2 - 14,5	14,4 - 12,4
16	21,0 - 19,1	19,0 - 17,2	17,1 - 15,1
20	23,3 - 21,2	21,1 - 19,3	19,2 - 17,1
24	25,1 - 22,9	22,8 - 20,8	20,7 - 18,7
28	26,6 - 24,2	24,1 - 22,1	22,0 - 20,0

Рисунок 7.4 иллюстрирует распределение средних высот в зависимости от среднего диаметра в березовых древостоях по разрядам высот.

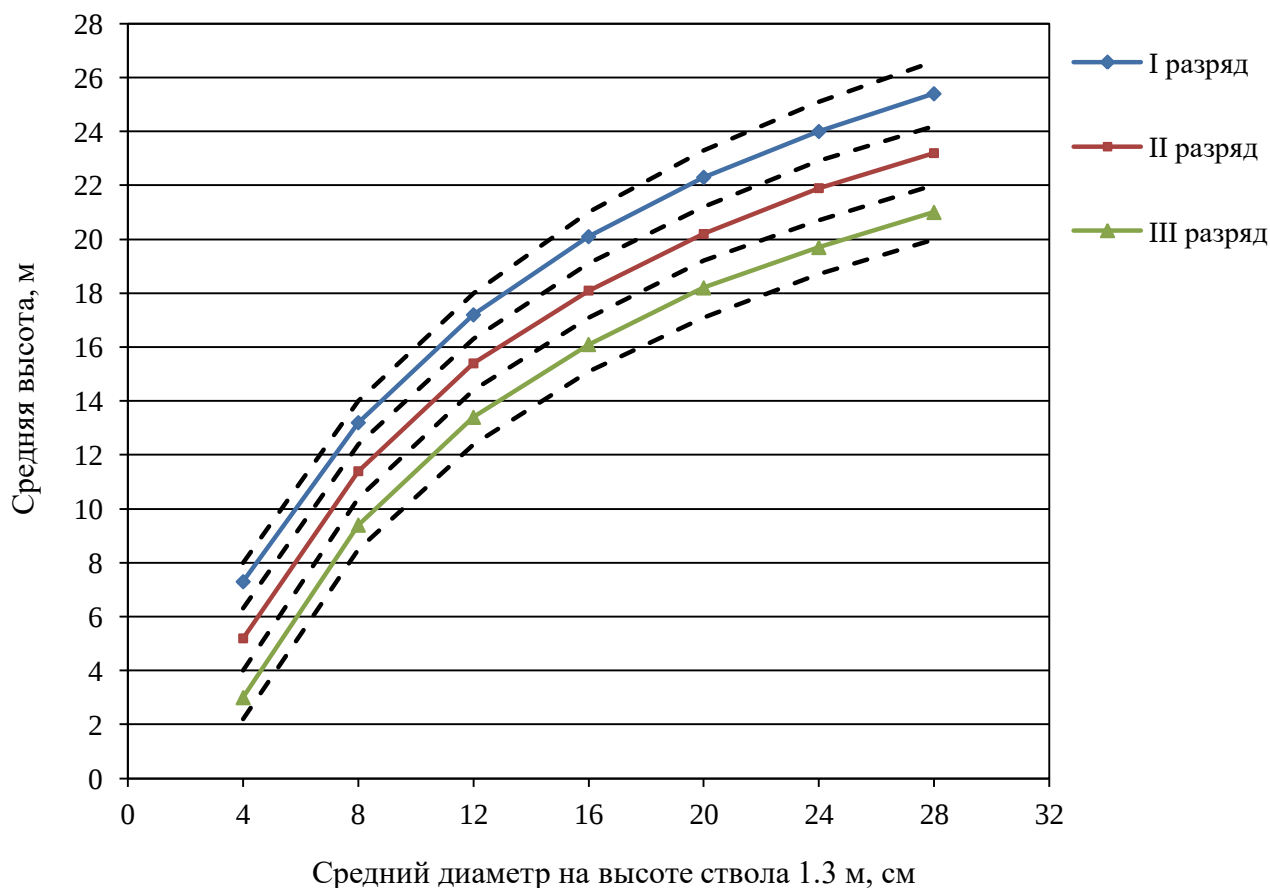


Рисунок 7.4 – Распределение по разрядам высот, в пределах границ разрядов

В результате для каждого разряда высоты была построена региональная таблица объема и сбega березовых древостоев (приложение Ж).

Далее полученные данные объемов стволов по таблице объема и сбega березовых древостоев были сопоставлены с объемной таблицей составленной Г.К. Субочевым [70] для березняков Средней Сибири, входящих в состав Восточно-Сибирского экономического района (рисунки 7.5-7.7).

Оказалось, что сравниваемые величины объемов стволов имеют различия. Так максимальная разница для I и II разрядов высот наблюдается на ступени толщины 20 см и составляет для I разряда высот – 7,6 %, для II – 13,2 %, при III разряде высот максимальная разница отмечается на ступени толщины 24 см и составляет 18,6 %.

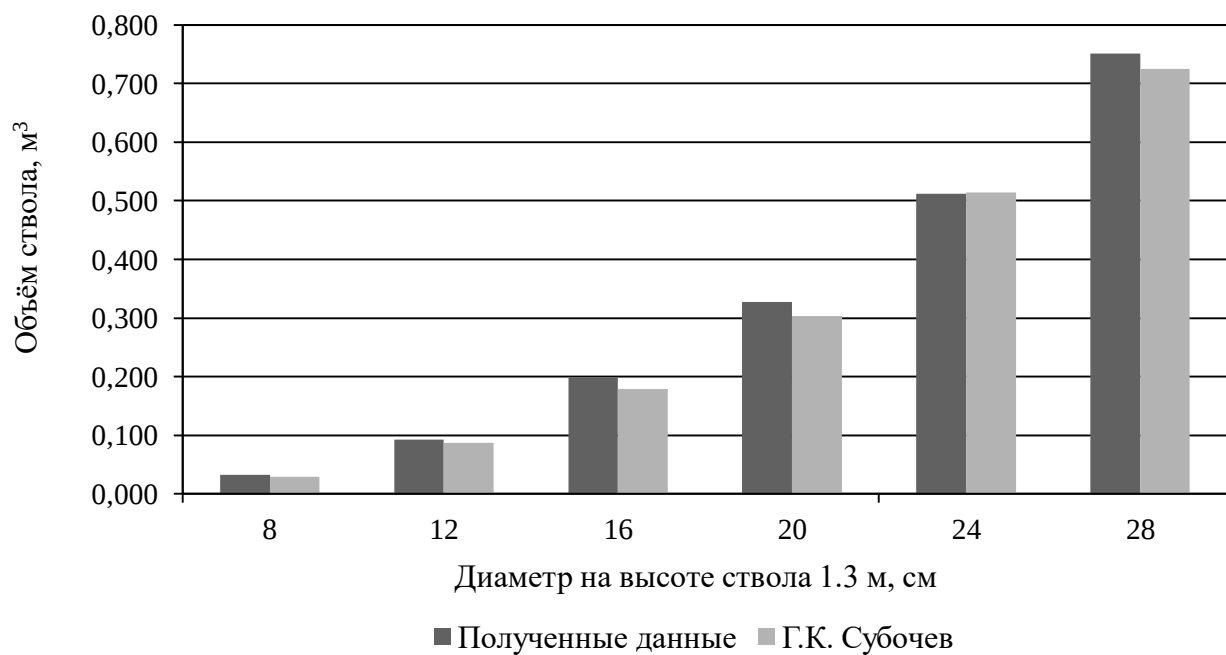


Рисунок 7.5 – Сравнение объемов стволов определенных по разным таблицам (I разряд)

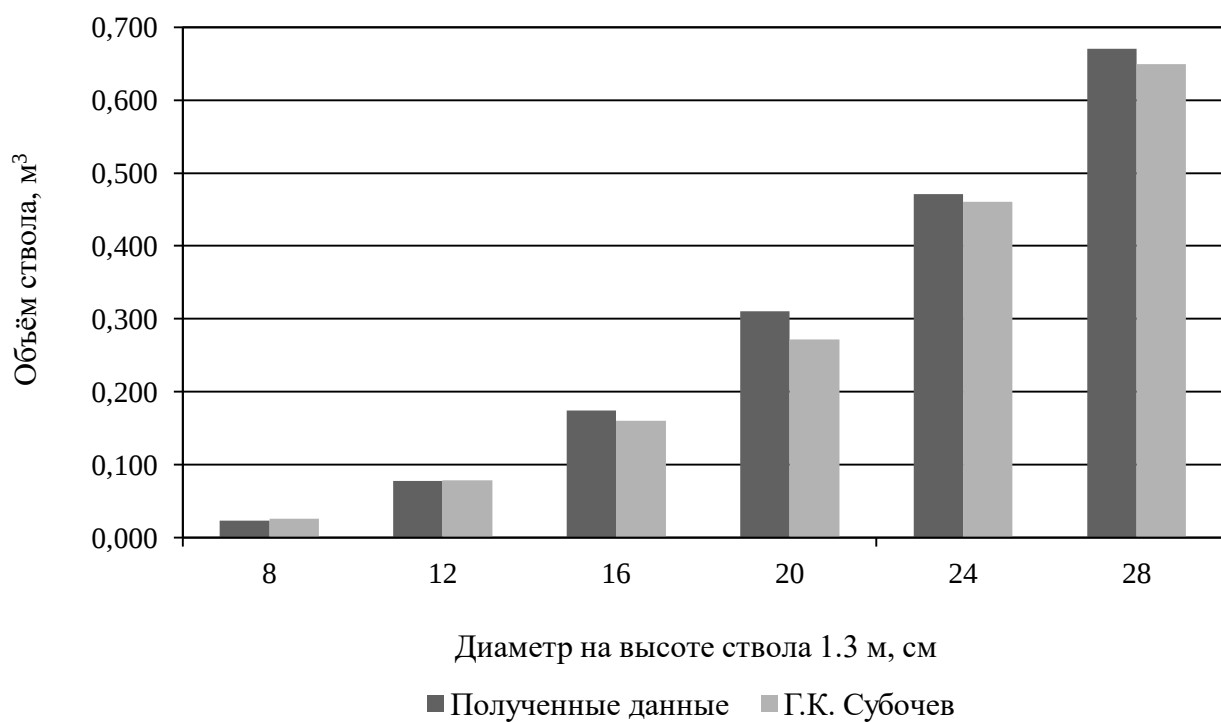


Рисунок 7.6 – Сравнение объемов стволов определенных по разным таблицам (II разряд)

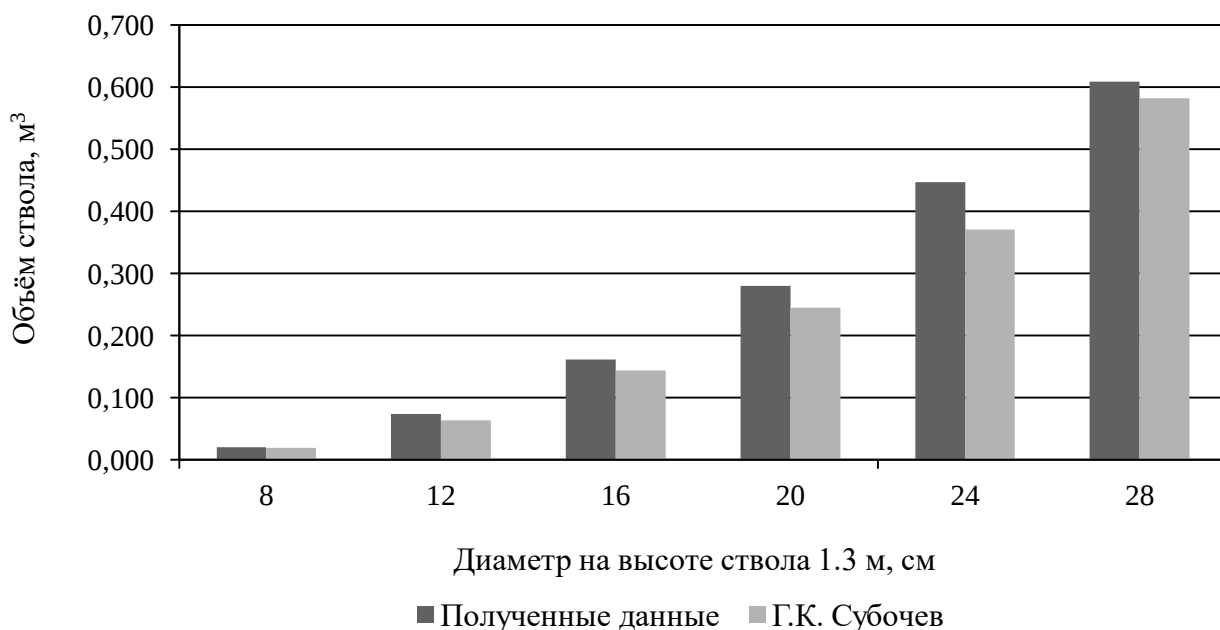


Рисунок 7.7 – Сравнение объемов стволов определенных по разным таблицам (III разряд)

7.2 Таблица выхода пилопродукции

Лесоматериалы круглые, как правило, являются сырьем для дальнейшей обработки и получения более ценных видов лесной продукции. Значительная доля лесоматериалов круглых (пиловочника) используется для выработки пиломатериалов. Пилопродукция из березы повислой широко востребована в мебельном, фанерном, катушечном и других производствах [12].

В настоящее время в отечественной лесной таксации используются сортиментные и товарные таблицы, ограничивающие конечный результат выходом круглых деловых сортиментов, а также дров и отходов. Однако в зарубежных изданиях [101, 133] и отечественной специальной литературе [65, 121, 122] описываются таблицы выхода пилопродукции, как из отдельных деревьев, так и из корневого запаса древостоев лиственницы.

В практике лесопиления при прогнозе и планировании выхода пилопродукции используются «Нормативы выхода обрезных пиломатериалов» [98]. Эти нормативы стандартизируют выход пилопродукции в зависимости от породы, категории крупности и сорта бревен пиловочного сырья.

Для построения таблиц выхода пилопродукции из деревьев березы на основании данных модельных деревьев был установлен возможный выход пиловочника из стволов различного диаметра.

Полученные данные были выровнены уравнением вида:

$$V_{\pi} = -140,383 + 10,452D_{1.3} / 1 - 0,131D_{1.3} + 0,007D_{1.3}^2 \quad (7.2)$$

При $R^2 = 0,97$ и $S = 2,56$.

Выход пиломатериалов из объема ствола соответствует математическим выражениям, приведенным в таблице 7.6.

Таблица 7.6 – Прогнозные модели выхода пилопродукции (%) из стволов березы повислой

Вид пилопродукции	Уравнение	Показатели адекватности	
		R^2	S
Общий выход пиломатериалов	$V_1 = -74,631 + 5,538D_{1.3} / 1 - 0,133D_{1.3} + 0,007D_{1.3}^2$	0,99	0,06
Выход пиломатериалов длиной более 1 м	$V_2 = -70,106 + 5,218D_{1.3} / 1 - 0,131D_{1.3} + 0,007D_{1.3}^2$	0,99	0,06
Выход пиломатериалов длиной 0,5...0,9 м	$V_3 = -0,566 + 0,043D_{1.3} / 1 - 0,104D_{1.3} + 0,003D_{1.3}^2$	0,99	0,03

Таблицы выхода пилопродукции из стволов березы повислой в m^3 приведены ниже (таблицы 7.7-7.9).

Таблицы выхода пилопродукции из стволов березы повислой в процентах от объема ствола в коре приведены в приложении И.

