

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева»

На правах рукописи

КУЛАКОВА НАДЕЖДА НИКОЛАЕВНА
«СТРУКТУРА, ДИНАМИКА И ОСОБЕННОСТИ ТАКСАЦИИ
ЛИСТВЕННИЧНИКОВ В НИЖНЕМ ПРИАНГАРЬЕ»

06.03.02 – Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени кандидата
сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор: **Шевелев Сергей Леонидович**

Красноярск, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР.....	7
1.1 Лиственница сибирская. Биологическая характеристика и ареал распространения.....	7
1.2 Современное состояние вопроса	12
2 ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ.....	18
3 МЕТОДИКА СБОРА ДАННЫХ И ОБЪЕМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА	24
4 ФОРМИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ МАССИВОВ ЛИСТВЕННИЦЫ В НИЖНЕМ ПРИАНГАРЬЕ	28
4.1 Лесной массив, как объект изучения	29
4.2 Оценка устойчивости формирования лесного массива	31
4.3 Методические положения изучения структуры лесных массивов	34
4.4 Структура и особенности лесного массива	37
4.4.1 Структура лесного массива по продуктивности насаждений	39
4.4.2 Возрастная структура лесного массива	40
4.4.3 Структура лесного массива по величинам средних диаметров древостоев ..	43
4.4.4 Структура лесного массива по величине средних высот.....	46
4.4.5 Структура лесного массива по относительной полноте древостоев	47
4.4.6 Структура лесного массива по величине запасов древостоев.....	49
4.4.7 Сопоставление структуры лесных массивов лиственницы в различных регионах Приенисейской Сибири.....	53
5 ДИНАМИКА ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ.....	56
6 ОСОБЕННОСТИ ФОРМЫ СТВОЛОВ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ	65
6.1 Коэффициенты формы стволов лиственницы сибирской.....	65
6.2 Видовые числа	68
6.3 Влияние коры на форму и полндревесность стволов лиственницы	71
6.3.1 Объемы коры лиственницы.....	71
6.3.2 Формирование коры у стволов лиственницы на высоте 1,3 м.	75
6.3.3 Размеры коры на различных участках стволов.....	77
6.3.4 Динамика прироста коры	81
6.3.5 Влияние коры на полндревесность стволов лиственницы	84

6.4 Особенности изменения видовых высот, видовых диаметров, видовых площадей сечения.....	89
6.4.1 Связь видовой высоты с высотой дерева.....	90
6.4.2 Видовые диаметры	96
6.4.3 Упрощенные формулы для определения объемов стволов лиственницы сибирской	98
6.5 Таксация комлевых сортиментов стволов лиственницы сибирской	102
ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ	112
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	114
ПРИЛОЖЕНИЕ А	128
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	131
ПРИЛОЖЕНИЕ В	132
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	133
ПРИЛОЖЕНИЕ Д	134
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	136

Актуальность темы исследования. В Нижнем Приангарье древостои с преобладанием лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) занимают 2220,1 тыс. га, что составляет 24 % лесопокрытой площади. Активная эксплуатация лесных ресурсов Нижнего Приангарья отразилась на структуре лесных формаций, оказала влияние на качественном состоянии древостоев. К тому же некоторым аспектам таксационной оценки древостоев этого региона до сих пор не было уделено достаточного внимания. Решение вопросов, позволяющих повысить точность таксации лиственничников, обуславливает проведение данного исследования.

К числу рассмотренных в работе вопросов относятся особенности формирования лесных массивов с преобладанием лиственницы сибирской, установление закономерностей динамики таксационных показателей лиственничных древостоев, установление особенностей формирования стволов деревьев лиственницы сибирской и разработка на их основе более точных способов оценки деловых лесоматериалов.

Степень разработанности. Вопросы совершенствования способов оценки лиственничников в Приенисейской Сибири стали предметом исследования достаточно давно [71,72,73, 124].

Однако, на территории Нижнего Приангарья в лиственничных насаждениях исследования велись в основном с позиции лесоводства и лесной типологии [16,17]. Фрагментарно особенностям таксации, построению таксационных нормативов лиственничников района исследования посвящены работы Э.Н. Фалалеева [118], В.С.Полякова [88,89,90,91], В.И. Пчелинцева [92,93] и др.

Настоящее исследование направлено на устранение ряда пробелов в способах оценки этой лесной формации, являющейся источником многих продуктов.

Цель и задачи исследования. Целью работы является совершенствование методов таксации и нормативной базы оценки лиственничных древостоев в Нижнем Приангарье. Для её достижения решались следующие задачи:

-установление характера структуры лесных массивов из лиственницы сибирской;

-определение характера динамики средних таксационных показателей лиственничных древостоев;

-изучение особенностей и изменчивости формы стволов лиственницы сибирской и разработка на их основе таксационных нормативов.

Научная новизна работы обусловлена тем, что впервые в условиях региона изучены особенности формирования лесных массивов из лиственницы сибирской, проанализирована динамика средних таксационных показателей древостоев травяной группы типов леса, установлены особенности изменения формы древесных стволов лиственницы без коры, построены уточненные таблицы для оценки деловых лесоматериалов из комлевых частей стволов лиственницы сибирской.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость проведенного исследования заключается в разработке положений, показывающих направления необходимого совершенствования методов таксации лиственничников в районе исследования, а также в разработке положения о близости строения лесных массивов в различных регионах Приенисейской Сибири.

Практическую значимость имеют математические модели и таксационные нормативы, разработанные в процессе исследования.

Методология и методы исследования. Методологической основой проведенных исследований явились разработки отечественных и зарубежных ученых в области таксации и лесоведения, и оценки лиственничников в Приенисейской Сибири.

Сбор полевых данных осуществлялся методом пробных площадей с учетом требований ОСТ-56-69-83 «Пробные площади лесоустойчивые. Методы закладки». Обработка данных велась с использованием методов математической статистики.

Основные положения, выносимые на защиту:

- особенности структуры лесного массива из лиственницы сибирской в Нижнем Приангарье;
- динамика средних таксационных показателей лиственничников травяной группы типов леса;
- особенности изменчивости формы стволов лиственницы и нормативы для определения объема сортиментов из комлевых частей стволов.

Степень достоверности и апробации результатов. Достоверность полученных результатов обусловлена достаточным объемом экспериментальных данных, обработанных современными методами, а также сопоставлением полученных результатов с известными аналогами.

Основные результаты исследований были представлены и обсуждались на региональных и всероссийских конференциях:

- Всероссийская научно-практическая конференция «Лесной и химический комплексы – проблемы и решения», г. Красноярск, 29-30 октября 2015 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.
- IV Научно-техническая конференция «Леса России: политика, промышленность, наука, образование», г. Санкт-Петербург, 22-24 мая 2019 г.

Личный вклад автора. Автор принимал личное участие в сборе полевых данных. Им проведена их обработка, сделан анализ полученных результатов, сформулированы выводы.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 8 статей, в том числе 5 в рецензируемых журналах (1 – Scopus, 4 – по списку ВАК).

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 137 страницах текста. Состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы, включающего 144 наименования, в том числе на 6 иностранных языках. Работа включает 56 таблиц, 40 рисунков, 6 приложений.

1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

1.1 Лиственница сибирская. Биологическая характеристика и ареал распространения

Лиственница сибирская (*Larix sibirica Ledeb.*) является типичным представителем рода *Larix*, который объединяет более 10 видов, произрастающих в Европе, Азии и Северной Америке, хотя В.Н. Сукачев насчитывал 14 видов [36,37]. Но, несмотря на то, что лиственница стала объектом пристального внимания геоботаников в середине 18 века, до сих пор ее систематика находится в стадии изучения и конкретизации.

Лиственница сибирская – это крупное стройное дерево, достигающее в благоприятных условиях, на глубоких дерново-подзолистых почвах высоты 40-45 м и более, и диаметра на высоте груди, иногда превышающего 1.5 м - и это не предельные размеры, так, Э.Н. Фалеевым [124] в Верхне-Бирюсинском лесничестве учебно-опытного лесхоза СибГТУ обмерено дерево лиственницы сибирской, имеющее высоту 54 м.

Лиственница сибирская является одной из наиболее долгоживущих пород, возраст которой может достигать 900 и более лет, а средняя продолжительность – 300-400 лет.

Варьирование различных характеристик лиственницы сибирской указал в своей работе Н.В. Дылис [36]. Как оказалось, самой изменчивой характеристикой породы является длина шишек, имеет сильное варьирование как среди шишек с одного дерева, так и с урожая одного года. Ширина шишек также, как и длина имеет достаточно большое варьирование, при этом имеет определенную закономерность - чем больше длина шишки, больше будет и ширина.

Очень сложно определить и форму кроны у лиственницы сибирской, так как с разных сторон она выглядит по-разному. В районе р. Ангары можно выделить 2 группы по строению и форме кроны. 1 группа, наиболее обычная и распространенная, имеет кроны в общем яйцевидно-пирамидальные (или по В.Н. Сукачеву – яйцевидно-конические). Вторая группа имеет кроны пирамидальные

(елевидные) и встречается довольно редко, причем определенной закономерности условий произрастания не наблюдается.

Особое внимание уделяется формированию кроны при выращивании лиственницы на лесосеменных плантациях. Для лиственницы необходимо выращивать низкоштамбовые деревья, для удобства сбора семенного материала. Для цветения и плодоношения по всей площади кроны, ей стоит придавать пирамидальную форму, чтобы была освещена также и нижняя часть.

Ствол у лиственницы сибирской обычно прямой, ровный, высоко очищен от сучьев, конусовидно-цилиндрический. Но в зависимости от климатических условий произрастания может менять свою форму. Например, высоко в горах стволы лиственницы часто искривлены, согнуты, либо могут принимать стелющуюся форму, что может привести к сильной сбежистости. Также стволы с сильным сбегом можно обнаружить и в таежной зоне.

У лиственницы сибирской есть одна особенность - чрезмерное утолщение комлевой части, в следствие чего ствол принимает бутылеобразный вид. Хотя в Восточной Сибири закомелистость выражена не так часто, по сравнению с Западной Сибирью, где это явление уже является обычным [37], но достаточно широко распространено.

Из лиственницы получают целлюлозу, скипидар, терпентин, лекарственные препараты, дубильные вещества и другую ценную продукцию [20,36,46.]. Широко используется как первоклассное высококалорийное топливо, для выжигания угля и в качестве сырья для химической переработки, получения целлюлозы, спирта, скипидара, терпентина и др.

Род лиственницы распространился на огромных территориях, сформировав в различных естественных условиях ряд видов. И по настоящее время лиственница является доминирующей лесообразующей породой на территории нашей страны.

В свое время В.Н.Сукачев отмечал, что по территории, которую занимают лиственничные леса в Сибири, они должны быть поставлены на первое место среди лесов других пород СССР. Но, из-за распространения на малоосвоенных человеком территориях, лиственничники являются недостаточно изученными. В общем по

мере движения через Урал к восточной части страны, что роль лиственницы, как лесообразователя, увеличивается.

На территории бывшего СССР лиственница занимает 40,2 % всей площади, занятой лесами, при этом в лесах Сибири и Дальнего Востока лиственничники занимают более половины покрытой лесом площади (рисунок 1.1).

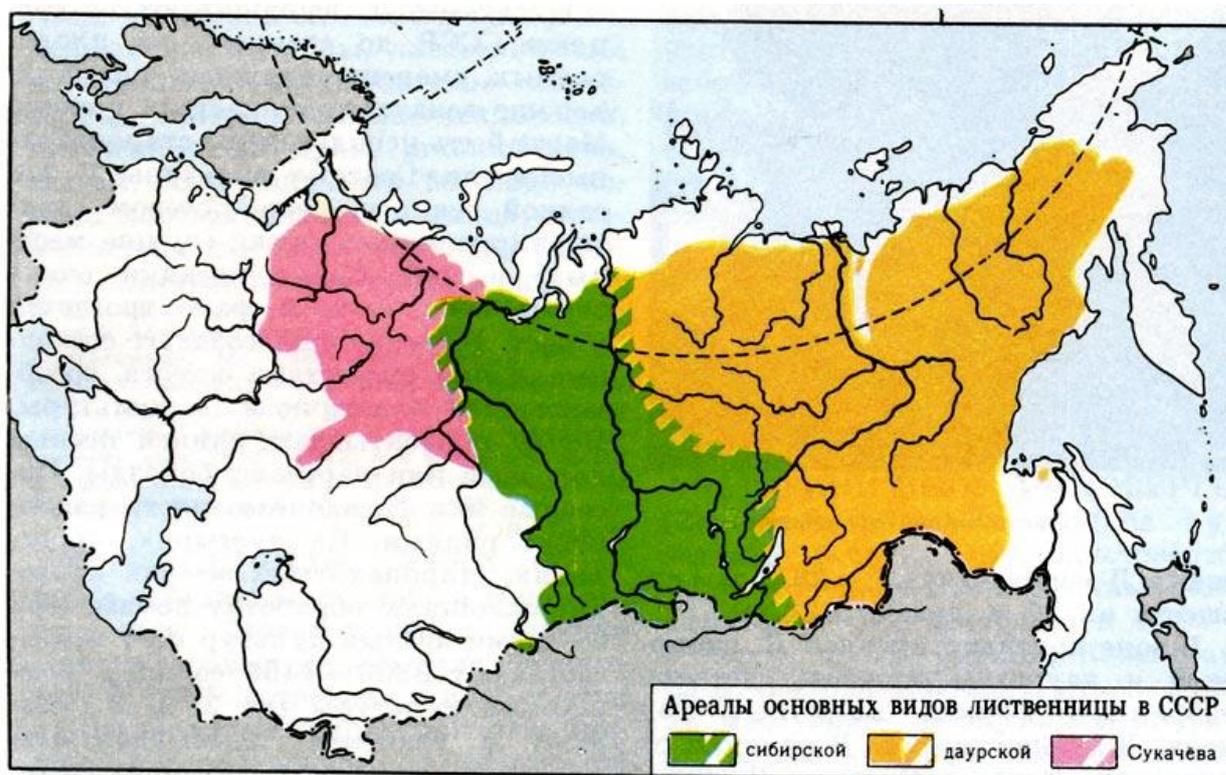


Рисунок 1.1- Ареал распространения лиственницы сибирской [69]

Лиственница сибирская занимает северо-восток европейской части бывшего СССР, к востоку от Онежского озера и Белого моря; в Сибири ее ареал простирается до низовьев Енисея на севере и до Южного Забайкалья на востоке, а на юге – по всему Алтаю до хребтов Тарбагатай и Саур; за пределами страны произрастает на северо-западе Монголии и на востоке Джунгарии, до китайского Тянь-Шаня на крайнем юге включительно.

Ареал лиственницы вытянут свыше 3000 км в широтном направлении— с северо-запада на юго-восток. На востоке лиственница сибирская граничит с замещающей ее лиственницей даурской, а на западе — с лиственницей Сукачева. На севере лиственница сибирская доходит до полярного предела лесов и участвует

в образовании крайне северных островов лесной растительности. На юге ареал лиственницы сибирской простирается по горным системам Сибири до пустынь и степей Казахстана и Центральной Азии. Границы ареала лиственницы сибирской имеют очень прихотливые очертания и местами еще недостаточно выяснены. Однако в местах контакта границ ареалов этих лиственниц нет широкого перекрытия их [46].

Наблюдается разграничение видов по типам местообитания на стыке ареалов. Так, на контакте с ареалом лиственницы даурской лиственница сибирская четко тяготеет к хорошо дренированным южным склонам и долинам крупных рек. На стыках ареалов встречаются не только «чистые» виды, но и многообразные гибридные популяции и особи с промежуточными чертами, а также некоторые новообразования.

Размещение лиственницы сибирской внутри ареала очень неравномерно. Наиболее заселенные территории находятся в возвышенной части ареала, представленной горными системами Алтая, Саян, прибайкальских хребтов и Среднесибирского плоскогорья. Очень редка лиственница сибирская на заболоченных равнинах бассейна р. Оби, и встречается в основном мелкими пятнами, иногда как небольшая примесь к другим породам, и относится к хорошо дренированным долинам рек. В формировании лесов лиственница сибирская на равнинах Западной Сибири повышенное участие обнаруживается только в приполярной зоне, где в виде разрозненных, но частых островков и полос по хорошо дренированным местам образует довольно большие площади лесотундровых редколесий. А в некоторых регионах страны лиственница сибирская занесена в Красную книгу как редкий вид [97].

Распределение лиственницы сибирской внутри ареала зависит от многих факторов, однако наиболее существенной надо считать конкурентные отношения ее с другими древесными породами, которые в зависимости от климатических условий в одних местах оттесняют лиственницу сибирскую к пескам, в других на каменистые россыпи массивных горных пород, на верхние пределы леса в горах или на сухие склоны гор и т. п.

Современная динамика ареала лиственницы сибирской представляется как продолжающееся сокращение внешних границ, дальнейший распад их на отдельные пятна и острова с сокращением популяций и все сужающейся экологической локализацией их внутри ареала, причем причины, определяющие это современное распадение и сокращение ареала, оказываются различными в отдельных районах и действуют с разной быстротой и силой [97].

На территории своего ареала лиственница сибирская произрастает на достаточно разнообразных почвах. Но, несмотря на это, не стоит считать ее малотребовательной к почвенным условиям.

Лиственница сибирская— важный участник лесного покрова Сибири, которая образует чистые древостои и смешанные с другими сибирскими хвойными деревьями, такими как кедр, сосна, ель, пихта. Леса достаточно разнообразны также и по возрастной структуре, где чаще встречаются одновозрастные древостои. Из 51,6 млн. га лиственничных лесов Красноярского края на долю сибирской лиственницы можно отнести не более 20 млн. га.

Лиственница сибирская является весьма светолюбивой и быстрорастущей породой, предпочитающая глинистые, известковатые, умеренно-влажные почвы.

Благодаря своему светолюбию преимущественно растет в смешанных насаждениях. Неоднозначные взаимоотношения у лиственницы с березой на вырубках и гарях [63].

Но повторяющиеся низовые пожары сдерживают процесс угнетения лиственницы, уничтожая подрост темнохвойных пород, и нанося взрослым деревьям огневые повреждения, после которых они уже не могут оправиться и гибнут. Имея толстую кору, лиственница в гораздо меньшей степени страдает от пожаров, а в период после пожаров во многих случаях наблюдается ее интенсивное возобновление [47].

Леса с участием лиственницы сибирской играют достаточно важную роль в гидрологическом режиме обширных территорий Западной и Средней Сибири, в частности в регулировании паводковых вод, твердого и жидкого поверхностного стока, защите почв от водной эрозии.

В настоящее время темп сокращения площадей лиственничников на Европейском Севере оценивается как 1% в год [113] лиственница «становится реликтовой породой» [97].