Таблица 7.7 – Выход пилопродукции из деловых стволов березы. I разряд

высот

Ступень толщины, см	Объем ствола, м ³	Вид продукции	Выход пилопродукции из деловой древесины, м ³			
			1 сорта	2 сорта	3 сорта	Итого
18	0,2585	V пиловочника	0,0459	0,0409	0,0396	0,1264
		V пиломатериалов	0,0258	0,0215	0,0177	0,0650
		Vп. длиной 1 м и более	0,0250	0,0208	0,0169	0,0627
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,0008	0,0007	0,0009	0,0023
20	0,3274	V пиловочника	0,0646	0,0575	0,0557	0,1778
		V пиломатериалов	0,0362	0,0303	0,0250	0,0915
		Vп. длиной 1 м и более	0,0351	0,0293	0,0237	0,0882
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,0011	0,0010	0,0012	0,0033
22	0,4137	V пиловочника	0,0837	0,0745	0,0722	0,2304
		V пиломатериалов	0,0470	0,0393	0,0323	0,1186
		Vп. длиной 1 м и более	0,0455	0,0380	0,0308	0,1143
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,0014	0,0013	0,0016	0,0043
24	0,5116	V пиловочника	0,1022	0,0910	0,0882	0,2814
		V пиломатериалов	0,0574	0,0479	0,0395	0,1448
		Vп. длиной 1 м и более	0,0556	0,0464	0,0376	0,1396
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,0017	0,0015	0,0019	0,0052
26	0,6270	V пиловочника	0,1212	0,1079	0,1045	0,3336
		V пиломатериалов	0,0680	0,0568	0,0468	0,1717
		Vп. длиной 1 м и более	0,0659	0,0550	0,0445	0,1655
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,0021	0,0018	0,0023	0,0062
28	0,7507	V пиловочника	0,1391	0,1238	0,1200	0,3829
		V пиломатериалов	0,0780	0,0652	0,0537	0,1970
		Vп. длиной 1 м и более	0,0757	0,0631	0,0511	0,1899
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,0024	0,0021	0,0026	0,0071

Таблица 7.8 – Выход пилопродукции из деловых стволов березы. II разряд
высот

Ступень толщины, см	Объем ствола, м ³	Вид продукции	Выход пилопродукции из деловой древесины, м ³			
			1 сорта	2 сорта	3 сорта	Итого
18	0,2367	V пиловочника	0,0421	0,0374	0,0363	0,1157
		V пиломатериалов	0,0236	0,0197	0,0162	0,0596
		Vп. длиной 1 м и более	0,0229	0,0191	0,0154	0,0574
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,0007	0,0006	0,0008	0,0021
20	0,3107	V пиловочника	0,0613	0,0545	0,0529	0,1687
		V пиломатериалов	0,0344	0,0287	0,0237	0,0868
		Vп. длиной 1 м и более	0,0333	0,0278	0,0225	0,0837
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,0010	0,0009	0,0012	0,0031
22	0,3850	V пиловочника	0,0779	0,0693	0,0672	0,2144
		V пиломатериалов	0,0437	0,0365	0,0301	0,1104
		Vп. длиной 1 м и более	0,0424	0,0354	0,0286	0,1064
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,0013	0,0012	0,0015	0,0040
24	0,4713	V пиловочника	0,0942	0,0838	0,0812	0,2592
		V пиломатериалов	0,0528	0,0442	0,0364	0,1334
		Vп. длиной 1 м и более	0,0512	0,0427	0,0346	0,1286
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,0016	0,0014	0,0018	0,0048
26	0,5672	V пиловочника	0,1096	0,0976	0,0945	0,3018
		V пиломатериалов	0,0615	0,0514	0,0424	0,1553
		Vп. длиной 1 м и более	0,0596	0,0498	0,0403	0,1497
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,0019	0,0017	0,0021	0,0056
28	0,6705	V пиловочника	0,1242	0,1106	0,1071	0,3420
		V пиломатериалов	0,0697	0,0583	0,0480	0,1760
		Vп. длиной 1 м и более	0,0676	0,0564	0,0456	0,1696
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,0021	0,0019	0,0024	0,0063

Таблица 7.9 – Выход пилопродукции из деловых стволов березы. III разряд
высот

Ступень толщины, см	Объем ствола, м ³	Вид продукции	Выход пилопродукции из деловой древесины, м ³			
			1 сорта	2 сорта	3 сорта	Итого
18	0,2167	V пиловочника	0,0385	0,0343	0,0332	0,1060
		V пиломатериалов	0,0216	0,0181	0,0149	0,0545
		Vп. длиной 1 м и более	0,0209	0,0175	0,0141	0,0526
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,0007	0,0006	0,0007	0,0020
20	0,2801	V пиловочника	0,0553	0,0492	0,0477	0,1521
		V пиломатериалов	0,0310	0,0259	0,0213	0,0783
		Vп. длиной 1 м и более	0,0301	0,0251	0,0203	0,0754
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,0009	0,0008	0,0010	0,0028
22	0,3556	V пиловочника	0,0720	0,0640	0,0621	0,1981
		V пиломатериалов	0,0404	0,0338	0,0278	0,1019
		Vп. длиной 1 м и более	0,0391	0,0327	0,0264	0,0982
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,0012	0,0011	0,0014	0,0037
24	0,4470	V пиловочника	0,0893	0,0795	0,0770	0,2459
		V пиломатериалов	0,0501	0,0419	0,0345	0,1265
		Vп. длиной 1 м и более	0,0486	0,0405	0,0328	0,1219
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,0015	0,0014	0,0017	0,0046
26	0,5249	V пиловочника	0,1015	0,0903	0,0875	0,2792
		V пиломатериалов	0,0569	0,0476	0,0392	0,1437
		Vп. длиной 1 м и более	0,0552	0,0460	0,0373	0,1385
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,0017	0,0015	0,0019	0,0052
28	0,6085	V пиловочника	0,1128	0,1003	0,0972	0,3103
		V пиломатериалов	0,0633	0,0529	0,0436	0,1597
		Vп. длиной 1 м и более	0,0613	0,0512	0,0414	0,1539
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,0019	0,0017	0,0021	0,0058

При оценке лесного фонда возникает необходимость применения нормативов показывающих, выход пилопродукции из корневого запаса древостоев.

Для оценки древостоев по возможному выходу пилопродукции были построены таблицы по своему содержанию дополняющие товарные таблицы. Для этой цели были использованы ряды распределения числа стволов березы по диаметру [108].

Нормативы для березовых древостоев построены по 4 классам товарности и показывают выход пилопродукции в процентах от корневого запаса. Помимо общего выхода пиловочника и пиломатериалов, эти таблицы также представляют выход пилопродукции по 3 сортам (приложение К).

Полученные данные были выровнены уравнением вида:

$$y = ab^x x^c \quad (7.3)$$

Коэффициенты уравнений и показатели их адекватности для 1 класса товарности приведены в таблице 7.10, для 2-4 классов товарности – в приложении Л.

Таблица 7.10 – Коэффициенты уравнений и показатели их адекватности.
1 класс товарности

Вид пилопродукции	Коэффициенты уравнения			Коэффициент детерминации (R^2)	Стандартная ошибка (S)
	a	b	c		
Общий выход пиловочника	0,00002	0,741	6,908	0,97	1,96
В том числе: 1 сорта	0,000007	0,740	6,919	0,97	0,72
2 сорта	0,000007	0,741	6,886	0,97	0,63
3 сорта	0,000006	0,741	6,919	0,97	0,61
Общий выход пиломатериалов	0,00001	0,739	6,956	0,97	1,01

Окончание таблицы 7.10

В том числе: 1 сорта	0,000003	0,737	6,992	0,97	0,39
2 сорта	0,000003	0,739	6,954	0,97	0,33
3 сорта	0,000002	0,740	6,932	0,96	0,29
Общий выход пиломатериалов длиной 1 м и более	0,00001	0,741	6,889	0,97	0,95
В том числе: 1 сорта	0,000005	0,744	6,821	0,97	0,38
2 сорта	0,000002	0,733	7,134	0,97	0,32
3 сорта	0,000004	0,749	6,679	0,97	0,25

Рисунки 7.8-7.10 иллюстрируют полученные модели общего выхода пиловочника и пиломатериалов для 1 класса товарности, для 2-4 классов товарности графики приведены в приложении Л.

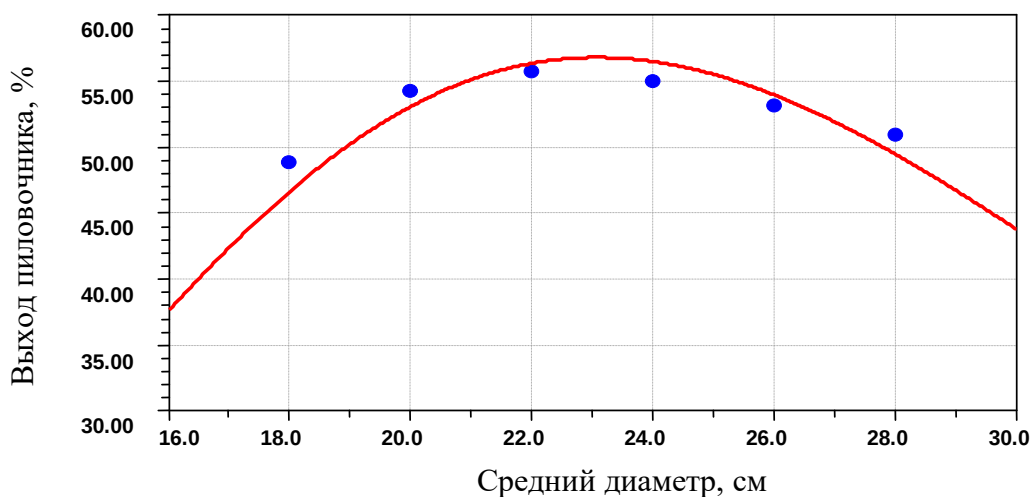


Рисунок 7.8 – Общий выход пиловочника из березовых древостоев 1 класса товарности

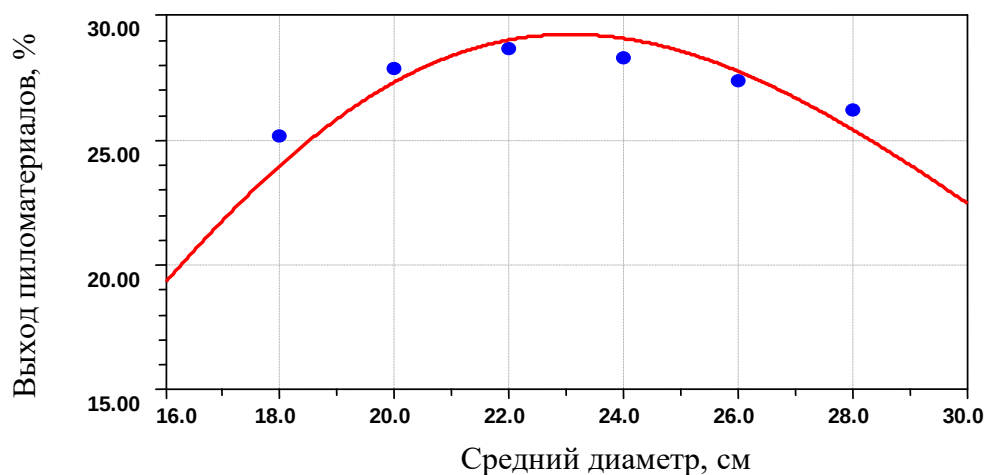


Рисунок 7.9 – Общий выход пиломатериалов из березовых древостоев 1 класса товарности

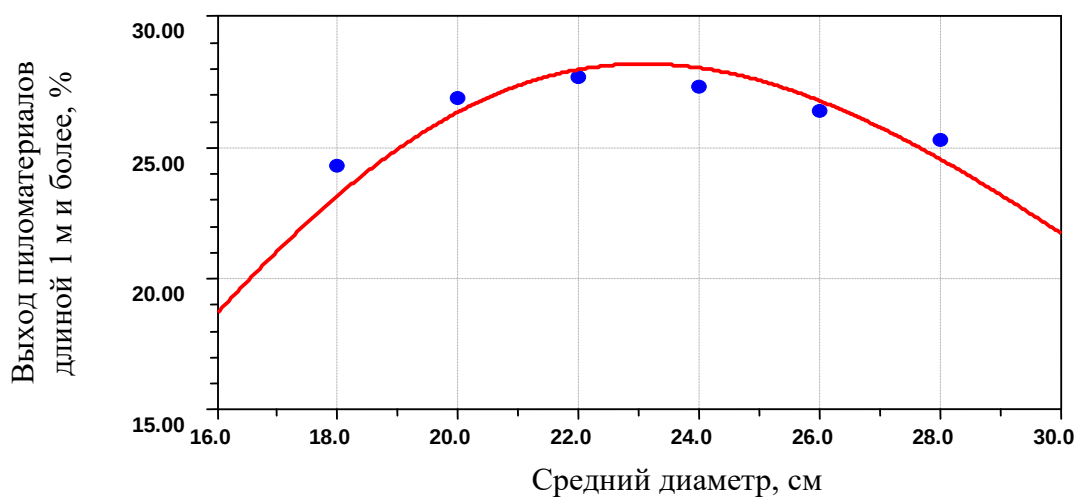


Рисунок 7.10 – Общий выход пиломатериалов длиной 1 м и более из березовых древостоев 1 класса товарности

В приложении М приведены выровненные данные выхода пилопродукции.

Актуальность таких нормативов обусловлена необходимостью отказа от торговли круглым лесом и переходом на продукцию глубокой переработки.

В некоторых странах (например, Швеции), с устоявшимися нормами отношений в лесном комплексе, торговля круглым лесом ограничивается законодательно, что в значительной степени стимулирует развитие отраслей, связанных с переработкой древесины.

Предложенные таблицы в принципе не являются законченным вариантом нормативов. Существует достаточно широкий выбор путей их совершенствования. Возможна детализация при условиях получения различных видов пиломатериалов, при варьировании параметров в технологическом процессе пиления круглых лесоматериалов. Возможно районирование по выходу пилопродукции из древостоев и т. п.

7.3 Зависимость диаметра на высоте ствола 1.3 м от диаметра на пне

В последние десятилетия практическое значение получило уравнение связи, характеризующее величину диаметра на высоте 1.3 м в зависимости от диаметра на пне. Потребность в таких данных возникла вследствие участвовавших случаев незаконных рубок и возникновения необходимости расчета величины запаса, незаконно срубленных древостоев по пням для исчисления объема штрафных санкций.

На рисунке 7.11 показана искомая зависимость. Данная зависимость с достаточно высокой степенью адекватности (коэффициент детерминации (R^2) – 0,95; стандартная ошибка уравнения (S) – 2,32) отображается линейным уравнением:

$$D_{1.3} = 0,233 + 0,778D_0, \quad (7.4)$$

где $D_{1.3}$ – диаметр на высоте ствола 1.3 м, см;

D_0 – диаметр на пне, см.

В таблице 7.11 приведены данные, позволяющие осуществлять переход от D_0 к $D_{1.3}$.

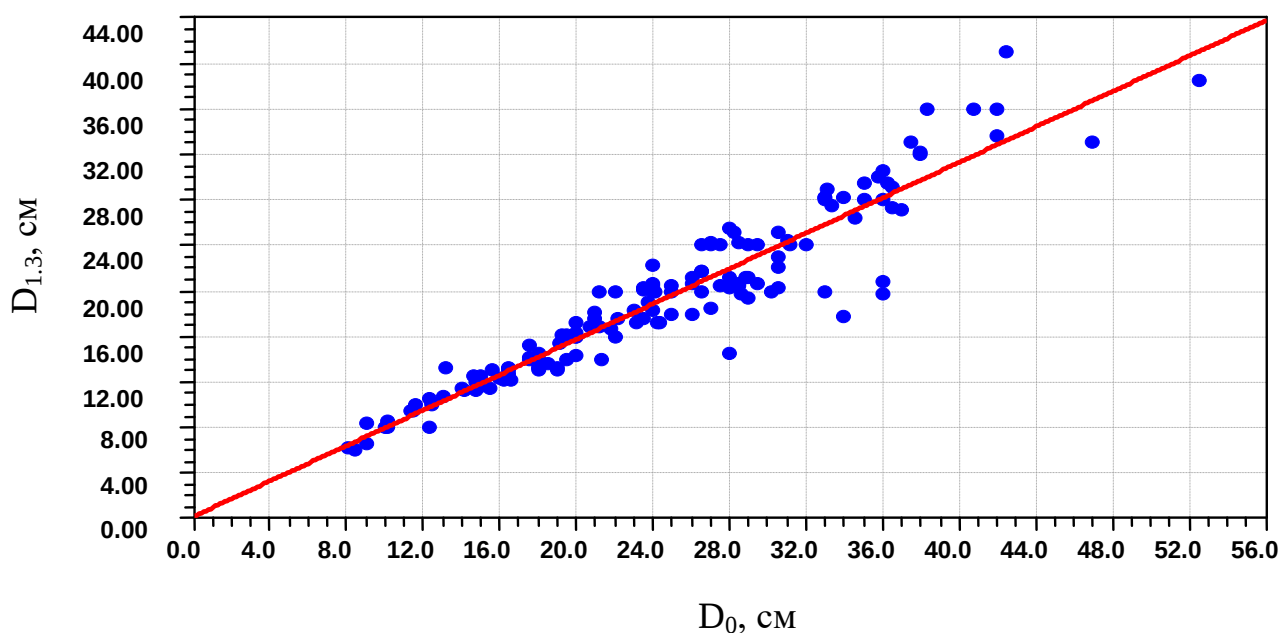


Рисунок 7.11 – Зависимость диаметра на высоте ствола 1.3 м от диаметра на пне

Таблица 7.11 – Величины диаметра на высоте ствола 1.3 м в зависимости от диаметра на пне по ступеням толщины

D_0 , см	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52
$D_{1.3}$, см	3,3	6,5	9,6	12,7	15,8	18,9	22,0	25,1	28,2	31,4	34,5	37,6	40,7

Обратная связь приведена на рисунке 7.12. Обратная зависимость также отображается линейным уравнением (коэффициент детерминации (R^2) – 0,95; стандартная ошибка уравнения (S) – 2,83):

$$D_0 = 2,257 + 1,153D_{1.3} \quad (7.5)$$

В таблице 7.12 приведены данные, позволяющие осуществлять переход от $D_{1.3}$ к D_0 .