1.2 Современное состояние вопроса

Первыми таксационными исследованиями лиственничников в Приенисейской Сибири следует считать разработку таблиц хода роста нормальных древостоев, выполненную Б.Н. Тихомировым, А.Н. Тищенко [106].

Первые работы по изучению сортиментной структуры лиственничников в этом регионе были проведены Б.Н. Тихомировым [107,109,110], а затем – М.С. Богдашиным [11,12].

Начало материальной оценки лесосек. Здесь следует отождествлять с введением в 1936 г. в практику, так называемых временных сортиментно-сортных таблиц для двух пород – сосны и лиственницы сибирской, которые были рекомендованы для использования предприятиями треста «Краслес».

Первыми, достаточно обоснованными нормативными для таксации лиственничников явились таблицы, составленные М.С. Богдашиным [12] для лесов Восточного Саяна.

В основу таблиц был положен большой фактический материал – 2727 модельных деревьев, собранный по упрощенной схеме обмера стволов и учета пороков древесины.

Дальнейшие исследования в области совершенствования нормативной базы таксации лиственницы сибирской в Приенисейской Сибири осуществлены Б.Н. Тихомировым, М.А. Данилиным [110]; В.С. Поляковым, П.И. Мачернисом [91]; Л.В. Донченко [35]; Э.Н. Фалалеевым, С.Л. Шевелевым [125]; С.Л. Шевелевым и др. [133]; С.Л. Шевелевым [131].

Значительный интерес представляют результаты работ в области изучения других видов лиственниц и лиственницы сибирской, произрастающих вне границ Приенисейской Сибири [16,19, 21,127].

Нельзя не отметить значительный вклад в формирование нормативной базы таксации лиственничников, сделанный Н.П. Анучиным [8], автора всеобщих сортиментных и товарных таблиц для основных лесообразующих пород СССР, выдержавших семь изданий.

Лиственница сибирская является наиболее распространенной на территории Российской Федерации породой, кора которой содержит дубильные вещества.

Вопросы таксации коры лиственницы интересуют исследователей уже достаточно продолжительное время. Еще Kunze [3] отмечал, что доля коры у этой породы достигает 27-31%, а А. Schiffel [4] писал, что она, в среднем, равна 22% объема ствола в коре.

Достаточно обширные сведения об объемах коры у деревьев отдельных древесных пород содержатся в «Справочнике таксатора» Н.В. Третьякова, П.В. Горского, Г.Г. Сомайловича [118] – в нем приведены данные В.Е. Шульца для лиственницы сибирской.

Большой интерес представляют сведения об объеме коры и методах его определения у лиственницы и некоторых других пород, которые изложены в работах М.С. Богдашина [13], В.И. Дитриха [32], П.В. Воропанова [18], В.В. Голикова [25], Э.Н. Фаллалеева, В.И. Пчелинцева [], С.Л. Шевелева, А.Н. Кучеренко [], С.Л. Шевелева, А.Н. Кучеренко [132], В.Н. Евстафьева [38,135] и др.

В.Н.Цыбуков, А.Г.Измоденов [127] разработали таблицу хода роста модальных древостоев лиственничников для Среднего и Нижнего Приамурья по следующим типам леса: лиственничники вейниково-осоковые, разнотравные, зеленомошные, разнокустарниковые, багульниково-моховые, кустарниково-сфагновые. Возраст древостоя по типам леса варьирует от II до XI класса возраста. Для всего полога площадь сечений и запас древостоя приводятся и при полноте 1,0.

А в 1978 В.Н.Цыбуков вместе с В.Н. Корякиным составили таблицу хода роста модальных лиственничных древостоев брусничной группы типов леса для Амурской области [53]

Для модальных лиственничников севера Хабаровского края таблицы хода роста были составлены с учетом отпада по типам леса и классу бонитета:

лиственничники зеленомошные (III бонитет), высокогорные (IV и V бонитеты), багульниково-моховые (IV бонитет), осоково-сфагновые (V-а бонитет). Возрастной диапазон по типам леса – II – XII класс возраста [19].

Ход роста модальных лиственничных древостоев для юга Магаданской области составлялся с учетом отпада по классам бонитета и в возрасте 10-250 лет. [52]. Позже для этой же области была составлена таблица хода роста для нормальных лиственничных древостоев.

В.Н.Корякин, Н.В.Выводцев, З.А.Выводцева [51] разработали таблицы хода роста для модальных лиственничников южной части Дальнего Востока возраста 20-160 лет и следующим классам бонитета - I-а, I, II, III, IV. А затем ими же были разработаны таблицы хода роста уже для нормальных лиственничных древостоев разной базовой густоты для материковой части Дальнего Востока [84].

А.С. Агеенко составил таблицы хода роста нормальных лиственничных древостоев багульникового типа леса в бассейне р. Амгунь (Хабаровский край) с учетом отпада в возрасте 60-200 лет [3] и для лиственничников III бонитета на Камчатке с учетом отпада в возрасте от 50 до 250 лет [52].

В.И. Дитрих [динамика роста лиственницы сибирской бассейна р. Илим] изучал динамику роста лиственницы сибирской южной тайги Средней Сибири и составил таблицу хода для лиственничников на бонитетной (I-IV класс) основе и по следующим типам леса: лиственничники крупнотравные, разнотравные, брусничные и разнотравно-брусничные. А также провел сравнение динамики роста с показателями высот лиственничников южного Алтая с высоким классом бонитета (I-II класс). Оказалось, что рост в высоту происходит почти идентично примерно до 120 лет, а дальше лиственничники Алтая отличаются большой высотой (1 м и более). По диаметру идентичное нарастание происходит до 100-140 лет, а дальше лиственничники Алтая имеют меньшие диаметры.

Ю.Г. Карташов [48,83] исследовал лиственничники Сахалина, где площадь, занимаемая этой породой, составляет около 27%. Для изучения были выбраны лиственничники со следующими характеристиками: продуктивность – II-V^a класс бонитета, средний возраст – 94-376 лет, типы леса – зеленомошно-черничниковые,

разнотравные, багульниковые и лишайниковые. По итогу исследования оказалось, что изменчивость признаков достаточно сильно варьирует: по диаметру от $\pm 25,0\%$ до $\pm 50,5\%$, по высоте от $\pm 21,0\%$ до $\pm 29,3\%$, по возрасту – от $\pm 7,6\%$ до $\pm 34,9\%$. Установлено, что средние статистические величины признаков меньше средних таксационных: по диаметру в среднем на $7,1\%$, по высоте на $9,3\%$, по возрасту на $7,8\%$.

Между диаметром, высотой и возрастом в лиственничных древостоях подавляюще преобладает тесная и очень тесная прямая связь. По возрастной структуре лиственничники оказались условно одновозрастными и разновозрастными.

Таблицы хода роста модальных лиственничных древостоев Енисейского края и юга Красноярского края были составлены на бонитетной основе и на основе типов леса [124,125].

Для бассейна реки Ангара древостоев бассейна реки Ангара Э.Н. Фалалеев и В.С. Поляков составили таблицы хода роста модальных лиственничников I–V классов бонитета, где - преобладающий тип леса – лиственничник зеленомошный.

Изучением строения лиственничников в южной Якутии занимался И.Ф. Шурдук [137]. Наиболее распространенная группа типов леса в Якутии – лиственничник брусничный, для которых характерно формирование на гарях при быстром их зарастании без смены пород.

В.Н. Цыбуков занимался изучением строения лиственничников Нижнего Приамурья [127]. В нижнем Приамурье лиственница является основной лесообразующей породой. Основные группы типов леса лиственничников этого региона – горно-кустарниковые (10%), брусничные (13%), разнотравные (18%), зеленомошные (10%), багульниково-моховые (25%), кустарничково-сфагновые (8,9%), вейниково-осоковые. По возрастной структуре данные насаждения относятся к разновозрастным.

Н.А. Коновалов изучал рост лиственницы в лесных культурах Урала. В ходе исследования оказалось, что в сосняках разнотравных лиственница на 16-25% продуктивнее сосны. В этих условиях к 90 годам лиственница накапливает на

21,4% больше древесной массы ствола, чем сосна в эти же условиях. К возрасту главной рубки (VI класс возраста) лиственница дает на $65\text{м}^3/\text{га}$ больше.

Э.Н. Фалалеев, И.М. Данилин и Э.К. Соколов [120] изучали какой должна быть оптимальная структура лиственничников эксплуатационного назначения для Красноярского края. Распределение деловой древесины по крупности напрямую зависит от среднего диаметра древостоя, который определяется средней высотой и полнотой насаждения, которые назначены в рубку. При выращивании крупной деловой древесины со средней высотой древостоя 20 м – оптимальные насаждения с полнотой 0,6-0,7. При увеличении средней высоты также будет увеличиваться и оптимальная полнота, и в древостоях со средней высотой 26 м и выше оптимальная полнота будет равна 1,0.

Если ориентироваться на выращивание крупной и средней деловой древесины, то при средней высоте насаждений 18-20 м, оптимальная полнота будет составлять 0,8-0,9 (а при большей высоте – 1,0).

И.Н. Зарипов и А.С. Пуряев изучали древостои лиственницы сибирской в Республике Татарстан [40]. Лиственничники в республике характеризуются неравномерным возрастным распределением, преобладают 20–60-летние древостои. Средний возраст насаждений составляет 36–39 лет, однако сильно варьирует по лесорастительным условиям.

Наивысшей производительностью характеризуются древостои лиственницы, произрастающие в свежих раменах. Здесь формируются древостои Ia класса бонитета с максимальной для условий республики относительной полнотой.

Возрастная структура лиственничных редколесий в верховьях р. Аккол (южно-чуйский хребет, юго-восточный Алтай) представлена тремя поколениями – средний возраст деревьев первого поколения 500 лет, второго – 250 лет, возраст наиболее молодого поколения не превышает 150 лет. Наибольший возраст имеют деревья, растущие на расстоянии 7 км от ледника в месте впадения руч. Тура-Оюк в р. Аккол (2350 м над ур. моря), где имеются остатки материнского поколения с возрастом деревьев 700 лет. Минимальный возраст (менее 50 лет) – у деревьев, произрастающих на территории, освободившейся от ледника с середины XIX в.

В.И. Пчелинцев изучал форму стволов лиственницы в бассейне р.Енисей [92]. Оказалось, что между формой стволов и возрастом связь обратная, слабая и реже умеренная. Более высокой полндревесностью отличаются древесные стволы старшего возраста в лиственничниках северных районов.

Биологическую продуктивность лиственницы в разных регионах Евразии изучали В.А. Усольцев, Д.С. Гаврилин, А.А. Маленко, А.В. Борников [119]. Установлено, что по фитомассе и годичной продукции лиственничники имеют достаточно большие различия, которые определяются различными факторами – густота и происхождение насаждения (естественное или искусственное), климатические условия. Лиственница, произрастающая на северном и южном пределах ареала, характеризуется наибольшей эффективностью «работы» хвои — от 3,0 до 3,5 т/т, в то время как в остальных регионах относительная продуктивность хвои составляет от 1,4 до 2,2 т/т. Экстремальные условия произрастания в северных и южных пределах объясняют различные «стратегии выживания»: загущенное состояние в сухой степи и разреженное состояние из-за нехватки жизненных ресурсов и корневой конкуренции на мерзлоте. Экстремальность условий произрастания стимулирует высокую эффективность «работы» ассимиляционного аппарата лиственницы.

Для таксации лиственничных древостоев Европейского Севера России были разработаны товарные таблицы методом круговых реласкопических площадок , с предложением ввести в нормативы, кроме среднего диаметра, дополнительный параметр – среднюю высоту. Такие таблицы существенно повышают точность таксации лиственничных древостоев методом круговых реласкопических площадок при сравнительно небольших трудозатратах.

Несмотря на то, что существует достаточно большое количество работ, посвященных различным вопросам таксации лиственницы, некоторые моменты требуют более детального изучения.

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

2 ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

Территория Нижнего Приангарья располагается в бассейне нижнего течения Ангары и среднего участка Енисея к северу и северо-востоку от Красноярска (рисунок 2.1). Общая площадь территории Нижнего Приангарья составляет более 261 тыс. км² [9].



Рисунок 2.1 – Нижнее Приангарье на территории Красноярского края

Климат района резко континентальный, характеризующийся непродолжительным теплым дождливым летом и достаточно долгой малоснежной и холодной зимой.

В условиях резко континентального климата в районе исследования выпадает сравнительно небольшое количество атмосферных осадков: около 300 мм в год, из них на теплый период (апрель-октябрь) приходится 260 мм, что составляет 82,2 % от годовой суммы, на холодный период (ноябрь-март) - 85 мм (26,8 % от годовой суммы); при этом наиболее влажными являются июль и август, на этот период приходится 37,6 % годовой суммы осадков. Наиболее увлажнены наветренные

склоны массивов и гряд западной и северо-западной экспозиции, где количество осадков превышает 400 мм в год [9].

На протяжении всего года преобладающими ветрами являются юго-западные. Небольшое количество безветренных дней: 65-70—в теплый и 75-80 в холодный период года.

Наличие заморозков можно отметить как особо неблагоприятный фактор, который оказывает сильное влияние на приживаемость лесных культур и успешность естественного лесовозобновления.

Территория района исследования представляет собой часть Средне-Сибирского плоскогорья. Рельеф района достаточно разнообразен. Его основные черты определяются породным составом, выходами траппов и эрозионными процессами. В условиях сложного и пересеченного равнинно-плоскогорного рельефа на территории района сложились различные виды таежных ландшафтов:

- горнотаежные;
- подтаежные;
- плоскогорно-таежные;
- холмисто-грядовые;
- пологоволнистые.

Основную часть территории Нижнего Приангарья занимают Приангарское пологоволнистое низкое плато и равнины, местами холмистые и грядовые.

На территории района, которая расположена в подзоне дерново-подзолистых почв южной тайги, формируются, в основном, почвы равнинно-увалистых территорий высоких и низких плато тайги. Относительная засушливость теплого периода года, наличие продолжительной сезонной мерзлоты и богатство почвообразующих пород углекислыми солями кальция и магния обуславливают образование дерново-подзолистых, дерновых лесных, дерново-карбонатных почв, встречающихся на водоразделах под светлохвойной и темнохвойной тайгой. [9,39,44].

Наиболее широко в пределах района исследования представлены почвы подзолистого типа, которые развиваются на разных подстилающих породах

легкого механического состава и приурочены к участкам относительно повышенной влажности. Тип подзолистых длительно-сезонномерзлотных почв представлен двумя подтипами - собственно-подзолистые и дерново-подзолистые. Особенностью является широко распространенное оглеение.

Также широко распространены на территории Нижнего Приангарья коричнево-бурые глины, которые занимают плоские водоразделы Средне-Сибирского плоскогорья и пологие склоны. Коричнево-бурые глины пространственно и генетически связаны с красноцветными отложениями и лессовидными карбонатными суглинками

Исследуемый район характеризуется густой гидрологической сетью. Речная сеть территории района относится к бассейнам нижнего течения Ангары.

Средний показатель густоты гидрографической сети для района - 0,5-0,7 км/км², что говорит о достаточно хорошей обеспеченности территории речным стоком.

Большая часть стока воды, около 70-80 % от годового стока, на реках района проходит в весенне-летний период. Хорошо выражена зимняя межень.

Все главные реки района и их притоки являются местами нереста различных ценных промысловых рыб (хариуса, ленка и т.д.) [44].

Три четверти территории исследования занято хвойными породами (62%) со значительной примесью мелколиственных березово-осиновых лесов.

Среди лесообразующих пород исследуемого района преобладают сосновые насаждения. Кедровыми насаждениями занято до 10 % покрытых лесной растительностью земель. Учитывая особую ценность кедровых лесов, промышленные лесозаготовки в них не ведутся.

В лесах Красноярского края и Нижнего Приангарья выделяется 16 типов в сосновых, 13 типов в лиственничных, 10 в еловых, 5 в пихтовых, 9 в березовых и 6 в осиновых лесах. Все выделенные типы объединяются в 8 хозяйственных групп типов леса:

- лишайниковая;
- зеленомошная;

- разнотравная;
- высокотравная (крупнотравная);
- папоротниково – хвощовая;
- долгомошная;
- сфагновая;
- травяноболотная [69].

На долю лиственничных насаждений приходится 24 % покрытых лесом земель, что составляет 2220,1 тыс. га. [69].

Лиственничник лишайниковый встречается на склонах гор с песчаными почвами, чаще всего в северной части плоскогорья. Древостой разреженный, с сомкнутостью не выше 0,5, с небольшим участием сосны. На севере состоят из одной лиственницы. Производительность древостоя низкая – IV-Va класс бонитета, запас составляет 70-100 м³ на га. Древесные стволы отличаются большим сбегом, кроны у них начинаются почти у самой земли.

Наибольшее хозяйственное значение имеют разнотравная и зеленомошная группы типов леса.

Лиственничник разнотравный встречается в долинах рек и на пологих горных склонах со свежими суглинистыми, нередко карбонатными почвами. Древостой состоит из лиственницы, к которой примешиваются сосна, реже ель и пихта. Производительность древостоев определяется II-III классами бонитета. Сомкнутость их довольно значительна (0,80, а запасы древесины достигают 350 – 400 м³ на 1 га. Фауна в перестойных древостоях составляет 40-50%. Возобновление под пологом отсутствует, подлесок редкий, состоит из можжевельника, шиповника, ольховника и других растений. Травяной покров мощный, сплошной, представлен злаками и лесным разнотравьем. Моховой покров почти не выражен, встречается куртинами на валежнике и у оснований древесных стволов.

Лиственничник – зеленомошник – распространенная группа лесов, произрастающих на горных склонах, речных террасах, незаболоченных водоразделах и перевальных седловинах. Древостой сомкнутостью до 0,8 состоит

из лиственницы, частично из сосны, формируя смешанные сосново-лиственничные древостои. По мере движения на север и восток доля участия сосны и других древесных пород в лиственничных насаждениях уменьшается. Производительность древостоя II-IV класса бонитета. Запас древесины составляет 300-350 м³ на 1 га.

Фаутность древостоев довольно велика. На отдельных участках, пройденных пожарами, она достигает 80-90%. Возобновление под пологом проходит плохо. Иногда только после низовых пожаров появляются обильные всходы лиственницы. Подлесок чаще всего не выражен. Травянисто-кустарничковый ярус густой, состоит из брусники, голубики, осоки, водяники, иногда из лимнаса. Моховой покров представлен зелеными мхами, к которым в небольшом количестве примешивается лишайник.