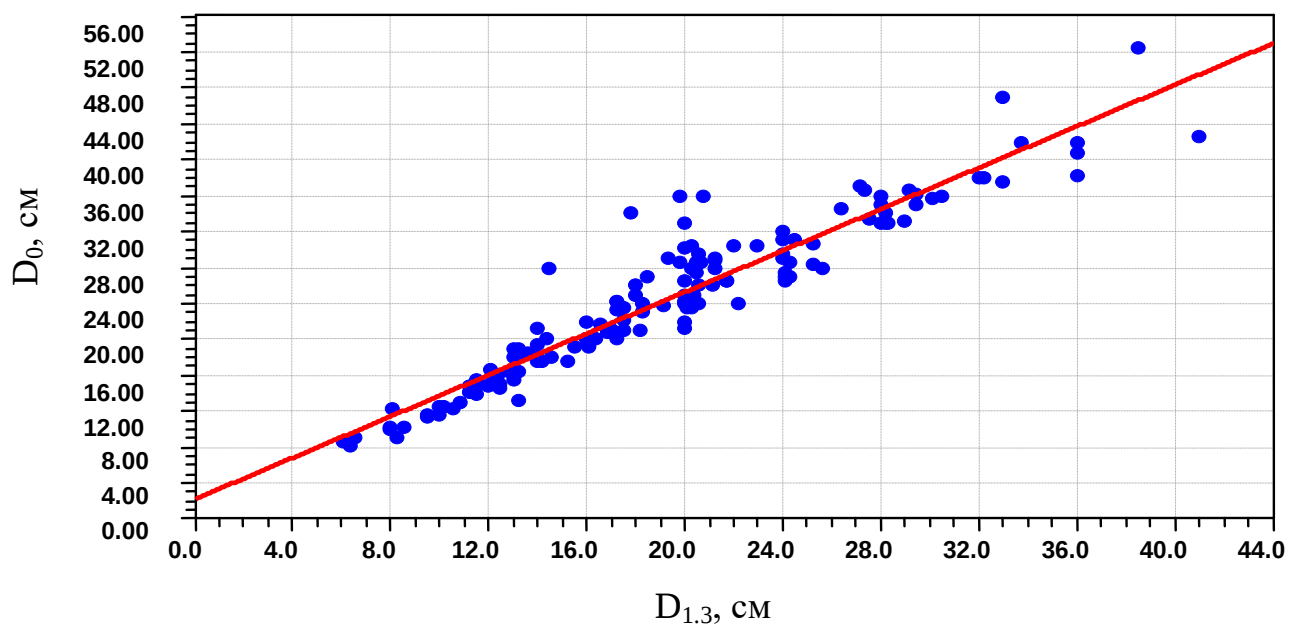


Рисунок 7.12 – Зависимость диаметра на пне от диаметра на высоте ствола 1.3 м

Таблица 7.12 – Величины диаметра на пне в зависимости от диаметра на высоте ствола 1.3 м по ступеням толщины

$D_{1.3},$ см	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
$D_0,$ см	6,9	11,5	16,1	20,7	25,3	29,9	34,5	39,1	43,8	48,4

Подводя итог настоящего раздела можно констатировать, что в результате проведенных исследований построены региональные таксационные нормативы, в числе которых таблицы объема и сбega, таблицы выхода пилопродукции из отдельных стволов и древостоев, таблицы для определения диаметров на высоте груди по диаметру ствола на пне.

Применение данных региональных нормативов в практике позволит повысить точность таксации лесного и лесосечного фондов. Также они найдут применение при оценке ущерба от незаконных рубок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Березовые леса лесостепной зоны Средней Сибири, куда относится Красноярско-Канско-Ачинский лесостепной лесорастительный район, играют значительную средообразующую и сырьевую роль. Однако, до сих пор, многие аспекты организации хозяйства в этих растительных сообществах не имеют научной основы, обеспечивающей проведение работ с учетом региональных особенностей объекта исследования.

В результате достижения цели и реализации задач, поставленных в настоящей работе можно сделать следующие основные выводы (более детально результаты исследования изложены в конце каждого раздела):

- на основе анализа структуры лесного массива, который может рассматриваться в качестве типичного массива березовых лесов в районе исследования, установлено, что, несмотря на достаточно интенсивную эксплуатацию древостоев в конце прошлого века, он не утратил устойчивости как лесная экосистема, в целом сохраняя формы рядов распределений по основным таксационным показателям характерным для ненарушенных лесных массивов;

- березовые древостои травяной группы типов леса, Канской лесостепи, не имеют значимых региональных особенностей в интенсивности формирования, что подтверждается анализом рядов «коэффициента напряженности роста» и сопоставлением их с данными исследований в других регионах России;

- построение таблицы хода роста березняков травяной группы типов леса и математические модели, отражающие взаимообусловленность средних таксационных показателей позволят усовершенствовать процессы проектирования лесохозяйственных мероприятий и дешифрирования аэрофотоснимков для лесостепной зоны Средней Сибири;

- исследование объемообразующих характеристик стволов березы позволили разработать упрощенные формулы для определения объемов стволов березы, которые найдут применение при глазомерной и перечислительной таксации древостоев;

- использование разработанных в ходе выполнения работы региональных таксационных нормативов – таблиц хода роста, таблиц объема и сбega, таблиц выхода пилопродукции, таблиц определения запаса древостоев по пням позволят повысить точность таксации древостоев и лесной продукции, а также найдут применение при расчете ущерба от незаконных рубок;

- таблицы выхода пилопродукции из корневого запаса древостоев березы и объема отдельных стволов обладают новизной, подобные нормативы ранее не разрабатывались.

Перспективы дальнейшего развития исследования следует видеть в разработке и построении имитационных математических моделей динамики березовых древостоев и лесных массивов, позволяющих осуществлять прогноз динамики лесных экосистем в лесостепной зоне Средней Сибири.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 9462-88 Лесоматериалы круглые лиственных пород. Технические условия. – М. : Стандартиформ, 2010. – 10 с.
2. ОСТ 56-69-83 Пробные площади лесоустроительные. Методы закладки. – М. : Государственный комитет по стандартам, 1982. – 12 с.
3. Алексеев, П. В. Лесоводственно-таксационные основы дифференцированной организации хозяйства в условиях Марийской АССР в березняках высших бонитетов / П. В. Алексеев // Лесная таксация и лесоустройство. – 1981. – С. 98-103.
4. Андреев, Г. В. Структура и динамика устойчиво-производных березняков западного макросклона на Южном Урале / Г. В. Андреев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 11. – С. 39-43.
5. Андреев, Г. В. Рост по диаметру березы, ели и сосны и приросты поврежденной и неповрежденной ели в длительно-производном травяно-зеленомошном березняке / Г. В. Андреев, Ю. М. Алесенков, С. В. Иванчиков // Лесная таксация и лесоустройство. – 2013. – № 2 (50). – С. 18-23.
6. Андреев, Г. В. Изменение приростов в коротко-производном березняке кислично-разнотравно-зеленомошном, слабо затронутом штормовым ветром / Г. В. Андреев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 9. – С. 70-74.
7. Антанайтис, В. Стандартизация в области древесного прироста / В. Антанайтис, Р. Жадейкис. – Каунас, 1977. – 104 с.
8. Антипова, Е. М. Флора внутриконтинентальных островных лесостепей Средней Сибири / Е. М. Антипова. – Красноярск : КГПУ, 2012. – 662 с.
9. Анучин, Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – М. : Лесная промышленность, 1982. – 552 с.
10. Бобко, А. Н. Ход роста березовых насаждений Курганской области / А. Н. Бобко // Лесное хозяйство. – 1969. – № 8. – С. 41-43.

11. Бугаев, В. А., Ход роста и товарная структура еловых и березовых насаждений Пермской области / В. А. Бугаев, М. И. Бузоверов // Лесная таксация и лесоустройство. – 1979. – С. 134-139.
12. Булыгин, Н. Е. Дендрология / Н. Е. Булыгин. – Л. : Агропромиздат. Ленинградское отделение, 1991. – 352 с.
13. Булыгин, Н. Е. Дендрология / Н. Е. Булыгин, В. Т. Ярмишко. – М. : МГУЛ, 2003. – 528 с.
14. Вайс, А. А. Закономерности связи диаметров деревьев березы повислой (*Betula pendula*) на высоте груди и на высоте пня в условиях Средней Сибири / А. А. Вайс // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – № 1 (37). – С. 10-13.
15. Вайс, А. А. Нормативы для редукции срубленных запасов березовых насаждений (*Betula pendula*) в условиях Средней Сибири / А. А. Вайс // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – № 1 (33). – С. 21-23.
16. Вайс, А. А. Толщина коры нижней части деревьев березы повислой (*Betula pendula*) в условиях Средней Сибири / А. А. Вайс // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – № 35. – С. 13-17.
17. Вайс, А. А. Форма стволов и закономерности связи диаметров нижней части деревьев в условиях колючных лесов Западной Сибири / А. А. Вайс, В. Н. Игошин, В. И. Пчелинцев // Лесная таксация и лесоустройство. – 2012. – № 2 (48). – С. 20-24.
18. Вайс, А. А. Роль коры в соотношении диаметров нижней части деревьев березы повислой (*Betula pendula* L.) в условиях Средней Сибири / А. А. Вайс // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 4 (54). – С. 8-10.
19. Верхунов, П. М. Прирост запаса разновозрастных сосняков / П. М. Верхунов. – Новосибирск : Наука, 1979. – 254 с.

20. Ветров, Л. С. Нормативы по таксации древесной коры в стволах и сортиментах из березы / Л. С. Ветров // Лесотехнический журнал. – 2014. – № 2. – С. 115-118.
21. Волков, В. Д. Исследование текущего прироста и производительности березовых насаждений центра Европейской части СССР : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.00.00 / В. Д. Волков. – М., 1968. – 28 с.
22. Выводцев, Н. В. Закономерности роста чистых древостоев березы плосколистной (*Betula platyphylla*) / Н. В. Выводцев, С. А. Тютрин // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2012. – № 2. – С. 94-98.
23. Выводцев, Н. В. Изучение роста березы плосколистной (*Betula platyphylla* suk.) / Н. В. Выводцев, С. А. Тютрин // Ученые заметки ТОГУ. – 2012. – Т. 3. – № 1. – С. 18-28.
24. Высоцкий, К. К. Закономерности строения смешанных древостоев / К. К. Высоцкий. – М. : Гослесбумиздат, 1962. – 177 с.
25. Галиновский, В. И. Березовые колки Западносибирской низменности / В. И. Галиновский // Лесная индустрия. – 1938. – № 2. – С. 59-61.
26. Гиль, И. А. Некоторые особенности естественного возобновления в Среднесибирском подтаежно-лесостепном районе / И. А. Гиль, С. Л. Шевелев // Хвойные бореальной зоны. – 2012. – Т. XXX. – № 3-4. – С. 211-213.
27. Глазов, Н. М. Статистический метод в таксации и лесоустройстве / Н. М. Глазов. – М. : Лесная промышленность, 1976. – 144 с.
28. Глушенков, И. С. Взаимосвязь диаметра с полнотой и возрастом в березняках Брянской области / И. С. Глушенков // Лесная таксация и лесоустройство. – 1984. – С. 119-123.
29. Гончарук, В. В. Фактор коры в определении текущего прироста запаса наличного древостоя / В. В. Гончарук // Лесная таксация и лесоустройство. – 1980. – С. 85-90.
30. Гончарук, В. В. Зависимость видовой высоты сосновых древостоев Красноярского Приангарья от различных факторов / В. В. Гончарук // Лесная таксация и лесоустройство. – 1982. – С. 97-105.

31. Городилова, С. Н. Эколого-Фаунистический анализ земноводных (Amphibia) лесостепи Средней Сибири : автореф. дис. ... канд. б. наук : 03.00.16 / Городилова Светлана Николаевна. – Красноярск, 2010. – 25 с.

32. Гуров, А. Ф. Динамика товарности березовых насаждений в зависимости от происхождения и возраста : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.00.00 / А. Ф. Гуров. – М., 1965. – 21 с.

33. Гусев, И. И. Толщина и объем коры древесных стволов ели / И. И. Гусев // Лесная таксация и лесоустройство. – 1981. – С. 24-30.

34. Густова, А. И. Оценка гидрофизических характеристик древесины для обоснования лесоводственных уходов в защитном лесоразведении / А. И. Густова, Д. К. Терехина // Аграрный вестник Урала. – 2007. – № 6 (41). – С. 55-59.

35. Данилин, И. М. Зависимости между таксационными признаками березовых древостоев / И. М. Данилин // Лесная таксация и лесоустройство. – 1987. – С. 59-65.

36. Данчева, А. В. Использование комплексного оценочного показателя в оценке состояния рекреационных сосняков Баянаульского ГНПП / А. В. Данчева, С. В. Залесов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 7. – С. 51-61.

37. Данчева А. В. Использование комплексного оценочного показателя при оценке состояния сосняков государственного лесного природного резервата «Семей орманы» / А. В. Данчева, С. В. Залесов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2016. – № 215. – С. 41-54.

38. Демаков, Ю. П. Диагностика устойчивости лесных экосистем: методологические и методические аспекты / Ю. П. Демаков. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2000. – 416 с.

39. Демиденко, А. А. Влияние низовых пожаров на состояние колочных лесов Канско-Ачинской лесостепи // А. А. Демиденко // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки : Всерос. науч.-практ. конф. – Красноярск. – 2012. – Т. I. – С. 76-79.

40. Демиденко, С. А. Объемные таблицы по разрядам высот в чистых березовых древостоях северной и средней подзон тайги Архангельской области /

С. А. Демиденко // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. – 2011. – № 4. – С. 55-59.

41. Евстафьев, В. Н. Закономерности формирования коры лиственницы сибирской в условиях Приангарского района : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.03.02 / Евстафьев Владимир Николаевич. – Красноярск, 2007. – 23 с.

42. Ефремова, М. Н. Особенности формирования коры у стволов березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в лесостепной зоне Средней Сибири / М. Н. Ефремова, С. Л. Шевелев // Лесохозяйственная информация. – 2017. – № 2. – С. 26-35.

43. Жуков, А. Б. Леса Красноярского края / А. Б. Жуков // Леса СССР. – М. : Наука. – 1969. – Т. 4. – С. 248-321.

44. Загреев, В. В. Географические закономерности роста и продуктивности древостоев / В. В. Загреев. – М : Лесная промышленность, 1978. – 240 с.

45. Зайченко, Л. П. Определение запасов древостоев по видовой высоте / Л. П. Зайченко // Новое в лесной таксации. – 1964. – С. 109-115.

46. Захаров, В. К. Лесная таксация / В. К. Захаров. – М. : Высшая школа, 1961. – 360 с.

47. Игошин, В. Н. Анализ динамики средних высот порослевых березняков лесостепи за период с 1897 по 2006 г.г. / В. Н. Игошин, В. В. Кузьмичев // Лесная таксация и лесоустройство. – 2008. – № 2 (40). – С. 37-38.

48. Игошин, В. Н. Рост порослевых березняков в Барабинской лесостепи / В. Н. Игошин, В. В. Кузьмичев // Хвойные бореальной зоны. – 2008. – Т. XXV. – № 1-2. – С. 147-149.

49. Игошин, В. Н. Сравнительная оценка зависимости высоты от диаметра в сосновых и березовых древостоях лесостепи / В. Н. Игошин, А. Г. Неповинных // Лесная таксация и лесоустройство. – 2008. – № 2 (40). – С. 38-41.

50. Игошин, В. Н. Форма стволов березы в Барабинской лесостепи / В. Н. Игошин, В. В. Кузьмичев // Лес-2008 : материалы IX междунар. науч.-тех. конф. – Брянск, 2008. – С. 35-37.