Существенное хозяйственное значение имеет высокотравная группа типов леса, хотя удельный вес ее относительно невелик (по Михееву-9%). Лиственничные леса этой группы развиваются по I-II бонитету. В древостоях этой группы развивается многоярусный травяной покров. Ведущее значение в его составе занимает крупнотравье, иногда с участием папоротников. В этой группе типов леса преобладают разновозрастные древостои. Возобновление хвойных идет в большинстве неудовлетворительно. На вырубках в этой группе типов леса необходимы лесные культуры.

В условиях избыточно-застойного увлажнения, плохой аэрации почв и высокого уровня многолетней мерзлоты развиваются типы леса долгомошной и сфагновой групп. Типы леса долгомошной группы занимают припойменные понижения и замкнутые котловины на водоразделах с сезонномерзлотными перегнойно-глеевыми почвами. Представлены лиственничными древостоями с производительностью от V до VI класса бонитета. Запасы древесины составляют от 20 до 100 м³ на 1 га. Древесные стволы сильно сбежистые, кроны их узкие, с редким охвоением. Деревья часто наклонены в разные стороны. Фаутность составляет 80-90%. Основные виды ее – кривизна стволов и суховершинность. Подрост очень редкий, сильно угнетенный.

Особое место в Нижнем Приангарье занимает папоротниковая группа типов леса. Она связана с припойменными частями рек с сезонно-мерзлотными дерново-подзолисто-глеевыми и торфянисто-перегнойно-глеевыми почвами. Лиственничные древостои часто двухъярусного строения – в верхнем лиственница с примесью сосны, в нижнем – ель и кедр. Бонитет древостоев IV-V. Хозяйственное значение ограниченное.

3 МЕТОДИКА СБОРА ДАННЫХ И ОБЪЕМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

Закладка пробных площадей проводилась в соответствии с отраслевым стандартом ОСТ 56-69-83 «Пробные площади лесоустойчивые. Методы закладки.» [2] и Инструкцией по проведению лесоустройства в лесном фонде России.

Пробные площади были заложены в лиственных выделах различных классов возраста естественного происхождения III-V классов бонитета травяной и зеленомошной групп типов леса на территории лесов Манзенского, Чунского и Северо-Енисейского лесничеств.

Таксационная характеристика пробных площадей представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1–Таксационные показатели пробных площадей лиственных древостоев

№ п/п	Состав	Средние			Полнота	Запас, м ³ /га	Бонитет	Тип леса
		Н, м	D _{1.3} , см	А, лет				
1	10Л едС	21,0	28,7	202	0,70	217	III	ЛБРРТ
2	10Л едОс	19,7	26,9	279	0,75	213	IV	ЛяГЗМ
3	10Л	22,0	28,9	240	0,67	232	IV	ЛяГЗМ
4	10Л едС К Б	22,4	29,5	260	0,65	257	IV	ЛяГЗМ
5	10Л	19,4	24,3	170	0,56	154	IV	ЛяГЗМ
6	10Л едОс	16,2	17	100	0,64	146	IV	ЛяГЗМ
7	9Л 1Б	16,0	18,0	120	0,50	120	V	ЛБРЗМ
8	7Л 2Б 1К едС	19,3	22,6	140	0,50	196	IV	ЛяГЗМ
9	7Л 3С	17,2	19,5	102	0,51	204	IV	ЛяГЗМ
10	9Л 1Б	16,0	18	120	0,60	120	V	ЛяГЗМ

Перечет деревьев выполнялся по ступеням толщины. Модельные деревья отбирались методом пропорционального ступенчатого представительства.

У срубленных стволов измеряли следующие биометрические показатели: высота (длина) с точностью до 0,1 м; диаметры с точностью до 0,1 см в коре и без коры на высоте 1,3 м; на серединах секций; на относительных высотах стволов, на

пне. Возраст дерева устанавливался по годичным кольцам на пне, как и другие морфологические характеристики, предусмотренные типовой формой бланка «Модельное дерево».

Всего было срублено и обмерено 392 модельных деревьев.

На рисунке 3.1 показан процесс обмера модельного дерева.



Рисунок 3.1 – Обмер модельного дерева (в условиях Чунского лесничества)

Помимо данных, полученных при закладке пробных площадей, в основу работы положены материалы лесоустройства. Всего были использованы материалы натурной таксации 858 таксационных выделов с преобладанием лиственницы сибирской в составе древостоя. Из которых 663 были представлены лиственничниками разнотравной группы типов леса и 183 – лиственничниками зеленомошной группы типов леса. Кроме них, в незначительном количестве

учтены лиственничники багульниковой группы типов леса.

Выделение лесного массива из лесного фонда Богучанского и Чунского лесничеств, расположенных на территории Нижнего Приангарья осуществлялось на базе методических положений, изложенных в работах И.И. Красикова, С.Л. Шевелева [55].

На рисунке 3.2 представлена карта-схема района исследования



Рисунок 3.2 – Карта-схема района исследования

4 ФОРМИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ МАССИВОВ ЛИСТВЕННИЦЫ В НИЖНЕМ ПРИАНГАРЬЕ

В качестве факторов, определяющих лесообразовательные процессы Г.Ф. Морозовым [76] выделены:

- экологические свойства древесных пород;
- географическая среда, то есть климат, рельеф, почвы и т.д.;
- само лесное сообщество, как совокупность социальных явлений, которые уже сформировались и влияют уже дальше, как фактор лесообразования;
- животный мир;
- антропогенное воздействие;
- историко-геологические причины.

Под влиянием этих определяющих факторов, каждый из которых может рассматриваться как совокупность отдельных, индивидуально менее значимых факторов, но в своем сочетании создающих природное разнообразие условий среды, происходит формирование и естественная дифференциация древостоев.

Однако эта дифференциация ограничивается определенными лимитирующими факторами, разграничивающими однородные географические регионы, а в их пределах природные ландшафты.

Под термином «Лесной массив» Г.Ф. Морозов [76], понимал территориальную единицу, на которой лесной покров представлен рядом смежных насаждений, имеющих общие черты и закономерности развития. Эта территория представлена однородными ландшафтами или их частями, характеризующимися однородным рельефом и почвами.

Лесной массив является характеристикой достаточно обширной лесной территории и может рассматриваться как хозяйственный объект, требующий определенных хозяйственных мероприятий, обусловленных факторами, определившими особенности его формирования.

Существует несколько определений понятия «лесной массив», они содержатся в работах В.Ф. Лебкова [65], Н.М. Глазова [24], И.С. Мелехова [74],

С.Л. Шевелева, И.И. Красикова [55]. Эти определения отражают несколько различающиеся понимания этого природного и хозяйственного объекта. В некоторых акцентируется внимание на природных факторах, определяющих состав и границы лесного массива, другие отдают предпочтение хозяйственному подходу в выделении этой лесной территориальной единицы.

Так Н.М. Глазов [24], уделивший в своих исследованиях большое внимание изучению лесных массивов, определяя его как совокупность разнообразных участков леса, объединенных общей для всех преобладающей, лесообразующей породой.

4.1 Лесной массив, как объект изучения

По мнению В.Н. Седых [95] в связи с возникающей потребностью в оценке лесообразовательного процесса обширных лесных территорий целесообразно вернуться к понятию «лесной массив» как части лесного покрова.

Под лесным покровом В.Н. Седых [95] понимает участки лесной территории какого-либо ландшафта, состоящего из множества типов лесорастительных условий, покрытых совокупностью лесных сообществ, представляющих собой возрастные этапы различных форм динамики лесообразовательного процесса. Объектом изучения в этом случае являются не только отдельные лесные сообщества, а их комплексы, образующие лесные массивы.

То есть лесной массив любого размера — это часть лесного покрова, входящего в состав какого-либо ландшафта, или его какого-то природно-территориального комплекса (урочища, местности и т.п.).

Как объект изучения лесной массив привлекает внимание исследователей уже достаточно давно, но можно заключить, что до сих пор закономерности структуры, изменчивость показателей этой «крупной единицы леса» (формулировка В.Ф. Лебкова, 1965) исследованы далеко не в полном объеме. Более того, не выработано единого понимания, что принято считать под термином «лесной массив» [66].

Особое значение приобретают закономерности структуры лесных массивов в связи с внедрением новой системы лесочетных работ - Государственной инвентаризации лесов (ГИЛ), базирующейся на математико-статистическом методе.

Лиственница сибирская является одной из основных лесообразующих пород Нижнего Приангарья, где древостои с ее преобладанием занимают 2220,1 тыс. га, что составляет 24% от общей площади территории. Здесь она формирует лесные массивы из чистых и смешанных, чаще всего с сосной, древостоев.

Безусловно, за прошедшие годы лиственничники Сибири, и в том числе Нижнего Приангарья, достаточно хорошо изучены, однако, некоторые стороны их формирования и развития до сих пор представляют интерес для исследования. Лиственница сибирская хотя и распространена в самых разнообразных природно-климатических зонах, однако, это не означает, что она мало подвержена влиянию местных природных условий, наоборот, производительность древостоев, их биометрические характеристики очень чутко реагируют на смену условий произрастания [61].

В.Б.Сочава [99] указывал на связь распространения лиственницы с зонами резко континентального климата, где короткий вегетационный период, сухость зимнего холодного воздуха позволяют лиственнице выходить победителем в конкурентной борьбе. В различных частях ареала им выделен ряд природно-географических формаций лиственничных лесов, в их связи с рельефом, климатом, почвами и другими компонентами географической среды.

Формирование лесных массивов, с преобладанием лиственничных древостоев, обусловлено многими факторами биотического и антропогенного характера. Оценка лесного массива, как «...биологической лесной системы, сформировавшейся в определенных географических условиях, соответствующей отдельным элементам ландшафта, занимающей целостную территорию с естественными границами, которой присущи опосредованные географическими, почвенными, природно-климатическими и другими факторами структуры

биоценозов» [55] позволит установить взаимообусловленность отдельных ее элементов и возможные пути их динамики.

В работах Н. Grossman [139,140], Н.М. Глазова [24], А.Г. Мошкалева и др. [77], И.И. Красикова, С.Л. Шевелева [55] указывается на наличие математического единства в распределении древостоев в массивах леса. По характеру структуры лесного массива можно судить как о ходе лесообразовательных процессов, так и о характере антропогенного вмешательства или влияния экзогенных факторов на эти процессы.

В Нижнем Приангарье лиственничники приурочены к нижним частям горных склонов и долинам рек, иногда произрастают на водоразделах, где имеются выходы карбонатных пород .

А.И.Бузыкин и др [15,16] в этом регионе описал три основных типа леса: лиственничники вейниково-разнотравные на серых карбонатных почвах; лиственничники с сосной и елью бруснично-мелкотравно-зеленомошные на слабодерновых среднеподзолистых почвах и лиственничники с сосной бруснично-разнотравные на слабодерновых подзолистых почвах, входящие в травяную и зеленомошную группы типов леса.

4.2 Оценка устойчивости формирования лесного массива

В современных условиях леса планеты испытывают самые различные воздействия, негативно влияющие на их состояние и структуру, меняющие естественные направления лесообразовательных процессов. Леса России не являются исключением. Безусловно, наиболее значимо влияет на состояние лесов антропогенный фактор, действия которого выражаются в рубках (часто бесконтрольных), увеличении частоты и площадей лесных пожаров, техногенном загрязнении атмосферы и т.п. Кроме этого наблюдается усыхание хвойных лесов на больших территориях, массовые вспышки численности энтомофитовредителей. Отмечается отрицательная динамика в производительности древостоев, усиливается фрагментарность, мозаичность лесов.

В этих условиях одним из наиболее важных свойств различных лесных объектов становится их устойчивость. Причем эти объекты могут быть отдельными деревьями, насаждениями или совокупностями насаждений, формирующих лесной массив.

Однако следует отметить, что термин «устойчивость» различными исследователями понимается неоднозначно.

Ю.П. Демаков [30] трактует устойчивость как главное, определяющее свойство биологических систем, характеризующее их способность к сохранению в нестабильной среде своих структур неограниченно долгое время.

«Устойчивость – это свойство высокоорганизованных систем поддержания в определенных рамках значений основных параметров своего состояния в неустойчивой среде, достигаемое путем эффективного гашения внешнего возмущающего воздействия во внутренних цепях за счет различных адаптаций и наличия обратных связей между всеми элементами, выработанное в процессе длительной эволюции живой материи и направленное на успешное ее продолжение ...». «Понятие устойчивости биологических систем практически тождественно понятию их жизнеспособности» [30]

То есть под устойчивостью понимается способность биологической системы сопротивляться воздействию дестабилизирующих структуру системы внешних негативных факторов, а также способность восстанавливать ее после временных изменений, возникших в результате таких воздействий.

В.Г. Стороженко [101] предлагает рассматривать понятие «устойчивости лесов» с двух позиций:

-во-первых, это непрерывное присутствие лесов, определенных лесоводственных, хозяйственных параметров и свойств на определенной территории;

-во-вторых, с позиций экосистемных, то есть сохранения структурного содержания лесных сообществ на определенных территориях.

В принципе, эти позиции не являются противоречащими, однако в обобщенном виде они труднореализуемы при современном состоянии отечественного лесоправления.

Следует отметить, что не только хозяйственная деятельность человека является основным дестабилизирующим фактором, большое значение приобретают и природные экзогенные явления – крупные лесные пожары, ветровалы, вспышки массового размножения энтомовредителей, болезни. Зачастую эти факторы оказывают комбинированное воздействие на лесные биосистемы (массовое размножение энтомовредителей в послепожарных древостоях и т.п.) [17,63].

В зависимости от понимания устойчивости, как свойства лесных биосистем, в работах различных исследователей предлагаются несколько различающиеся критерии [24,39,95,96, 139,140] ее оценки.

Рассматривая лесной массив, явившийся объектом исследования, как биологическую систему, сформировавшуюся в определенных географических условиях, привязанную к определенному ландшафту, расположенную на целостной территории целесообразно провести оценку его устойчивости.

Н. Grossman, Н.М. Глазов [24,139,140] оценивали степень однородности (расстроенности) лесного массива по степени варьирования в нем запасов отдельных древостоев.

Предложенная Н. Grossman [139,140] шкала состоит из пяти групп массивов, различающихся величиной коэффициента изменчивости запасов:

очень однородные – варьирование 35% и менее;

однородные – 36-55%;

средние по однородности – 56-75%;

неоднородные – 76-95%;

очень неоднородные – 96% и более.

Эта шкала построена с учетом деления массивов на отдельные категории древостоев, выделенных в качестве «страт».

Если проанализировать величины коэффициентов варьирования запасов для древостоев отдельных групп возраста, то есть осуществить стратификацию по возрасту (таблица 4.8) можно отнести рассматриваемый лесной массив к категории «Очень однородный».

Таким образом, опираясь на сказанное выше, а также на распределения основных таксационных признаков, можно утверждать, что данная лесная биологическая система устойчива и сохраняет особенности и закономерности своей структуры.

В.Н. Седых [95] предлагает несколько иное ранжирование лесных массивов, где за основу взята степень их сложности. По этой классификации лесной массив, явившийся объектом исследования, относится к числу массивов, объединяющих насаждения различных типов леса и участки других типов растительности.

4.3 Методические положения изучения структуры лесных массивов

Для организации лесопользования в лесных массивах необходимы знания их структурных особенностей, отражающих историю развития совокупности насаждений, сформировавших массив и позволяющих делать прогнозы их дальнейшего развития.

Безусловно, установить особенности естественного строения лесных массивов возможно только в лесах, испытывающих минимальное антропогенное воздействие. Однако и характер нарушений в структуре позволяет делать выводы и заключения о путях оптимизации дальнейшего ведения лесного хозяйства в этом объекте.

Изучение совокупностей отдельных лесных участков (таксационных выделов, насаждений), когда приходится анализировать значительные по объему ряды средних величин, характеризующих отдельные древостои (средних диаметров, средних высот, запасов, полнот) возможно только путем применения математико-статистических методов.

В работе Н.М. Глазова [24] осуществлен анализ изменчивости средних таксационных признаков древостоев, структуры таксационных выделов,

установлены закономерности строения лесных массивов по этим показателям. В результате проведенной работы Н.М. Глазова пришел к выводу о наличии математического единства отдельных массивов леса, однородных относительно средних значений таксационных признаков древесных пород. Изучая кедрово-широколиственные леса Дальнего Востока, он пришел к выводу, что закон нормального распределения наиболее адекватно отражает строение лесного массива по средним значениям таксационных показателей древостоев в девственном лесу.

К такому же выводу пришли И.И. Красиков, С.Л. Шевелев [55], изучавшие структуру лесных массивов лиственницы сибирской, не подвергавшихся хозяйственному воздействию в горных районах республики Тыва.

Однако, лесных массивов, представленных девственными древостоями, не испытывающих антропогенного воздействия в настоящее время найти весьма сложно, но это не означает необходимость в отказе изучения структуры массивов.

По структуре массивов, подвергшихся хозяйственному воздействию можно судить о многих аспектах восстановления и организации их дальнейшей эксплуатации. Так совершенствуя пути оценки товарной структуры А.Г. Мошкалев [77] на основе установленных закономерностей строения лесных массивов на севере европейской части России и в некоторых регионах Сибири предложил метод определения товарной структуры массива без рассмотрения товарной структуры отдельных древостоев.

К тому же этот метод позволяет на основе распределения средних диаметров, средних высот и эксплуатационных запасов древостоев в лесном массиве установить не только товарную структуру, но и прогнозировать ее возможные изменения.

Структура лесного массива, варьирование таксационных характеристик позволяют судить об однородности лесного массива, что весьма важно при статистическом методе инвентаризации.

Прежде чем этот метод в виде Государственной инвентаризации лесов (ГИЛ) стал применяться в России (2007), он был широко распространен в странах с

интенсивными формами лесного хозяйства (ФРГ, Швеция, Финляндия, Швейцария, Нидерланды, Бельгия, Франция, США, Канада и т.д.).

Немецкий исследователь Н.Grossman [139,140] разработал специальную методику инвентаризации запасов леса посредством так называемых «проб варьирования» или «вариабельных проб». Им установлено варьирование запасов по отдельным категориям древостоев (стратам), выделяемым по материалам аэро съемки.

По величине коэффициентов вариации запасов Н.Grossman [139,140] классифицировал пять групп однородности лесных массивов: очень однородные, однородные, средние по однородности, неоднородные и очень неоднородные. Им установлено, что с увеличением запасов древостоев снижается величина коэффициента варьирования, т.е. увеличивается однородность лесного массива.

Однако критерии оценки массивов, полученные в лесах Германии, подвергавшихся интенсивной эксплуатации не во всем применимы для характеристики массивов в сибирских лесах.