51. Игошин, В. Н. Строение и рост колючих лесов Барабинской лесостепи : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.03.02 / Игошин Виктор Николаевич. – Красноярск, 2009. – 156 с.
52. Кириллов, М. В. География Красноярского края и история развития его природы / М. В. Кириллов. – Красноярск : КГПИ, 1970. – 209 с.
53. Кишенков, Ф. В. Особенности строения и текущий прирост березово-еловых насаждений Брянского лесного массива : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.00.00 / Кишенков Федор Васильевич. – 1964. – 23 с.
54. Козлова, Л. Н. Расход воды на транспирацию растениями березняков Канской лесостепи / Л. Н. Козлова // Проблемы химико-лесного комплекса : сб. науч. тр. Всесоюз. науч.-практ. конф. – Красноярск. – 1993. – Т. I. – С. 211-214.
55. Козловский, В. Б. Ход роста основных лесообразующих пород СССР / В. Б. Козловский, В. М. Павлов. – М. : Лесная промышленность, 1967. – 327 с.
56. Коновалов, В. Ф. Сортиментная и товарная структура березняков Башкирского Предуралья / В. Ф. Коновалов, А. С. Магафуров // Лесной вестник. – 2003. – № 1. – С. 35-40.
57. Коротков, И. А. Лесорастительное районирование России и республик бывшего СССР / И. А. Коротков // Углерод в экосистемах лесов и болот России. – Красноярск, 1994. – С. 29-47.
58. Красилов, И. И. Некоторые закономерности строения лесных массивов Каа-Хемского округа горно-таежных лесов Республики Тыва / И. И. Красилов, С. Л. Шевелев // Хвойные бореальной зоны. – 2008. – Т. XXV. – № 1-2. – С. 84-87.
59. Красилов, И. И. Структура лесных массивов в Республике Тыва / И. И. Красилов, С. Л. Шевелев // Хвойные бореальной зоны. – 2009. – Т. XXVI. – № 2. – С. 266-267.
60. Красилов, И. И. Структура лесных массивов в Республике Тыва : монография / И. И. Красилов, С. Л. Шевелев. – Красноярск : СибГТУ, 2013. – 119 с.
61. Кричун, В. М. Определение объема коры березы / В. М. Кричун, А. М. Данченко // Лесное хозяйство. – 1978. – № 9. – С. 58-59.

62. Крюденер, А. А. Массовые таблицы и таблицы сбега для березы в удельных лесах средней России: по данным работ 1904-1907 гг. с кратким описанием типов насаждений, послуживших материалом к ним / А. А. Крюденер. – СПб. : Тип. Гл. Упр. Уделов, 1908. – 93 с.

63. Крюденер, А. А. Таблицы массы, сбега и др. для главнейших древесных пород Европейской России / А. А. Крюденер. – СПб. : Тип. Гл. Упр. Уделов, 1913. – 218 с.

64. Кузьмичев, В. В. Распределение деревьев по ступеням толщины в березняках Обь-Иртышского междуречья / В. В. Кузьмичев, Л. М. Морозов // Лесная таксация и лесоустройство. – 1977. – Вып. 6. – С. 58-63.

65. Кузьмичев, В. В. Нормативы таксации выхода пилопродукции / В. В. Кузьмичев, С. Л. Шевелев // Лесная таксация и лесоустройство. – 1996. – С. 4-9.

66. Кузьмичев, В. В. Закономерности динамики древостоев: принципы и модели / В. В. Кузьмичев. – Новосибирск : Наука, 2013. – 207 с.

67. Лакин, Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М. : Высшая школа, 1990. – 352 с.

68. Лебков, В. Ф. Изменчивость таксационных признаков внутри выделов и ее влияние на точность таксации лесного фонда при лесоустройстве / В. Ф. Лебков // Пути совершенствования инвентаризации лесов Сибири и Дальнего Востока. – 1965. – С. 5-40.

69. Лебков, В. Ф. Закономерности формы древесного ствола хвойных и лиственных пород / В. Ф. Лебков, Н. Ф. Каплина // Лесной вестник. – 2001. – № 5. – С. 49-55.

70. Лесотаксационный справочник для южно-таежных лесов Средней Сибири / С. Л. Шевелев, В. В. Кузьмичев, Н. В. Павлов, А. С. Смольянов. – М. : ВНИИЛМ, 2002. – 166 с.

71. Марухленко, Ю. В. Исследование зависимости диаметра на высоте груди (1.3 м) от диаметра пня / Ю. В. Марухленко, В. Н. Михальчук // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2007. – Т. 2. – № 2. – С. 239-244.

72. Мелехов, И. С. Лес / И. С. Мелехов // Лесная энциклопедия. – 1985. – Т. 1. – С. 503-508.
73. Морозов, Л. М. Суммы площадей сечения и запасы березняков Обь-Иртышского междуречья / Л. М. Морозов // Лесная таксация и лесоустройство. – 1974. – С. 31-34.
74. Морозов, Л. М. Таксация стволовой древесины в березняках средней и южной тайги Обь-Иртышского междуречья / Л. М. Морозов // Лесная таксация и лесоустройство. – 1975. – С. 96-103.
75. Морозов, Л. М. Сортиментная и товарная структура березовых древостоев Обь-Иртышского междуречья / Л. М. Морозов // Лесная таксация и лесоустройство. – 1978. – С. 62-67.
76. Морозов, Л. М. Основы организации хозяйства в таежных березняках Обь-Иртышского междуречья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.03.02 / Морозов Лев Михайлович. – Красноярск, 1978. – 24 с.
77. Мошкалев, А. Г. Таксация товарной структуры / А. Г. Мошкалев, А. А. Книзе, Н. И. Ксенофонтов, Н. С. Уланов. – М. : Лесная промышленность. – 1982. – 160 с.
78. Наставление по отводу и таксации лесосек СССР. – М., 1969. – 89 с.
79. Нахабцев, И. А. Таксация древесной коры. Методические указания и таблицы процентов коры / И. А. Нахабцев. – Л. : ЛТА, 1990. – 34 с.
80. Немич, В. Н. Влияние таксационных показателей древостоев на видовую высоту сосняков Приангарья / В. Н. Немич, Н. С. Немич, С. Л. Шевелев // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета. – 2011. – Вып. 7 (40). – С. 34-37.
81. Никитин, К. Е. Лиственница на Украине / К. Е. Никитин. – Киев, 1966. – 331 с.
82. Орлов, М. М. Лесная таксация / М. М. Орлов. – Л. : Ленинградская правда, 1929. – 532 с.
83. Пашко, В. И. Биологическая продуктивность травяно-кустарникового яруса в сосняках Канской лесостепи : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.03.03 / Пашко Виктор Иванович. – Красноярск, 1974. – 31 с.

84. Поляков, А. Н. Рост и строение березовых древостоев лесной опытной дачи РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева / А. Н. Поляков // Известия ТСХА. – 2012. – № 1. – С. 72-80.

85. Поморова, А. Л. Изучение динамики таксационных показателей березовых древостоев Минусинского лесничества / А. Л. Поморова, Ю. Л. Поморова // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки : Всерос. науч.-практ. конф. – Красноярск. – 2016. – Т. 1. – С. 75-76.

86. Попов, В. К. Ход роста березовых насаждений лесостепи / В. К. Попов // Лесная таксация и лесоустройство. – 1975. – С. 58-64.

87. Прокудин, А. В. Горизонтальная структура березовых насаждений Балахтинского мехлесхоза Красноярского края / А. В. Прокудин // Лесная таксация и лесоустройство. – 1985. – С. 117-119.

88. Семечкин, И. В. Опыт использования данных глазомерной таксации для изучения динамики насаждений / И. В. Семечкин // Труды Института леса и древесины. – 1962. – Т. VIII. – С. 119-131.

89. Система земледелия Красноярского края на ландшафтной основе : руководство. – Красноярск : КГПИ, 2015. – 591 с.

90. Складчиков, Л. Я. Лекарственные растения в быту / Л. Я. Складчиков, И. А. Губанов. – М. : Россельхозиздат, 1970. – 223 с.

91. Смольянов, А. С. Качественное состояние березняков Канской лесостепи / А. С. Смольянов // Химико-лесной комплекс – проблемы и решения : науч.-практ. конф. – Красноярск. – 2001. – Т. I. – С. 99-101.

92. Соколов, Э. К. Ход роста и товарная структура березняков Сибири / Э. К. Соколов, Э. Н. Фалалеев. – Красноярск : СТИ, 1979. – 27 с.

93. Соколов, Э. К. Особенности таксации березняков Сибири / Э. К. Соколов, Г. К. Субочев // Лесная таксация и лесоустройство. – 1980. – С. 126-132.

94. Сортиментные и товарные таблицы для древостоев Западной и Восточной Сибири. – Новосибирск : Министерство природных ресурсов РФ ФГУП «Запсиблеспроект», 2005. – 176 с.

95. Спицына, Н. Т. Биологическая продуктивность березовых насаждений Канской лесостепи : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.03.03 / Спицына Наталья Терентьевна. – Красноярск, 1996. – 25 с.

96. Спицына, Н. Т. Биологическая продуктивность березняков Канской лесостепи в условиях антропогенного воздействия : монография / Н. Т. Спицына. – Красноярск : СибГТУ, 2014. – 107 с.

97. Спицына, Н. Т. Природные и экологические условия Канской лесостепи / Н. Т. Спицына // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 2. – С. 109-112.

98. Справочник по лесопилению / Ю. А. Варфоломеев [и др.]; под общ. ред. А. М. Копейкина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Экология, 1991. – 496 с.

99. Стороженко, В. Г. Физические параметры структур коренных ельников тайги европейской части России // В. Г. Стороженко // Хвойные бореальной зоны. – 2017. – Т. XXXV. – № 1-2. – С. 60-65.

100. Суприянович, Н. Е. Строение и рост сосняков Приангарья / Н. Е. Суприянович // Таксационные исследования лесов Сибири. – 1977. – С. 31-75.

101. Тамаркин, М. Л. Леса, лесное хозяйство и особенности лесоинвентаризации и лесоустройства в Северной Америке / М. Л. Тамаркин. – М. : Лесная промышленность, 1964. – 195 с.

102. Терминологический словарь по специальности Лесоустройство и лесо-инвентаризация / Н. Н. Гусев [и др.]. – М. : ВНИИЦ лесресурс, 1993. – 80 с.

103. Третьяков, Н. В. Справочник таксатора / Н. В. Третьяков, П. В. Горский, Г. Г. Самойлович. – М. ; Л. : Гослесбумиздат, 1952. – 853 с.

104. Тюрин, А. В. Нормальная производительность лесонасаждений сосны, березы, осины и ели (всеобщие таблицы хода и роста) / А. В. Тюрин. – М. ; Л. : Сельколхозгиз, 1930. – 188 с.

105. Тюрин, А. В. Нормальная производительность лесонасаждений сосны, березы, осины и ели (всеобщие таблицы хода роста) / А. В. Тюрин. – М. ; Л. : Сельколхозгиз, 1931. – 199 с.

106. Тюрин, А. В. Таблицы сбега и объема стволов березы по бонитетам / А. В. Тюрин // Массовые таблицы для сосны, ели, дуба, березы и осины по классам бонитета. – М. ; Л. : Сельколхозгиз. 1931. – С. 405-496.

107. Тюрин, А. В. Таксация леса / А. В. Тюрин. – М. : Гослестехиздат. – 1945. – 376 с.

108. Тюрин, А. В. Лесная вспомогательная книжка: по таксации леса / А. В. Тюрин, И. М. Науменко, П. В. Воропанов. – М. ; Л. : Гослесбумиздат, 1956. – 532 с.

109. Тютрин, С. А. Взаимосвязи объемообразующих показателей нормальных березовых древостоев / С. А. Тютрин, Н. В. Выводцев // Лесное хозяйство. – 2013. – № 1. – С. 41-43.

110. Тютрин, С. А. Таксация древостоев березы маньчжурской (*Betula manshurica* Regel.) и березы плосколистной (*Betula platyphylla* Suk.) в южной части Дальнего Востока : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.03.02 / Тютрин Сергей Александрович. – Хабаровск, 2013. – 20 с.

111. Усс, Е. А. Ход роста березовых насаждений Беларуси по бонитетам в разрезе основных типов леса / Е. А. Усс // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2015. – № 41. – С. 85-88.

112. Усольцев, В. А. Биологическая продуктивность березовых насаждений в климатических градиентах Евразии / В. А. Усольцев, А. А. Маленко, В. А. Азаренок // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 9. – С. 56-63.

113. Фалалеев, Э. Н. Справочное пособие по таксации лесов Сибири / Э. Н. Фалалеев, И. М. Данилин, Э. К. Соколов. – Красноярск : СТИ, 1974. – 216 с.

114. Фалалеев, Э. Н. Ход роста основных лесообразующих пород Сибири: учеб. пособие / Э. Н. Фалалеев. – Красноярск : СТИ, 1975. – 196 с.

115. Фалалеев, Э. Н. Взаимосвязь между средними диаметрами, высотами и полнотами сосновых древостоев / Э. Н. Фалалеев, И. М. Данилин // Лесная таксация и лесоустройство. – 1980. – С. 20-22.

116. Хлюстов, В. К. Прогнозирование текущего прироста и оптимизация повышения продуктивности древостоев на примере сосняков и березняков

Северного Казахстана : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.03.02 / Хлюстов Виталий Константинович. – СПб., 1993. – 37 с.

117. Хлюстов, Д. В. Систематизация роста, строения и продуктивности древостоев на примере березняков Среднего Поволжья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.03.02 / Хлюстов Дмитрий Витальевич. – М., 2004. – 26 с.

118. Хлюстов, В. К. Лесотипологическая шкала хода роста березовых древостоев Калининградской области / В. К. Хлюстов, Л. С. Мурачева // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. – 2011. – № 6. – С. 42-45.

119. Черных, В. Л. Сортиментные и товарные таблицы для сосняков и березняков Мурманской области и севера Карельской АССР / В. Л. Черных, А. Г. Мошкалев, Ю. И. Агапитов // Лесная таксация и лесоустройство. – 1982. – С. 29-37.

120. Чупров, Н. П. Березняки Архангельской области и основы организации лесного хозяйства в них : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.00.00 / Чупров Николай Прокопьевич. – Л., 1966. – 13 с.

121. Шевелев, С. Л. К оценке выхода пилопродукции из древостоев лиственницы сибирской / С. Л. Шевелев // Проблемы химико-лесного комплекса. – Красноярск. – 1996. – Ч. 1. – С. 51-52.

122. Шевелев, С. Л. Нормативы таксации лиственничников : монография / С. Л. Шевелев. – Красноярск : КГТА. – 1996. – 132 с.

123. Шевелев, С. Л. Таксация коры в лиственничных древостоях центральной части Средней Сибири / С. Л. Шевелев, В. Н. Евстафьев // Лесная таксация и лесоустройство. – 2007. – № 1 (37). – С. 60-63.

124. Шевелев, С. Л. Форма стволов березы в среднесибирском подтаежно-лесостепном районе / С. Л. Шевелев, С. В. Кускашева // Лесная таксация и лесоустройство. – 2013. – № 1 (49). – С. 44-47.

125. Шевелев, С. Л. Таксация леса : учебное пособие / С. Л. Шевелев. – Красноярск : ФГБОУ ВО «СибГАУ», 2016. – 265 с.

126. Шевелев, С. Л. Особенности роста березняков в Красноярско-Ачинско-Канском лесостепном районе / С. Л. Шевелев, М. Н. Ефремова // Актуальные проблемы лесного комплекса. – Брянск : БГИТУ. – 2016. – № 46. – С. 50-53.

127. Шевелев, С. Л. Связь между средними таксационными показателями древостоев березы в Красноярско-Ачинско-Канском лесостепном районе / С. Л. Шевелев, М. Н. Ефремова // ИВУЗ Лесной журнал. – 2017. – № 2. – С. 42-51.

128. Шевелев, С. Л. Особенности объемообразующих показателей в древостоях Красноярско-Ачинско-Канской лесостепи / С. Л. Шевелев, М. Н. Ефремова // Хвойные бореальной зоны. – 2018. – Том XXXVI. – № 1. – С. 97-101.

129. Шульга, В. Д. Обоснование облигатности интенсивных лесоводственных уходов для рекреационных древостоев аридной зоны / В. Д. Шульга, А. И. Густова, Д. К. Терехина // Аридные экосистемы. – 2007. – № 33-34. – С. 81-88.

130. Emery, M. R. Using traditional ecological knowledge as a basis for targeted forest inventory: paper birch (*Betula papyrifera*) in the US Great Lakes Region / M. R. Emery [and ect.] // Journal of Forestry. – 2014. – № 112 (2). – P. 207-214.

131. Howard, A. F. Multivariate regression model for predicting yields of grade lumber from yellow birch sawlogs / A. F. Howard, D. A. Yaussy // Forest Products Journal. – 1986. – № 36. – P. 56-60.

132. Moser, W. K. Paper birch (*Wiigwaas*) of the Lake States, 1980-2010 / W. K. Moser [and ect.]. – USA : Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station, 2015. – 37 p.

133. Powell, D. S. Forest resources of the United States in 1992 / D. S. Powell, J. L. Faulkner, Zh. Zhu, D. W. Maccleery. – USDA : For. Serv., Rocky Mount. For. And Range Exp. Stat., Gen. Techn. Rep. RM, 1993. – 132 p.

134. Grossman, H. Ergebnisse der in Jahre 1957 durchgeführten Holzvorrats und Zuwachsinventur im Plenterwald Keula / H. Grossman // Arch. Fur Forstwesen. – 1959. – H. 6/7. – S. 666-680.

135. Grossman, H. Versuche zur Rationalisierung der Methodik von Holzvarratsinventuren auf mathematisch – statistischer Grundlage / H. Grossman, G. Wolff // Arch. Fur Forstwesen. – 1963. – H. 12. – S. 77-101.

Приложение А

(обязательное)

Перечетные ведомости (пробные площади первой группы)

Таблица А.1 – Пробная площадь № 1

D _{1.3} , см	Число, шт.
12	34
16	38
20	58
24	50
28	25
32	7
36	2
Итого	214

Таблица А.2 – Пробная площадь № 2

D _{1.3} , см	Число, шт.
10	18
12	22
14	31
16	38
18	49
20	32
22	23
24	1
Итого	214

Таблица А.3 – Пробная площадь № 3

D _{1.3} , см	Число, шт.
12	23
16	50
20	71
24	38
28	33
32	4
36	1
Итого	220

Таблица А.4 – Пробная площадь № 4

D _{1.3} , см	Число, шт.
6	40
8	48
10	70
12	65
14	41
16	20
18	13
20	7
22	1
Итого	305

Таблица А.5 – Пробная площадь № 5

D _{1.3} , см	Число, шт.
12	14
16	18
20	22
24	27
28	39
32	33
36	24
40	17
44	8
48	4
52	2
Итого	208

Таблица А.6 – Пробная площадь № 6

D _{1.3} , см	Число, шт.
12	39
16	42
20	61
24	44
28	23
32	3
Итого	212

Приложение Б

(обязательное)

Фрагменты ведомостей обмеров модельных деревьев

Таблица Б.1 – Фрагмент ведомости обмеров модельных деревьев березы повислой (группы: средневозрастные, приспевающие, спелые и перестойные)

№ ПП	№ модели	Высота от пня в метрах	Диаметр, см		Высота ствола от пня, м	Протяжен- ность кроны, м	А, лет
			в коре	без коры			
3	1	пень	22,0	19,4	22,3	9,3	59
		на 1.3	16,0	14,7			
		1	18,0	17,0			
		3	15,8	14,6			
		5	15,5	14,1			
		7	14,6	13,6			
		9	13,5	12,5			
		11	12,2	11,2			
		13	11,7	10,7			
		15	9,5	8,8			
		17	8,8	7,9			
		18	7,0	6,3			

Таблица Б.2 – Фрагмент ведомости обмеров модельных деревьев березы повислой (молодняки)

№ ПП	№ модели	Секции	Диаметр, см		D _{0.25} , см	Н, м	А, лет
			в коре	без коры			
1	1	пень	3,4	2,6	1,4	3,0	7
		1	1,9	1,7			
		2	1,7	1,4			
		3	1,3	1,1			
		4	1,1	1,0			
		5	1,0	0,9			
		6	0,9	0,8			
		7	0,8	0,7			
		8	0,7	0,6			
		9	0,5	0,4			
		10	0,3	0,2			

Приложение В

(обязательное)

Перечетные ведомости (пробные площади второй группы)

Таблица В.1 – Пробная площадь № 1

D _{0.25} , см	Число, шт.
1	2
2	238
3	384
4	622
5	138
6	74
7	45
8	34
9	28
10	16
11	15
Итого	1596

Таблица В.2 – Пробная площадь № 2

D _{0.25} , см	Число, шт.
4	22
5	68
6	82
7	127
8	190
9	134
10	116
11	45
12	3
Итого	787

Таблица В.3 – Пробная площадь № 3

$D_{0.25}$, см	Число, шт.
1	128
2	445
3	704
4	367
5	81
6	16
Итого	1741

Таблица В.4 – Пробная площадь № 4

$D_{0.25}$, см	Число, шт.
1	1
2	24
3	95
4	110
5	196
6	209
7	121
8	97
9	22
10	8
Итого	883

Таблица В.5 – Пробная площадь № 5

$D_{0.25}$, см	Число, шт.
1	3
2	18
3	228
4	302
5	114
6	92
7	56
8	44
9	26
10	12
11	7
Итого	902

Приложение Г

(обязательное)

Графики распределения «коэффициента напряженности роста»

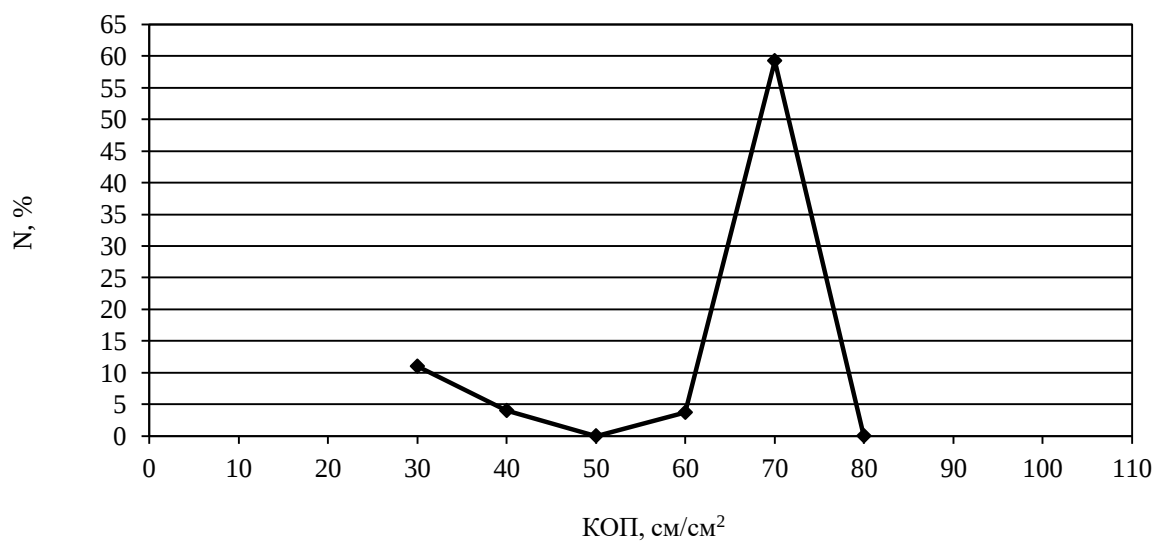


Рисунок Г.1 – Распределение «коэффициента напряженности роста» в молодняках

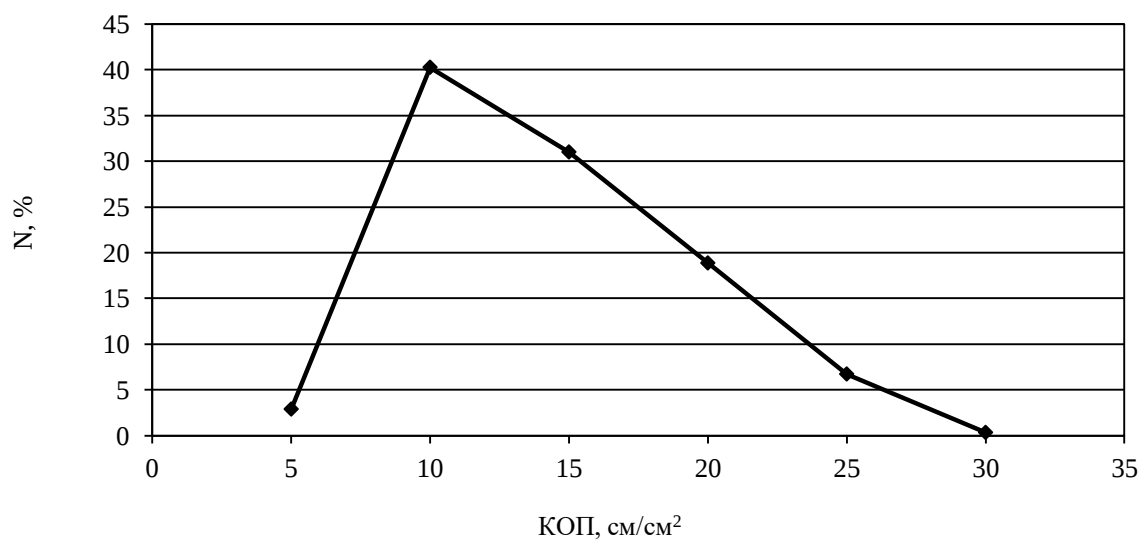


Рисунок Г.2 – Распределение «коэффициента напряженности роста» в средневозрастных древостоях

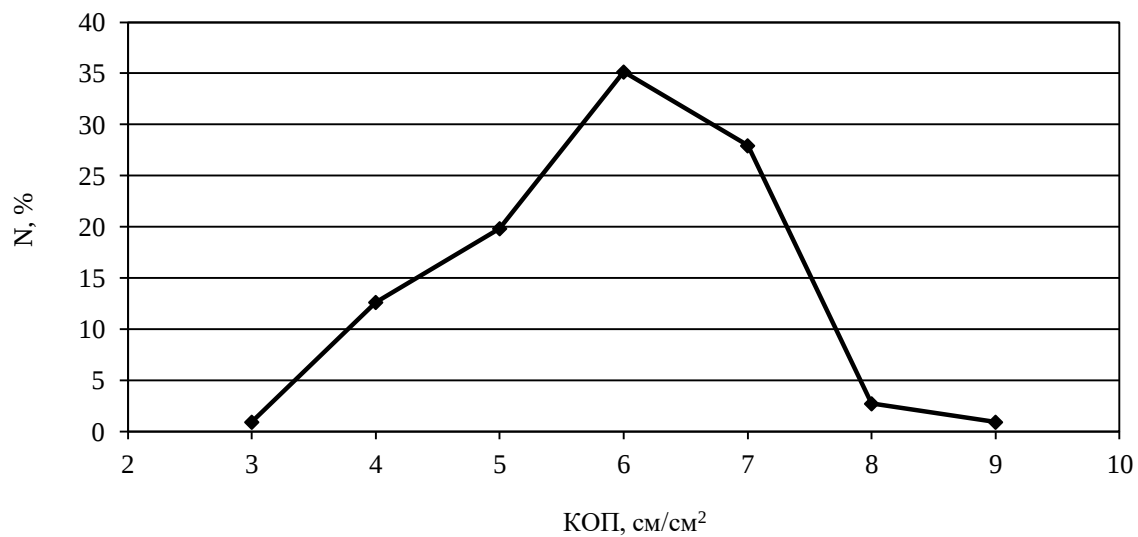


Рисунок Г.3 – Распределение «коэффициента напряженности роста» в приспевающих древостоях

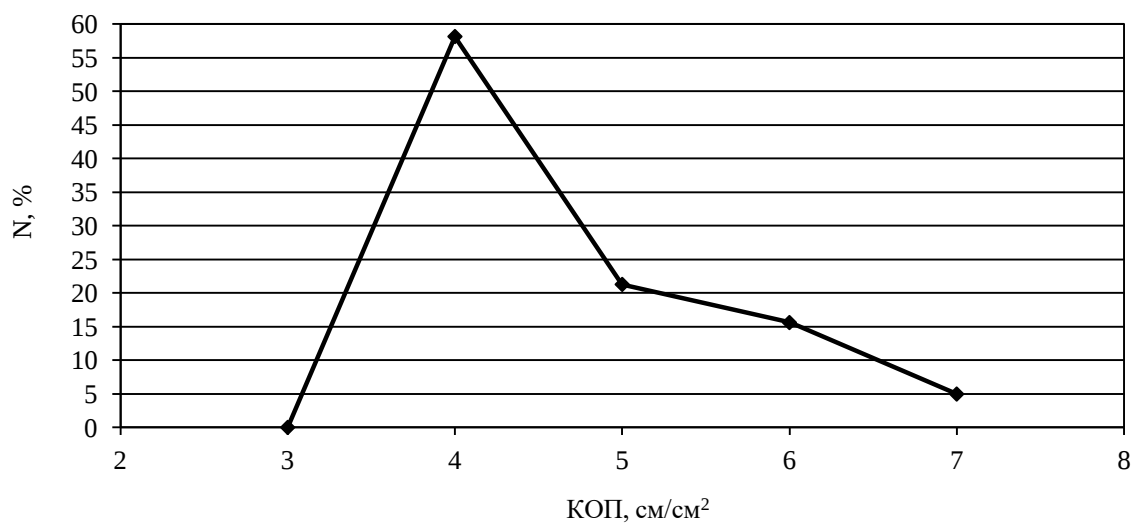


Рисунок Г.4 – Распределение «коэффициента напряженности роста» в спелых и перестойных древостоях

Приложение Д
(обязательное)

Корреляционные матрицы основных таксационных показателей
и характеристик формы стволов

Таблица Д.1 – Корреляционная матрица основных таксационных показателей и характеристик формы стволов крупномерных стволов березы (в коре)

	А, лет	Н, м	D _{1.3} , см	q ₀	q ₁	q ₂	q ₃	f
А, лет	1							
Н, м	0,699	1						
D _{1.3} , см	0,642	0,797	1					
q ₀	0,019	-0,089	-0,185	1				
q ₁	-0,467	-0,346	-0,513	0,112	1			
q ₂	-0,325	-0,180	-0,354	0,083	0,724	1		
q ₃	-0,523	-0,656	-0,725	0,081	0,484	0,490	1	
f	-0,383	-0,310	-0,488	0,157	0,880	0,837	0,590	1

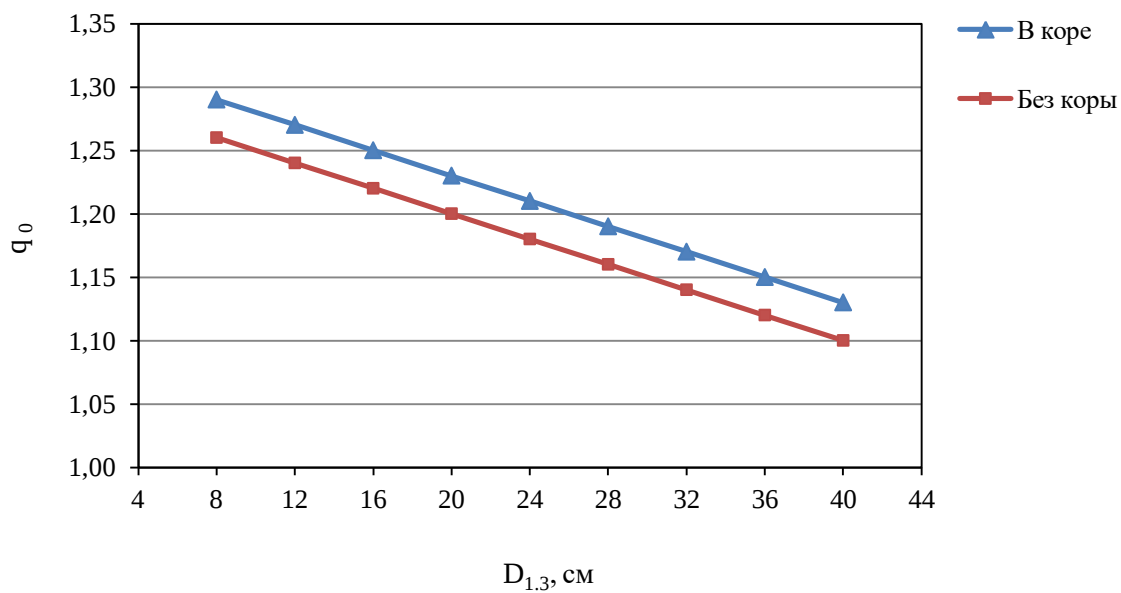
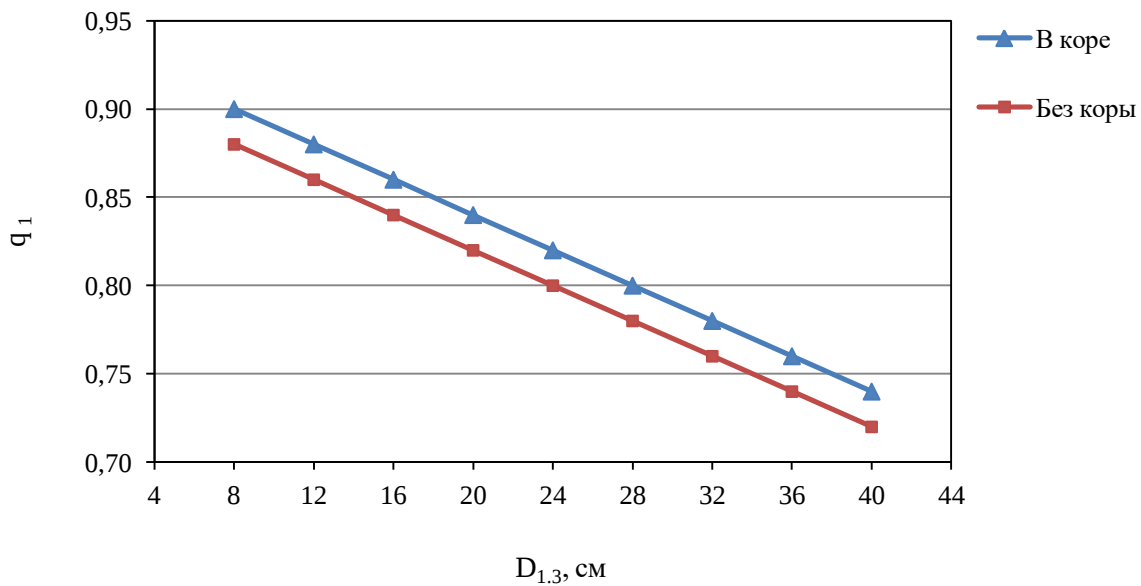
Таблица Д.2 – Корреляционная матрица основных таксационных показателей и характеристик формы стволов крупномерных стволов березы (без коры)