В.Н. Седых [95] предлагает выделять в совокупности лесных массивов три группы (три ранга) по степени сложности – от лесного массива, соответствующего отдельному насаждению до объединяющего насаждения различных типов леса и участки других типов растительности (о чем уже упоминалось выше).

Н.Д. Лесков [68], В.В. Антанайтис [6], В.В. Антанайтис, И.Н. Репшис [7] и др. установили целесообразность использования материалов массовой глазомерной таксации для анализа строения совокупностей древостоев (лесных массивов).

В.В. Антанайтис, И.Н. Репшис [7] указывали, что лес как элемент географического ландшафта складывается из огромного числа деревьев, образующих иногда очень сложные по структуре совокупности, находящиеся в постоянной динамике. Поэтому при применении выборочных методов оценки целесообразно «...при подборе единиц выборок использовать не отдельные деревья, а территориально объединенные площадки леса».

Авторы считают, что, исходя из многочисленности рядов средних таксационных величин, выборка возможна как из всей генеральной совокупности, так и при ее стратификации, хотя и отмечают, что стратифицирование выборки удобно только при резко неоднородной по исследуемому признаку генеральной совокупности.

Ниже, на основе данных глазомерной таксации делается анализ структуры лесного массива с абсолютным преобладанием лиственничных древостоев. В ходе выполнения работ числовые ряды средних таксационных показателей древостоев рассматривались в качестве однородных совокупностей, в отдельных случаях применялась стратификация. В качестве определяющих признаков деления на страты использовались типы леса и возрастные группы древостоев.

4.4 Структура и особенности лесного массива

Лесной массив, явившийся объектом исследования может рассматриваться в качестве типичного для региона Нижнего Приангарья.

В ходе исследования решались следующие задачи:

- установление структуры лесного массива лиственниц сибирской в районе исследования;
- установление степени однородности и характера антропогенного воздействия, отразившегося на структуре массива;
- выявление особенностей возрастной динамики насаждения, отраженных в характере сочетания возрастных групп древостоев;
- сравнительный анализ с целью выявления региональных особенностей структуры массива лиственницы сибирской в Нижнем Приангарье.

Объектом исследования явился лесной массив, расположенный согласно лесорастительного районирования, разработанного Институтом леса СО РАН им. В.Н. Сукачева в пределах территории Нижнеангарского таежного района [50].

Согласно административно-хозяйственного деления район исследования находится на территории Богучанского и Чунского лесничеств.

Лесной массив состоит из 858 насаждений (таксационных выделов), относящихся к трем группам типов леса.

Результаты первичной статистической оценки рядов средних величин таксационных показателей насаждений, слагающих лесной массив, приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Статистические показатели рядов средних таксационных признаков древостоев

Статистические показатели	Высота средняя, м	Диаметр средний, см	Полнота	Бонитет	Возраст средний, лет	Запас, м ³ /га
Среднее значение	22,7	27,6	0,60	2,69	136	201
Стандартная ошибка	0,21	0,35	0,00	0,02	2,14	2,4
Медиана	24	28	0,60	3	130	210
Мода	25	26	0,60	3	110	220
Стандартное отклонение	6,17	10,38	0,13	0,64	62,77	70
Дисперсия выборки	38,1	107,8	0,0	0,4	3940,7	4896,0
Экссесс	4,4	0,8	0,1	2,0	-0,5	1,1
Асимметричность	-2,12	-0,36	-0,26	0,39	0,13	-0,87
Минимум	0,5	1	0,3	1	3	5
Максимум	35	60	1	5	280	400
Коэффициент варьирования,%	27,1	37,7	22,0	23,8	46,0	34,9
Точность опыта,%	0,9	1,3	0,8	0,8	1,6	1,2

Полученные статистические данные показывают достаточно большое разнообразие древостоев, сформировавших лесной массив. Необходимо отметить, что средние характеристики говорят о представленности достаточно крупномерных высокопроизводительных древостоев – средняя величина средних диаметров превышает 26 см, средняя высота – около 23 м, при этом максимальные величины среднего диаметра достигают 60 см, а средней высоты – 35 м. Древостои модальные – средняя относительная полнота 0,60, мода по относительной полноте 0,60. Древостои характеризуются значительным средним возрастом.

4.4.1 Структура лесного массива по продуктивности насаждений

Лесной массив, явившийся объектом исследования, представлен лиственничниками, относящимися к разнотравной, зеленомошной и багульниковой группам типов леса (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Распределение насаждений в массиве по группам типов леса и классам возраста

Класс возраста	Группа типов леса			Итого
	багульниковая	разнотравная	зеленомошная	
I	6	27	7	40
II	2	15	5	22
III	1	25	13	39
IV	1	57	4	62
V	-	79	16	95
VI	1	117	22	140
VII	-	94	22	116
VIII	-	66	19	85
IX	-	53	26	79
X	-	31	9	40
XI	1	26	13	40
XII	-	30	14	44
XIII	-	33	12	45
XIV	-	10	1	11
Итого	12	663	183	858

Причем абсолютным преобладанием характеризуется разнотравная группа лиственничников – на их долю приходится 77,3% от общего количества таксационных выделов. Представленность зеленомошной группы лиственничников составляет 21,3% и всего 1,4% составляет доля лиственничников багульниковой группы типов леса.

Структура лесного массива по принадлежности древостоев к определенному классу бонитета показана на рисунке 4.1

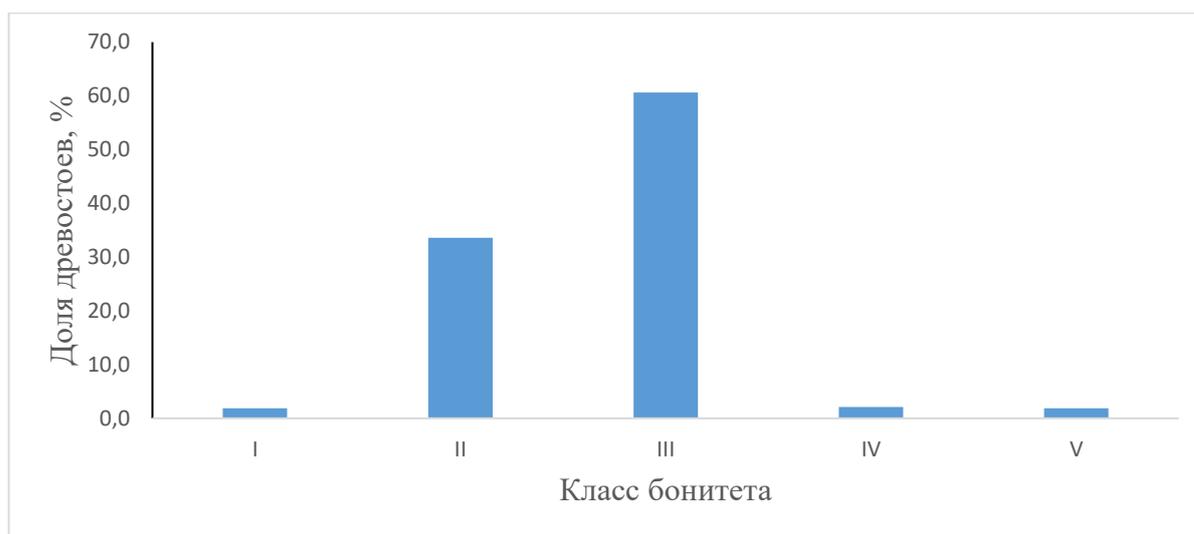


Рисунок 4.1 – Распределение древостоев лиственницы в лесном массиве по классам бонитета

Причем средний класс бонитета для древостоев разнотравной и зеленомошной групп типов леса различается слабо, а у багульниковой группы лиственничников средний класс бонитета – V.

В целом можно констатировать, что древостои лесного массива достаточно продуктивны для условий Приенисейской Сибири, средняя величина класса бонитета менее III.

4.4.2 Возрастная структура лесного массива

Возрастная структура лесного массива – фактор, определяющий соотношение всех структурных элементов этой сложной биологической системы.

Возрастная структура массива является важным элементом организации лесопользования. Устойчивое постоянное лесопользование предполагает организацию лесного хозяйства не допускающую деградацию лесного фонда и обеспечивающую постоянство лесного дохода.

В силу естественных закономерностей развития древостоев, являющихся отражением лесообразовательного процесса, под воздействием экзогенных факторов, влияющих на динамику лесных пространств (лесных пожаров, массовых вспышек энтомофитовредителей, ветровалы и т.п.) происходит дифференциация

древостоев по возрасту. В отдельных случаях этот процесс идет через смену главных древесных пород.

Большая дифференциация древостоев присуща лесным массивам в зонах интенсивного ведения хозяйства, что усиливает их расстроенность и, следовательно, варьирование запасов.

Н.М. Глазов [24] установил, что в лесных массивах неосвоенных промышленной эксплуатацией и неповрежденных лесными пожарами и массовыми вспышками энтомовредителей преобладают спелые и перестойные древостои. В расстроенных же лесных массивах, характеризующихся «пестрой» (выражение Н.М. Глазова [24]) возрастной структурой зачастую преобладают молодняки, средневозрастные и приспевающие древостои.

На рисунке 4.2 показано распределение древостоев в лесном массиве по группам возраста.