	А, лет	Н, м	D _{1.3} , см	q ₀	q ₁	q ₂	q ₃	f
А, лет	1							
Н, м	0,699	1						
D _{1.3} , см	0,632	0,807	1					
q ₀	-0,117	-0,125	-0,204	1				
q ₁	-0,435	-0,288	-0,449	0,396	1			
q ₂	-0,264	-0,154	-0,328	0,281	0,733	1		
q ₃	-0,505	-0,654	-0,743	0,267	0,493	0,475	1	
f	-0,343	-0,229	-0,421	0,385	0,880	0,840	0,574	1

Приложение Е

(обязательное)

Связь величин коэффициентов формы с диаметрами стволов

Рисунок Е.1 – Зависимость коэффициента формы (q_0) от диаметраРисунок Е.2 – Зависимость коэффициента формы (q_1) от диаметра

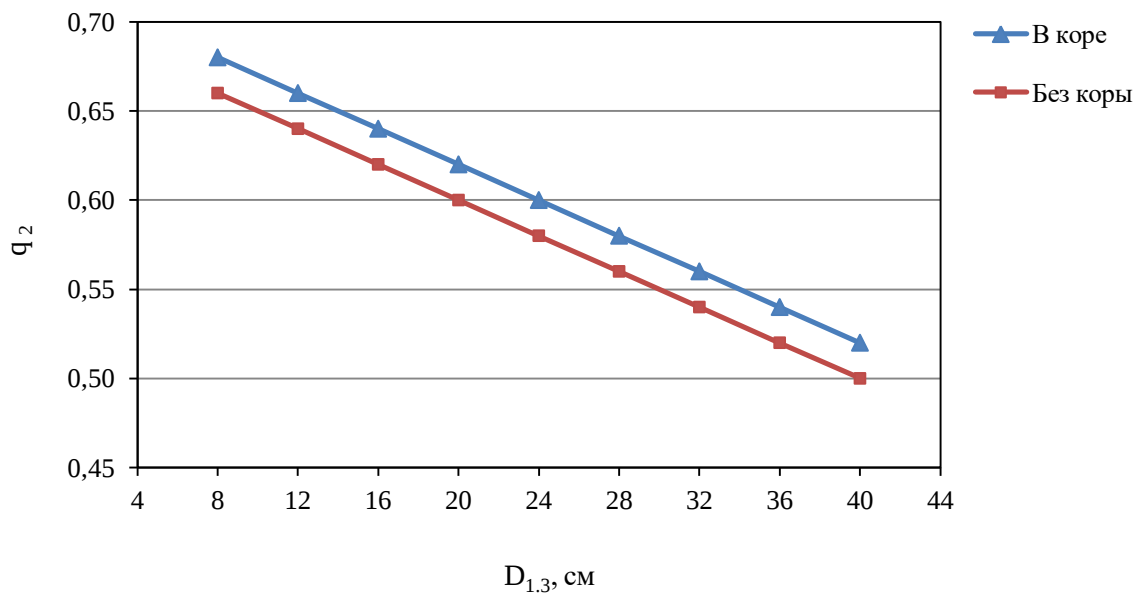


Рисунок Е.3 – Зависимость коэффициента формы (q_2) от диаметра

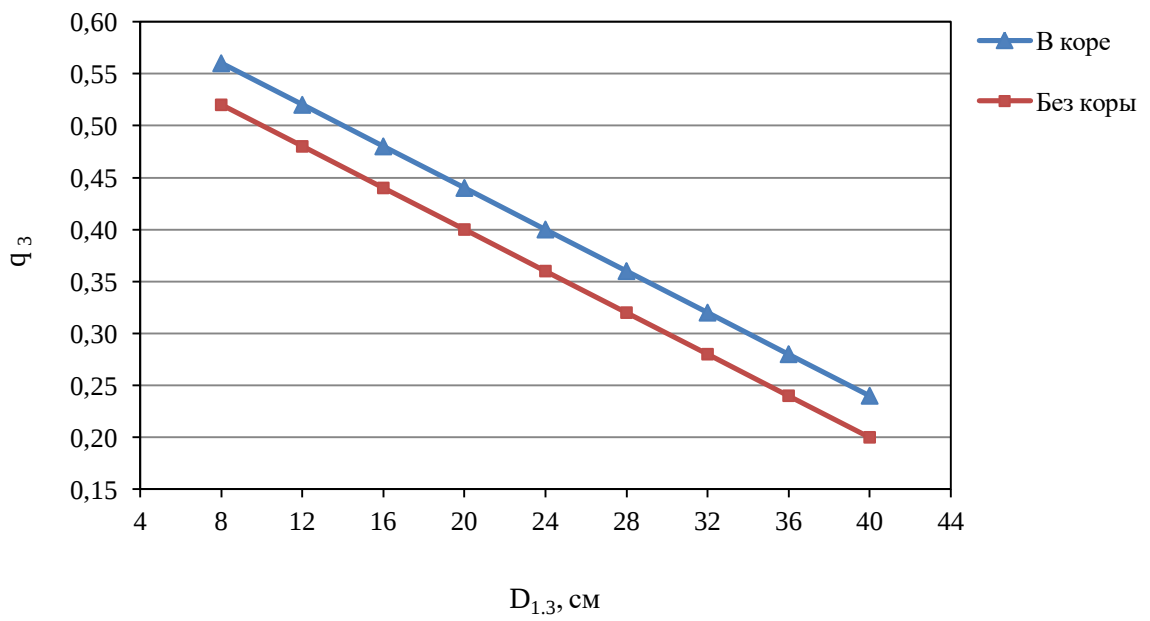


Рисунок Е.4 – Зависимость коэффициента формы (q_3) от диаметра

Приложение Ж
(обязательное)
Таблицы объема и сбега

Таблица Ж.1 – I разряд высот

D _{1.3} , см	H, м	V ст., м ³ в коре		1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	% коры
		без коры														
8	13	0,033	d	9,3	6,9	5,9	4,9	3,6	2,0	-	-	-	-	-	-	16
			v	0,014	0,008	0,006	0,004	0,002	0,001	-	-	-	-	-	-	
		0,028	d	8,4	6,3	5,5	4,5	3,4	1,8	-	-	-	-	-	-	
			v	0,011	0,006	0,005	0,003	0,002	0,001	-	-	-	-	-	-	
12	17	0,093	d	13,9	10,8	9,8	8,3	7,3	6,1	4,7	2,3	-	-	-	-	15
			v	0,030	0,018	0,015	0,011	0,008	0,006	0,004	0,001	-	-	-	-	
		0,079	d	12,6	10,0	9,1	7,7	6,8	5,6	4,3	1,9	-	-	-	-	
			v	0,025	0,016	0,013	0,009	0,007	0,005	0,003	0,001	-	-	-	-	
16	20	0,199	d	18,5	15,2	13,8	12,5	11,1	9,7	8,1	6,2	3,9	2,7	-	-	15
			v	0,054	0,036	0,030	0,025	0,019	0,015	0,010	0,006	0,002	0,001	-	-	
		0,169	d	16,9	14,1	12,8	11,6	10,4	9,1	7,5	5,7	3,4	2,2	-	-	
			v	0,045	0,031	0,026	0,021	0,017	0,013	0,009	0,005	0,002	0,001	-	-	
20	22	0,327	d	23,2	19,0	17,2	15,6	13,9	13,0	11,2	9,1	6,4	4,9	3,4	-	15
			v	0,085	0,057	0,047	0,038	0,030	0,027	0,020	0,013	0,006	0,004	0,002	-	
		0,278	d	21,2	17,5	15,9	14,5	12,9	12,1	10,4	8,4	5,7	4,3	2,9	-	
			v	0,071	0,048	0,040	0,033	0,026	0,023	0,017	0,011	0,005	0,003	0,001	-	
24	24	0,512	d	27,8	22,8	20,6	19,7	17,7	16,7	14,6	12,2	9,3	7,7	5,9	4,0	15
			v	0,121	0,082	0,067	0,061	0,049	0,044	0,034	0,023	0,014	0,009	0,006	0,003	
		0,433	d	25,4	21,0	19,0	18,3	16,5	15,5	13,5	11,2	8,4	6,9	5,1	3,3	
			v	0,101	0,069	0,057	0,053	0,043	0,038	0,029	0,020	0,011	0,008	0,004	0,002	
28	25	0,751	d	32,4	28,0	25,2	23,0	21,8	19,5	18,3	15,7	12,8	10,9	6,8	4,7	15
			v	0,165	0,123	0,099	0,083	0,075	0,060	0,053	0,039	0,026	0,019	0,007	0,004	
		0,640	d	29,6	25,8	23,4	21,4	20,3	18,1	17,0	14,6	11,8	9,9	5,9	3,9	
			v	0,138	0,105	0,086	0,072	0,065	0,052	0,045	0,034	0,022	0,015	0,006	0,002	

Таблица Ж.2 – II разряд высот

D _{1,3} , см	H, м	V ст., м ³ в коре		1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	% коры
		без коры													
8	11	0,024	d	8,0	6,6	5,2	3,6	2,0	-	-	-	-	-	-	15
			v	0,010	0,007	0,004	0,002	0,001	-	-	-	-	-	-	
		0,020	d	7,3	6,1	4,8	3,4	1,8	-	-	-	-	-	-	
			v	0,008	0,006	0,004	0,002	0,001	-	-	-	-	-	-	
12	15	0,078	d	12,0	10,8	9,8	7,8	6,7	5,5	2,2	-	-	-	-	15
			v	0,023	0,018	0,015	0,010	0,007	0,005	0,001	-	-	-	-	
		0,067	d	11,0	10,0	9,1	7,3	6,2	5,1	1,8	-	-	-	-	
			v	0,019	0,016	0,013	0,008	0,006	0,004	0,001	-	-	-	-	
16	18	0,175	d	18,5	14,4	13,1	11,8	10,4	9,0	6,2	3,9	2,7	-	-	15
			v	0,054	0,033	0,027	0,022	0,017	0,013	0,006	0,002	0,001	-	-	
		0,149	d	16,9	13,4	12,2	11,0	9,7	8,4	5,6	3,4	2,2	-	-	
			v	0,045	0,028	0,023	0,019	0,015	0,011	0,005	0,002	0,001	-	-	
20	20	0,311	d	23,2	19,0	17,2	15,6	13,9	12,1	10,2	7,8	4,9	3,4	-	14
			v	0,085	0,057	0,047	0,038	0,030	0,023	0,016	0,010	0,004	0,002	-	
		0,267	d	21,2	17,6	16,0	14,5	13,0	11,3	9,4	7,1	4,3	2,9	-	
			v	0,071	0,049	0,042	0,033	0,027	0,020	0,014	0,008	0,003	0,001	-	
24	22	0,471	d	27,8	22,8	20,6	18,7	16,7	15,6	13,5	10,9	7,7	5,9	4,0	15
			v	0,121	0,082	0,067	0,055	0,044	0,038	0,029	0,019	0,009	0,006	0,003	
		0,400	d	25,4	21,0	19,1	17,4	15,5	14,5	12,5	10,0	6,9	5,1	3,3	
			v	0,101	0,069	0,057	0,048	0,038	0,033	0,025	0,016	0,008	0,004	0,002	
28	23	0,671	d	32,4	26,6	24,1	23,0	20,7	18,3	15,7	14,3	10,9	6,8	4,7	15
			v	0,165	0,111	0,091	0,083	0,067	0,053	0,039	0,032	0,019	0,007	0,004	
		0,571	d	29,6	24,6	22,4	21,4	19,3	17,0	14,6	13,2	9,9	5,9	3,9	
			v	0,138	0,095	0,079	0,072	0,058	0,045	0,034	0,027	0,015	0,006	0,002	

Таблица Ж.3 – III разряд высот

D _{1,3} , см	H, м	V ст., м ³ в коре		1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	% коры
		без коры												
8	9	0,020	d	7,6	6,2	4,9	2,6	-	-	-	-	-	-	17
			v	0,009	0,006	0,004	0,001	-	-	-	-	-	-	
		0,017	d	6,9	5,7	4,5	2,4	-	-	-	-	-	-	
			v	0,008	0,005	0,003	0,001	-	-	-	-	-	-	
12	13	0,074	d	13,9	10,3	8,9	7,3	5,5	2,9	-	-	-	-	16
			v	0,030	0,017	0,012	0,008	0,005	0,001	-	-	-	-	
		0,062	d	12,6	9,5	8,3	6,8	5,1	2,5	-	-	-	-	
			v	0,025	0,014	0,011	0,007	0,004	0,001	-	-	-	-	
16	16	0,161	d	18,5	14,4	13,1	11,1	9,7	7,3	5,1	2,7	-	-	15
			v	0,054	0,033	0,027	0,019	0,015	0,008	0,004	0,001	-	-	
		0,137	d	16,9	13,4	12,2	10,3	9,0	6,7	4,6	2,2	-	-	
			v	0,045	0,028	0,023	0,017	0,013	0,007	0,003	0,001	-	-	
20	18	0,280	d	23,2	19,0	17,2	14,8	13,0	10,2	7,8	4,9	3,4	-	15
			v	0,085	0,057	0,047	0,034	0,027	0,016	0,010	0,004	0,002	-	
		0,237	d	21,2	17,5	15,9	13,8	12,1	9,4	7,1	4,3	2,9	-	
			v	0,071	0,048	0,040	0,030	0,023	0,014	0,008	0,003	0,001	-	
24	20	0,447	d	27,8	22,8	20,6	18,7	16,7	14,6	12,2	9,3	5,9	4,0	15
			v	0,121	0,082	0,067	0,055	0,044	0,034	0,023	0,014	0,006	0,003	
		0,380	d	25,4	21,1	19,1	17,4	15,5	13,5	11,3	8,5	5,1	3,3	
			v	0,101	0,070	0,057	0,048	0,038	0,029	0,020	0,011	0,004	0,002	
28	21	0,609	d	32,4	26,6	24,1	21,8	19,5	17,0	14,3	10,9	6,8	4,7	15
			v	0,165	0,111	0,091	0,075	0,060	0,045	0,032	0,019	0,007	0,004	
		0,519	d	29,7	24,6	22,4	20,3	18,1	15,8	13,2	9,9	6,0	3,9	
			v	0,139	0,095	0,079	0,065	0,052	0,039	0,027	0,015	0,006	0,002	

Приложение И

(обязательное)

Таблицы выхода пилопродукции

Таблица И.1 – Выход пилопродукции из деловых стволов березы (%).

I разряд высот

Ступень толщины, см	Объем ствола, м ³	Вид продукции	Выход пилопродукции из деловой древесины, %			
			1 сорта	2 сорта	3 сорта	Итого
18	0,2585	V пиловочника	17,8	15,8	15,3	48,9
		V пиломатериалов	10,0	8,3	6,9	25,2
		Vп. длиной 1 м и более	9,7	8,1	6,5	24,3
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,3	0,3	0,3	0,9
20	0,3274	V пиловочника	19,7	17,6	17,0	54,3
		V пиломатериалов	11,1	9,3	7,6	27,9
		Vп. длиной 1 м и более	10,7	9,0	7,2	26,9
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,3	0,3	0,4	1,0
22	0,4137	V пиловочника	20,2	18,0	17,5	55,7
		V пиломатериалов	11,4	9,5	7,8	28,7
		Vп. длиной 1 м и более	11,0	9,2	7,4	27,6
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,3	0,3	0,4	1,0
24	0,5116	V пиловочника	20,0	17,8	17,2	55,0
		V пиломатериалов	11,2	9,4	7,7	28,3
		Vп. длиной 1 м и более	10,9	9,1	7,3	27,3
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,3	0,3	0,4	1,0
26	0,6270	V пиловочника	19,3	17,2	16,7	53,2
		V пиломатериалов	10,8	9,1	7,5	27,4
		Vп. длиной 1 м и более	10,5	8,8	7,1	26,4
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,3	0,3	0,4	1,0
28	0,7507	V пиловочника	18,5	16,5	16,0	51,0
		V пиломатериалов	10,4	8,7	7,2	26,2
		Vп. длиной 1 м и более	10,1	8,4	6,8	25,3
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,3	0,3	0,4	1,0

Таблица И.2 – Выход пилопродукции из деловых стволов березы (%).

II разряд высот

Ступень толщины, см	Объем ствола, м ³	Вид продукции	Выход пилопродукции из деловой древесины, %			
			1 сорта	2 сорта	3 сорта	Итого
18	0,2367	V пиловочника	17,8	15,8	15,3	48,9
		V пиломатериалов	10,0	8,3	6,9	25,2
		Vп. длиной 1 м и более	9,7	8,1	6,5	24,3
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,3	0,3	0,3	0,9
20	0,3107	V пиловочника	19,7	17,6	17,0	54,3
		V пиломатериалов	11,1	9,3	7,6	27,9
		Vп. длиной 1 м и более	10,7	9,0	7,2	26,9
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,3	0,3	0,4	1,0
22	0,3850	V пиловочника	20,2	18,0	17,5	55,7
		V пиломатериалов	11,4	9,5	7,8	28,7
		Vп. длиной 1 м и более	11,0	9,2	7,4	27,6
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,3	0,3	0,4	1,0
24	0,4713	V пиловочника	20,0	17,8	17,2	55,0
		V пиломатериалов	11,2	9,4	7,7	28,3
		Vп. длиной 1 м и более	10,9	9,1	7,3	27,3
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,3	0,3	0,4	1,0
26	0,5672	V пиловочника	19,3	17,2	16,7	53,2
		V пиломатериалов	10,8	9,1	7,5	27,4
		Vп. длиной 1 м и более	10,5	8,8	7,1	26,4
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,3	0,3	0,4	1,0
28	0,6705	V пиловочника	18,5	16,5	16,0	51,0
		V пиломатериалов	10,4	8,7	7,2	26,2
		Vп. длиной 1 м и более	10,1	8,4	6,8	25,3
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,3	0,3	0,4	1,0

Таблица И.3 – Выход пилопродукции из деловых стволов березы (%).

III разряд высот

Ступень толщины, см	Объем ствола, м ³	Вид продукции	Выход пилопродукции из деловой древесины, %			
			1 сорта	2 сорта	3 сорта	Итого
18	0,2167	V пиловочника	17,8	15,8	15,3	48,9
		V пиломатериалов	10,0	8,3	6,9	25,2
		Vп. длиной 1 м и более	9,7	8,1	6,5	24,3
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,3	0,3	0,3	0,9
20	0,2801	V пиловочника	19,7	17,6	17,0	54,3
		V пиломатериалов	11,1	9,3	7,6	27,9
		Vп. длиной 1 м и более	10,7	9,0	7,2	26,9
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,3	0,3	0,4	1,0
22	0,3556	V пиловочника	20,2	18,0	17,5	55,7
		V пиломатериалов	11,4	9,5	7,8	28,7
		Vп. длиной 1 м и более	11,0	9,2	7,4	27,6
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,3	0,3	0,4	1,0
24	0,4470	V пиловочника	20,0	17,8	17,2	55,0
		V пиломатериалов	11,2	9,4	7,7	28,3
		Vп. длиной 1 м и более	10,9	9,1	7,3	27,3
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,3	0,3	0,4	1,0
26	0,5249	V пиловочника	19,3	17,2	16,7	53,2
		V пиломатериалов	10,8	9,1	7,5	27,4
		Vп. длиной 1 м и более	10,5	8,8	7,1	26,4
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,3	0,3	0,4	1,0
28	0,6085	V пиловочника	18,5	16,5	16,0	51,0
		V пиломатериалов	10,4	8,7	7,2	26,2
		Vп. длиной 1 м и более	10,1	8,4	6,8	25,3
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,3	0,3	0,4	1,0

Приложение К
(обязательное)

Таблицы выхода пилопродукции (в процентах от корневого запаса), расчетные данные

Таблица К.1 – Класс товарности 1

Средний диаметр, см	Общий выход пиловочника	В том числе			Общий выход пиломатериалов	В том числе			Общий выход пиломатериалов длиной 1 м и более	В том числе			Общий выход пиломатериалов длиной 0,5...0,9 м	В том числе		
		1 сорта	2 сорта	3 сорта		1 сорта	2 сорта	3 сорта		1 сорта	2 сорта	3 сорта		1 сорта	2 сорта	3 сорта
18	48,9	17,8	15,8	15,3	25,2	10,0	8,3	6,9	24,3	9,7	8,1	6,5	0,9	0,3	0,3	0,3
20	54,3	19,7	17,6	17,0	27,9	11,0	9,3	7,6	26,9	10,7	9,0	7,2	1,0	0,3	0,3	0,4
22	55,7	20,2	18,0	17,5	28,7	11,4	9,5	7,8	27,7	11,0	9,3	7,4	1,0	0,3	0,3	0,4
24	55,0	20,0	17,8	17,2	28,3	11,2	9,4	7,7	27,3	10,9	9,1	7,3	1,0	0,3	0,3	0,4
26	53,2	19,3	17,2	16,7	27,4	10,8	9,1	7,5	26,4	10,5	8,8	7,1	1,0	0,3	0,3	0,4
28	51,0	18,5	16,5	16,0	26,2	10,3	8,7	7,2	25,3	10,1	8,4	6,8	0,9	0,2	0,3	0,4

Таблица К.2 – Класс товарности 2

Средний диаметр, см	Общий выход пиловочника	В том числе			Общий выход пиломатериалов	В том числе			Общий выход пиломатериалов длиной 1 м и более	В том числе			Общий выход пиломатериалов длиной 0,5...0,9 м	В том числе		
		1 сорта	2 сорта	3 сорта		1 сорта	2 сорта	3 сорта		1 сорта	2 сорта	3 сорта		1 сорта	2 сорта	3 сорта
18	44,0	16,0	14,2	13,8	22,6	9,0	7,5	6,2	21,9	8,7	7,3	5,9	0,8	0,3	0,2	0,3
20	48,9	17,8	15,8	15,3	25,2	10,0	8,3	6,9	24,3	9,7	8,1	6,5	0,9	0,3	0,3	0,3
22	50,1	18,2	16,2	15,7	25,7	10,2	8,5	7,0	24,9	9,9	8,3	6,7	0,9	0,3	0,3	0,3
24	49,5	18,0	16,0	15,5	25,4	10,1	8,4	6,9	24,6	9,8	8,2	6,6	0,9	0,3	0,3	0,3
26	47,9	17,4	15,5	15,0	24,7	9,8	8,2	6,7	23,8	9,5	7,9	6,4	0,9	0,3	0,3	0,3
28	45,9	16,7	14,8	14,4	23,6	9,4	7,8	6,4	22,8	9,1	7,6	6,1	0,9	0,3	0,3	0,3

Таблица К.3 – Класс товарности 3

Средний диаметр, см	Общий выход пиловочника	В том числе			Общий выход пиломатериалов	В том числе			Общий выход пиломатериалов длиной 1 м и более	В том числе			Общий выход пиломатериалов длиной 0,5...0,9 м	В том числе		
		1 сорта	2 сорта	3 сорта		1 сорта	2 сорта	3 сорта		1 сорта	2 сорта	3 сорта		1 сорта	2 сорта	3 сорта
18	31,8	11,5	10,3	10,0	16,4	6,5	5,4	4,5	15,7	6,3	5,2	4,2	0,6	0,2	0,2	0,2
20	35,3	12,8	11,4	11,1	18,2	7,2	6,0	5,0	17,5	7,0	5,8	4,7	0,6	0,2	0,2	0,2
22	36,2	13,2	11,7	11,3	18,7	7,4	6,2	5,1	18,0	7,2	6,0	4,8	0,6	0,2	0,2	0,2
24	35,8	13,0	11,6	11,2	18,4	7,3	6,1	5,0	17,8	7,1	5,9	4,8	0,6	0,2	0,2	0,2
26	34,6	12,6	11,2	10,8	17,8	7,0	5,9	4,9	17,1	6,8	5,7	4,6	0,6	0,2	0,2	0,2
28	33,1	12,0	10,7	10,4	17,1	6,8	5,6	4,7	16,5	6,6	5,5	4,4	0,6	0,2	0,2	0,2

Таблица К.4 – Класс товарности 4

Средний диаметр, см	Общий выход пиловочника	В том числе			Общий выход пиломатериалов	В том числе			Общий выход пиломатериалов длиной 1 м и более	В том числе			Общий выход пиломатериалов длиной 0,5...0,9 м	В том числе		
		1 сорта	2 сорта	3 сорта		1 сорта	2 сорта	3 сорта		1 сорта	2 сорта	3 сорта		1 сорта	2 сорта	3 сорта
18	19,5	7,1	6,3	6,1	10,0	4,0	3,3	2,7	9,7	3,9	3,2	2,6	0,3	0,1	0,1	0,1
20	21,7	7,9	7,0	6,8	11,1	4,4	3,7	3,0	10,8	4,3	3,6	2,9	0,3	0,1	0,1	0,1
22	22,3	8,1	7,2	7,0	11,4	4,5	3,8	3,1	11,1	4,4	3,7	3,0	0,4	0,1	0,1	0,2
24	22,0	8,0	7,1	6,9	11,3	4,5	3,7	3,1	10,8	4,3	3,6	2,9	0,4	0,1	0,1	0,2
26	21,3	7,7	6,9	6,7	10,9	4,3	3,6	3,0	10,5	4,2	3,5	2,8	0,3	0,1	0,1	0,1
28	20,4	7,4	6,6	6,4	10,6	4,2	3,5	2,9	10,1	4,0	3,4	2,7	0,3	0,1	0,1	0,1

Приложение Л

(обязательное)

Модели общего выхода пиловочника и пиломатериалов

(коэффициенты уравнений и графики)

Таблица Л.1 – Коэффициенты уравнений и показатели их адекватности.

2 класс товарности

Вид пилопродукции	Коэффициенты уравнения			Коэффициент детерминации (R^2)	Стандартная ошибка (S)
	a	b	c		
Общий выход пиловочника	0,00001	0,740	6,925	0,97	1,77
В том числе: 1 сорта	0,000006	0,740	6,938	0,97	0,66
2 сорта	0,000005	0,739	6,948	0,97	0,56
3 сорта	0,000006	0,742	6,878	0,97	0,56
Общий выход пиломатериалов	0,00001	0,743	6,853	0,97	0,91
В том числе: 1 сорта	0,000004	0,744	6,816	0,97	0,37
2 сорта	0,000004	0,744	6,805	0,97	0,30
3 сорта	0,000001	0,733	7,119	0,96	0,27
Общий выход пиломатериалов длиной 1 м и более	0,00009	0,739	6,945	0,97	0,89
В том числе: 1 сорта	0,000004	0,743	6,828	0,97	0,35
2 сорта	0,000002	0,735	7,080	0,97	0,31
3 сорта	0,000001	0,736	7,044	0,97	0,24

Таблица Л.2 – Коэффициенты уравнений и показатели их адекватности.

3 класс товарности

Вид пилопродукции	Коэффициенты уравнения			Коэффициент детерминации (R^2)	Стандартная ошибка (S)
	a	b	c		
Общий выход пиловочника	0,00001	0,741	6,912	0,97	1,25
В том числе: 1 сорта	0,000005	0,742	6,871	0,98	0,42
2 сорта	0,000003	0,738	7,003	0,97	0,41
3 сорта	0,000004	0,740	6,915	0,97	0,43
Общий выход пиломатериалов	0,00007	0,741	6,908	0,97	0,67
В том числе: 1 сорта	0,000001	0,734	7,121	0,97	0,29
2 сорта	0,000002	0,740	6,906	0,98	0,19
3 сорта	0,000002	0,745	6,768	0,97	0,20
Общий выход пиломатериалов длиной 1 м и более	0,00006	0,740	6,953	0,97	0,63
В том числе: 1 сорта	0,000002	0,739	6,953	0,97	0,26
2 сорта	0,000001	0,739	6,994	0,97	0,21
3 сорта	0,000001	0,735	7,092	0,98	0,15

Таблица Л.3 – Коэффициенты уравнений и показатели их адекватности.

4 класс товарности

Вид пилопродукции	Коэффициенты уравнения			Коэффициент детерминации (R^2)	Стандартная ошибка (S)
	a	b	c		
Общий выход пиловочника	0,000008	0,741	6,912	0,97	0,78
В том числе: 1 сорта	0,000002	0,739	6,949	0,97	0,28
2 сорта	0,000002	0,740	6,957	0,97	0,25
3 сорта	0,000003	0,743	6,849	0,98	0,23
Общий выход пиломатериалов	0,000005	0,744	6,838	0,97	0,43
В том числе: 1 сорта	0,000001	0,743	6,851	0,97	0,18
2 сорта	0,000001	0,736	7,072	0,97	0,15
3 сорта	0,000002	0,754	6,560	0,98	0,10
Общий выход пиломатериалов длиной 1 м и более	0,000004	0,739	6,938	0,97	0,42
В том числе: 1 сорта	0,000009	0,731	7,190	0,96	0,18
2 сорта	0,000001	0,745	6,766	0,97	0,13
3 сорта	0,000007	0,733	7,101	0,97	0,11

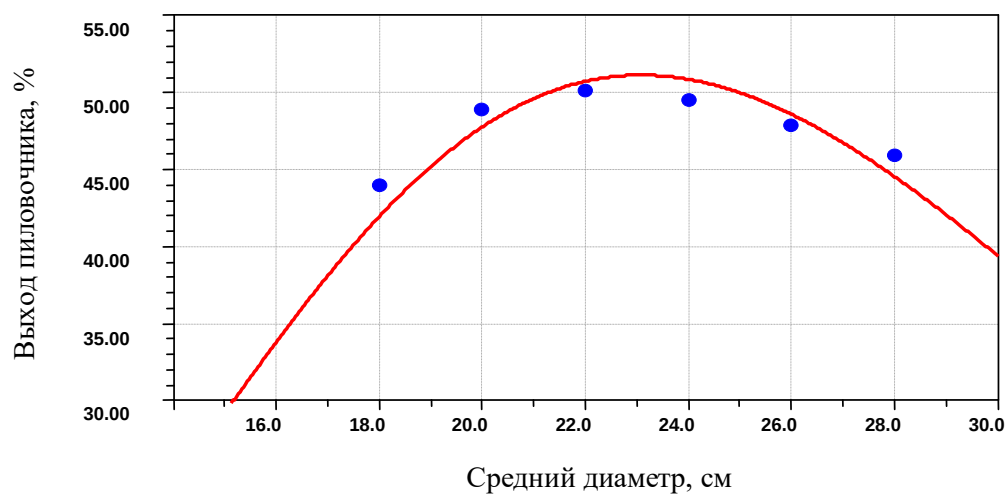


Рисунок Л.1 – Общий выход пиловочника. 2 класс товарности

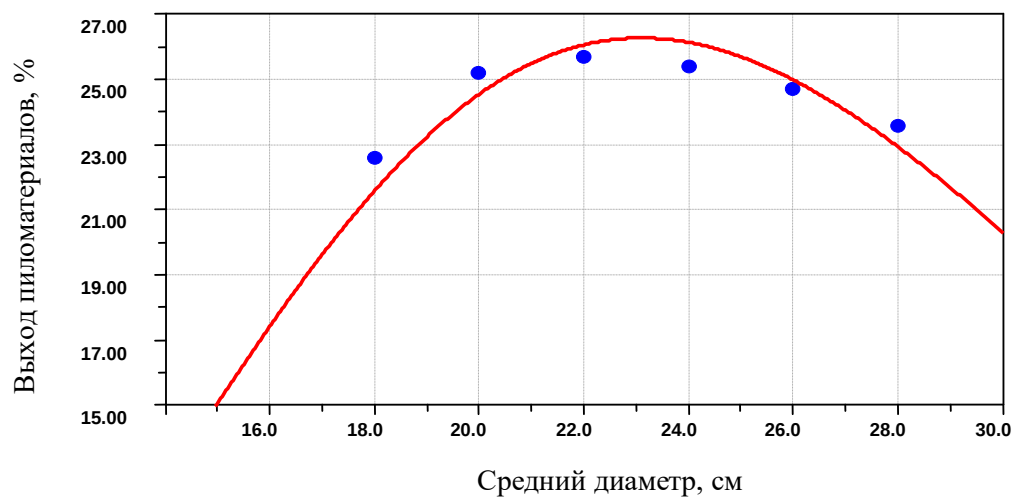


Рисунок Л.2 – Общий выход пиломатериалов. 2 класс товарности

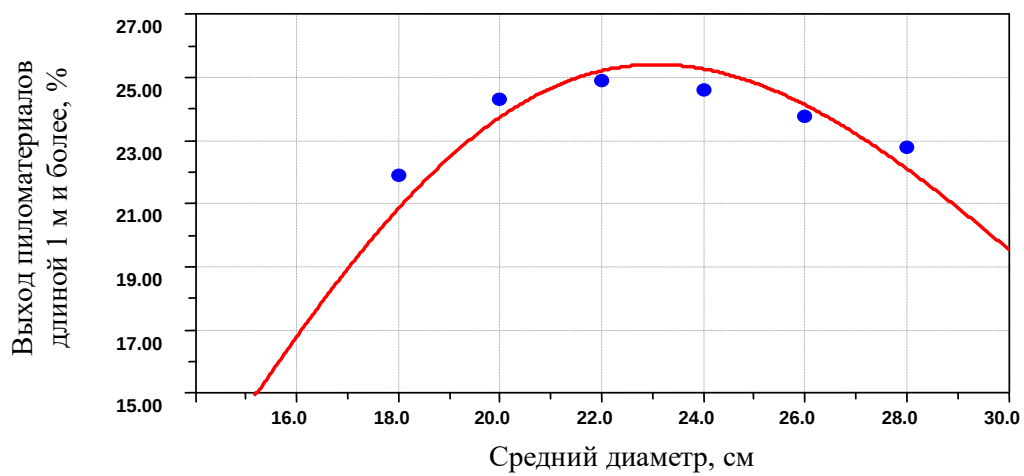


Рисунок Л.3 – Общий выход пиломатериалов длиной 1 м и более. 2 класс товарности

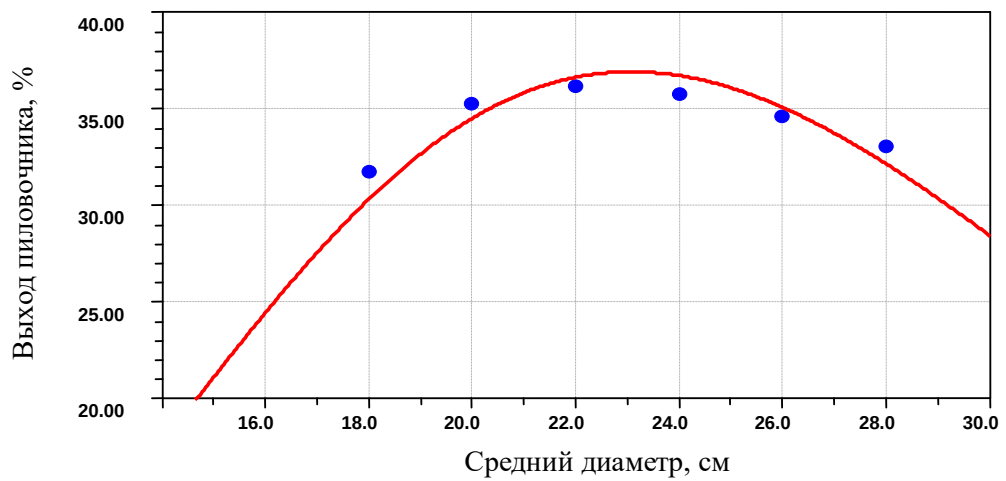


Рисунок Л.4 – Общий выход пиловочника. 3 класс товарности

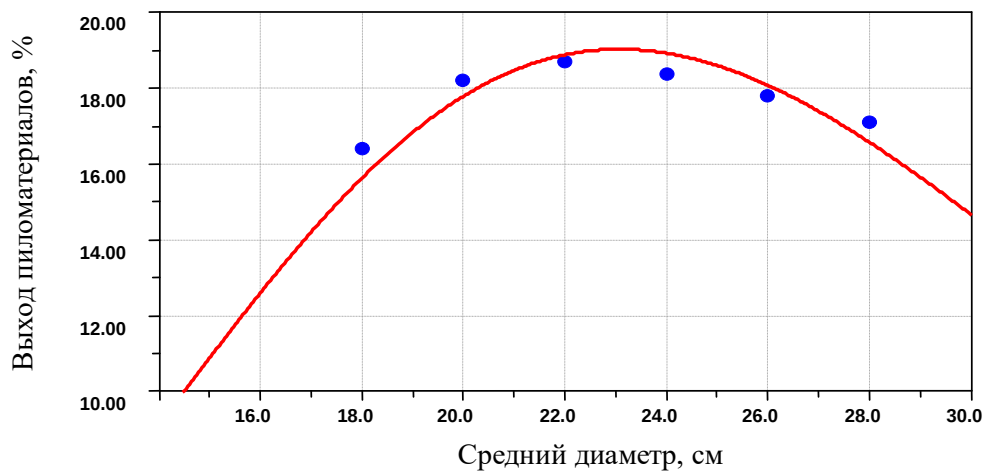


Рисунок Л.5 – Общий выход пиломатериалов. 3 класс товарности

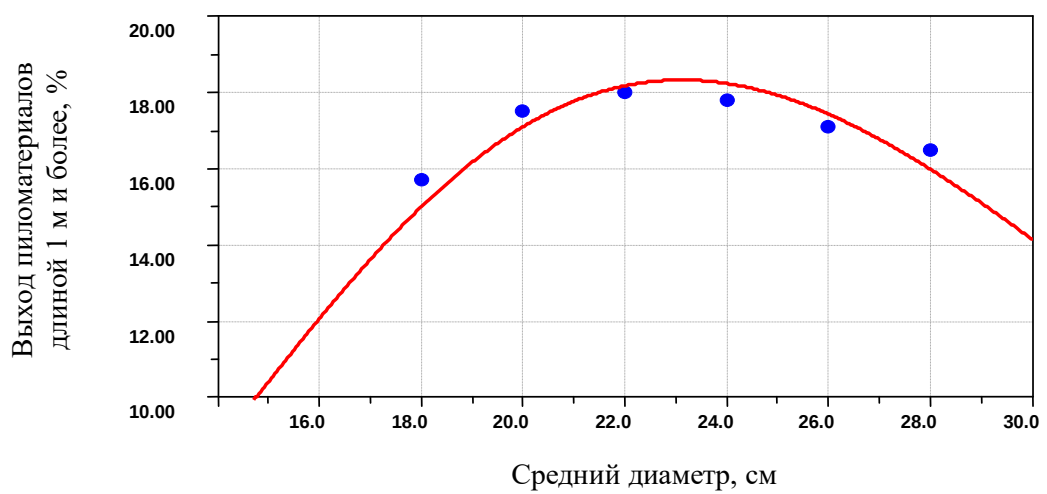


Рисунок Л.6 – Общий выход пиломатериалов длиной 1 м и более. 3 класс товарности

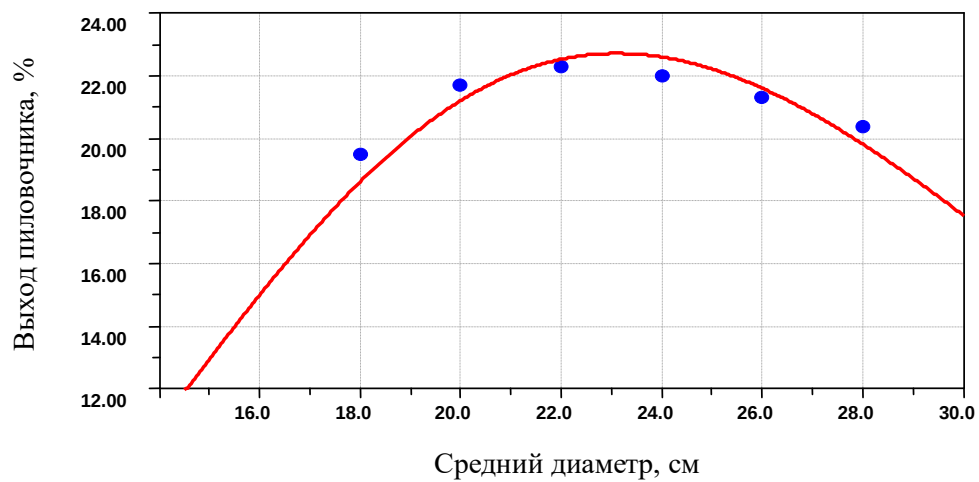


Рисунок Л.7 – Общий выход пиловочника. 4 класс товарности

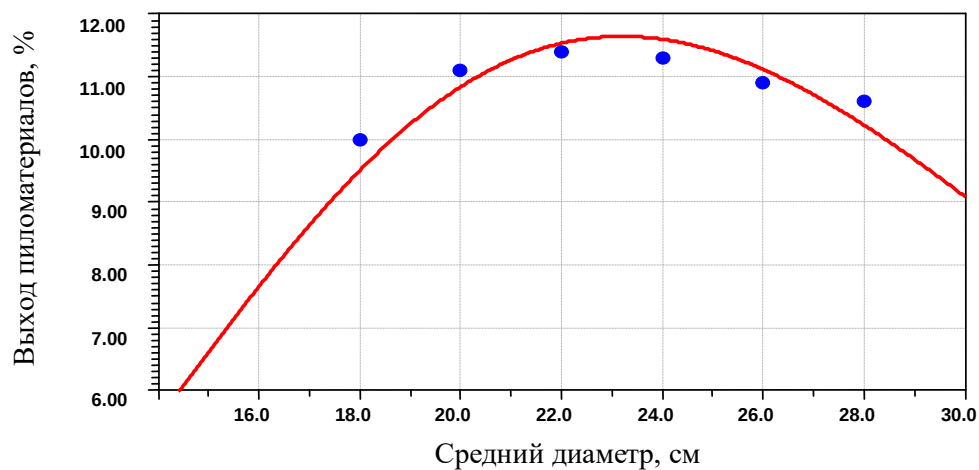


Рисунок Л.8 – Общий выход пиломатериалов. 4 класс товарности

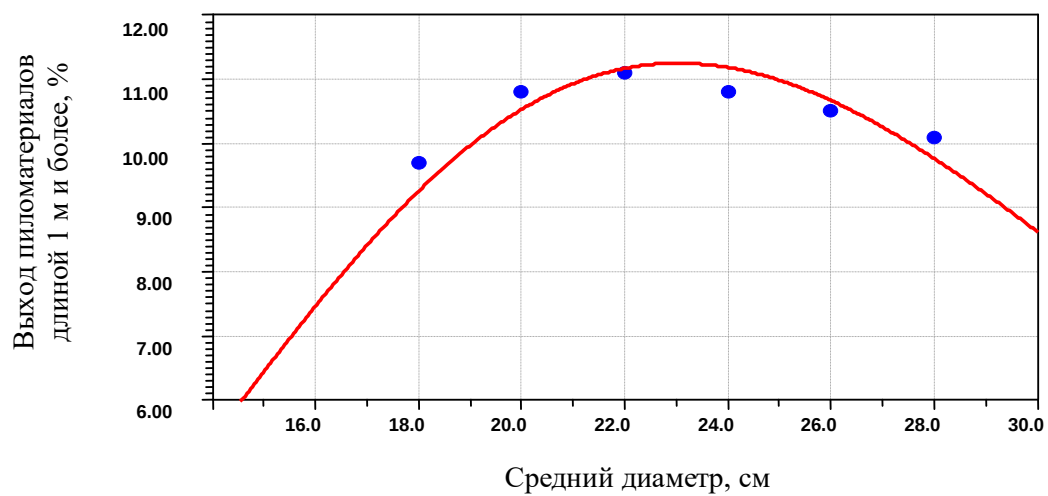


Рисунок Л.9 – Общий выход пиломатериалов длиной 1 м и более. 4 класс товарности

Приложение М
(обязательное)

Таблицы выхода пилопродукции (в процентах от корневого запаса), выровненные данные

Таблица М.1 – Класс товарности 1

Средний диаметр, см	Общий выход пиловочника	В том числе			Общий выход пиломатериалов	В том числе			Общий выход пиломатериалов длиной 1 м и более	В том числе			Общий выход пиломатериалов длиной 0,5...0,9 м	В том числе		
		1 сорта	2 сорта	3 сорта		1 сорта	2 сорта	3 сорта		1 сорта	2 сорта	3 сорта		1 сорта	2 сорта	3 сорта
18	46,7	17,0	15,1	14,6	24,0	9,5	8,0	6,5	23,2	9,2	7,7	6,2	0,8	0,2	0,3	0,3
20	53,1	19,3	17,2	16,6	27,3	10,8	9,0	7,5	26,4	10,5	8,8	7,1	1,0	0,3	0,3	0,4
22	56,4	20,5	18,2	17,7	29,0	11,5	9,6	7,9	28,0	11,1	9,4	7,5	1,0	0,3	0,3	0,4
24	56,5	20,5	18,3	17,7	29,1	11,5	9,7	7,9	28,0	11,2	9,3	7,5	1,0	0,3	0,3	0,4
26	54,0	19,6	17,5	16,9	27,8	11,0	9,2	7,6	26,8	10,7	8,9	7,2	1,0	0,3	0,3	0,4
28	49,5	17,9	16,0	15,5	25,4	10,0	8,4	7,0	24,6	9,8	8,2	6,6	0,9	0,2	0,3	0,4

Таблица М.2 – Класс товарности 2

Средний диаметр, см	Общий выход пиловочника	В том числе			Общий выход пиломатериалов	В том числе			Общий выход пиломатериалов длиной 1 м и более	В том числе			Общий выход пиломатериалов длиной 0,5...0,9 м	В том числе		
		1 сорта	2 сорта	3 сорта		1 сорта	2 сорта	3 сорта		1 сорта	2 сорта	3 сорта		1 сорта	2 сорта	3 сорта
18	42,0	15,3	13,5	13,2	21,6	8,5	7,2	5,9	20,9	8,3	7,0	5,6	0,8	0,3	0,2	0,3
20	47,8	17,3	15,5	15,0	24,6	9,8	8,1	6,7	23,8	9,5	7,9	6,4	0,9	0,3	0,3	0,3
22	50,7	18,5	16,4	15,8	26,1	10,4	8,6	7,1	25,2	10,0	8,4	6,8	0,9	0,3	0,3	0,3
24	50,5	18,4	16,4	15,7	25,8	10,3	8,5	7,0	25,1	10,1	8,3	6,7	0,9	0,3	0,3	0,3
26	48,6	17,7	15,7	15,2	25,0	9,9	8,3	6,8	24,1	9,6	8,0	6,5	0,9	0,3	0,3	0,3
28	44,5	16,2	14,3	14,0	22,9	9,1	7,6	6,2	22,1	8,8	7,3	6,0	0,9	0,3	0,3	0,3

Таблица М.3 – Класс товарности 3

Средний диаметр, см	Общий выход пиловочника	В том числе			Общий выход пиломатериалов	В том числе			Общий выход пиломатериалов длиной 1 м и более	В том числе			Общий выход пиломатериалов длиной 0,5...0,9 м	В том числе		
		1 сорта	2 сорта	3 сорта		1 сорта	2 сорта	3 сорта		1 сорта	2 сорта	3 сорта		1 сорта	2 сорта	3 сорта
18	30,4	11,1	9,8	9,5	15,7	6,2	5,2	4,3	15,0	6,0	5,0	4,0	0,6	0,2	0,2	0,2
20	34,6	12,5	11,3	10,8	17,8	7,1	5,8	4,9	17,1	6,8	5,7	4,6	0,6	0,2	0,2	0,2
22	36,7	13,3	11,9	11,5	18,9	7,5	6,2	5,2	18,2	7,3	6,0	4,9	0,6	0,2	0,2	0,2
24	36,4	13,2	11,8	11,4	18,8	7,4	6,3	5,1	18,1	7,2	6,1	4,8	0,6	0,2	0,2	0,2
26	35,1	12,8	11,3	11,0	18,1	7,1	6,0	5,0	17,4	7,0	5,7	4,7	0,6	0,2	0,2	0,2
28	32,1	11,7	10,4	10,0	16,6	6,4	5,5	4,5	16,0	6,4	5,3	4,3	0,6	0,2	0,2	0,2

Таблица М.4 – Класс товарности 4

Средний диаметр, см	Общий выход пиловочника	В том числе			Общий выход пиломатериалов	В том числе			Общий выход пиломатериалов длиной 1 м и более	В том числе			Общий выход пиломатериалов длиной 0,5...0,9 м	В том числе		
		1 сорта	2 сорта	3 сорта		1 сорта	2 сорта	3 сорта		1 сорта	2 сорта	3 сорта		1 сорта	2 сорта	3 сорта
18	18,7	6,8	6,0	5,9	9,5	3,7	3,2	2,6	9,3	3,7	3,1	2,5	0,3	0,1	0,1	0,1
20	21,2	7,7	6,8	6,7	10,8	4,3	3,6	2,9	10,5	4,2	3,5	2,8	0,3	0,1	0,1	0,1
22	22,6	8,2	7,3	7,1	11,5	4,6	3,8	3,1	11,2	4,5	3,7	3,0	0,4	0,1	0,1	0,2
24	22,5	8,2	7,3	7,0	11,6	4,6	3,8	3,2	11,2	4,5	3,7	3,0	0,4	0,1	0,1	0,2
26	21,6	7,8	7,0	6,8	11,1	4,4	3,7	3,0	10,7	4,2	3,6	2,9	0,3	0,1	0,1	0,1
28	19,8	7,2	6,4	6,2	10,2	4,0	3,4	2,8	9,8	3,9	3,3	2,6	0,3	0,1	0,1	0,1