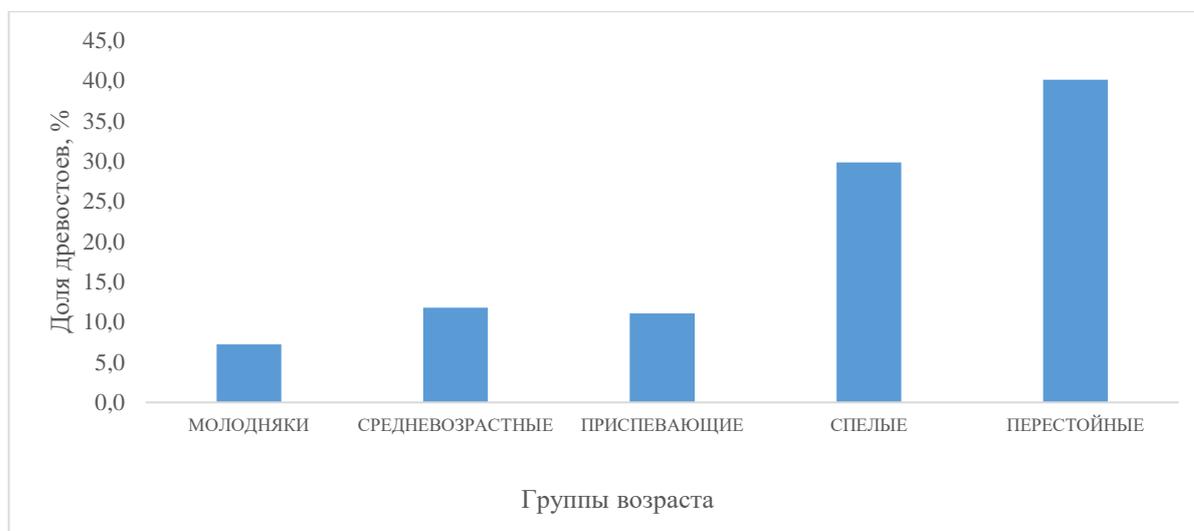


Рисунок 4.2 – Распределение числа древостоев в лесном массиве по группам возраста

Оказалось, что массив представлен в основном спелыми и перестойными древостоями, на их долю приходится 69,9% от общего числа, это является одним из свидетельств ограниченной нарушенности массива. Этот вывод подтверждает и распределение площадей древостоев различных возрастных групп (рисунок 4.3).

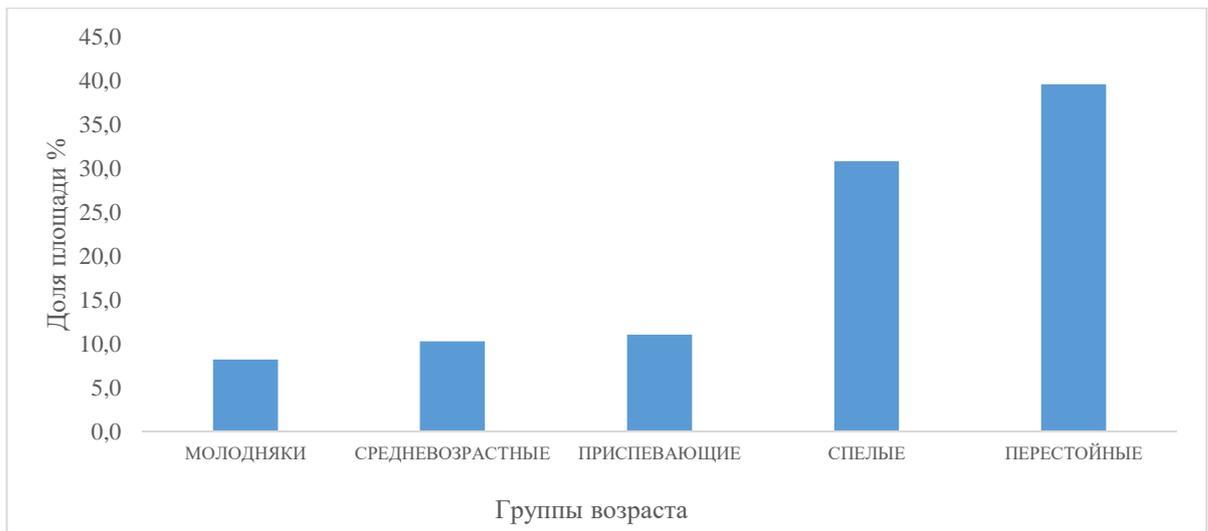


Рисунок 4.3 – Распределение площади древостоев в лесном массиве по группам возраста

Ряд средних возрастов (таблица 4.3) был оценен на нормальность при помощи критерия согласия Колмагорова-Смирнова (λ). Расчеты показали на нормальность рассматриваемого возрастного ряда (Приложение А).

Таблица 4.3 – Распределение числа древостоев в массиве по среднему возрасту

Средний возраст, лет	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	Итого
Количество выделов, шт.	40	22	39	62	95	140	116	85	79	40	40	44	45	11	858
Доля выделов, %	4,7	2,6	4,5	7,2	11,1	16,3	13,5	9,9	9,2	4,7	4,7	5,1	5,2	1,3	100,0

Полученный ряд был аппроксимирован функцией Гаусса (рисунок 4.4):

$$y=a*\exp((-b-x)^2/(2*c^2)) \quad (4.1)$$

где $a=12,86$

$b=134,40$

$c=61,36$

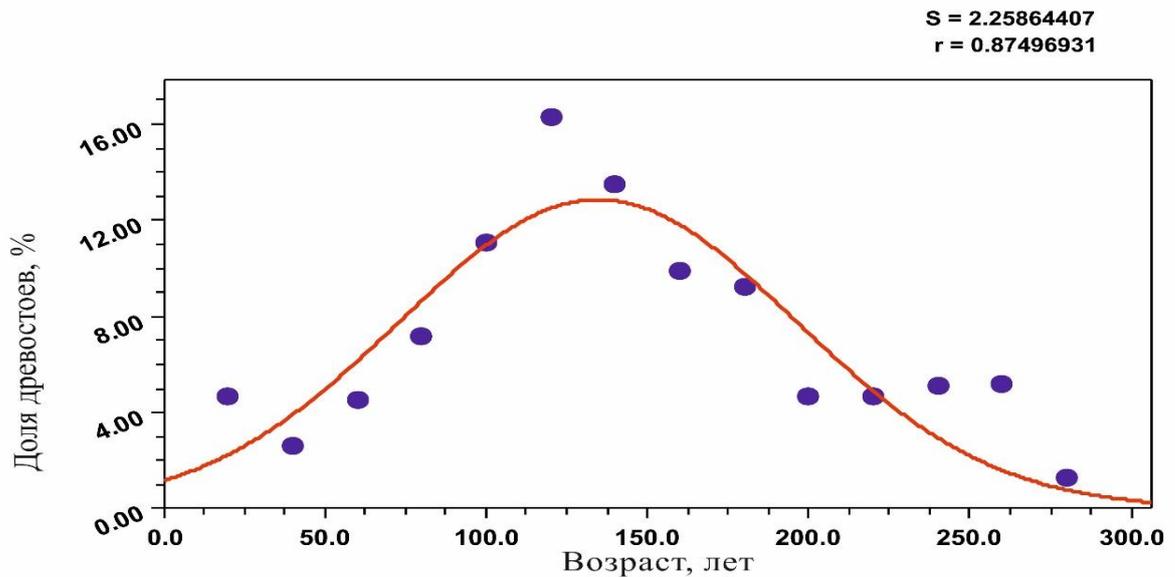


Рисунок 4.4 – Выравнивание ряда распределения древостоев по возрасту

Адекватность уравнения характеризуется коэффициентом детерминации $R^2=0,77$ при стандартной ошибке уравнения $S=2,26$.

Таким образом анализ возрастной структуры лиственничного массива в Нижнем Приангарье, который может рассматриваться в качестве типичного для данного региона, свидетельствует о его однородности, обусловленной отсутствием значительных последствий хозяйственной деятельности человека или стихийных экзогенных явлений.

4.4.3 Структура лесного массива по величинам средних диаметров древостоев

Средний диаметр древостоя является важной сырьевой характеристикой, наряду с запасом отражающей производительность древостоя. Поэтому строение лесного массива по этому признаку играет одну из определяющих ролей в характеристике этого сложного объекта.

Анализируя строение лесных массивов по диаметру Н.М. Глазов [24] отмечал, что статистическая обработка рядов средних диаметров показала на их подобие с рядами распределения стволов по диаметру в отдельных древостоях. Он

отмечает, что строение массива по величине средних диаметров древостоев не зависит от характера строения древостоев.

В то же время порядок сложения лесного массива закономерен и «...определенные категории древостоев занимают известное место в ряду массива, аналогично ранговым местам отдельных деревьев в древостое».

Это же мнение разделяет А.Г. Мошкалева [77]. Установленные им закономерности строения лесных массивов положены в основу предложенного метода товаризации.

В таблице 4.4 приведен ряд распределения лесного массива по величине средних диаметров древостоев.

Таблица 4.4 – Распределение числа древостоев в массиве по величине средних диаметров.

Средний диаметр, см	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	Итого
Количество выделов, шт.	50	11	24	46	73	201	166	82	78	63	36	18	6	2	2	858
Доля выделов, %	5,8	1,3	2,8	5,4	8,5	23,4	19,3	9,6	9,1	7,3	4,2	2,1	0,7	0,2	0,2	100

Ряд аппроксимируется уравнением (4.1) при коэффициентах $a=18,8$, $b=26,8$, $c=7,52$.

Адекватность уравнения подтверждает величина коэффициента детерминации $R^2=0,79$, при стандартной ошибке уравнения $S= 3,33$ (рисунок 4.5).

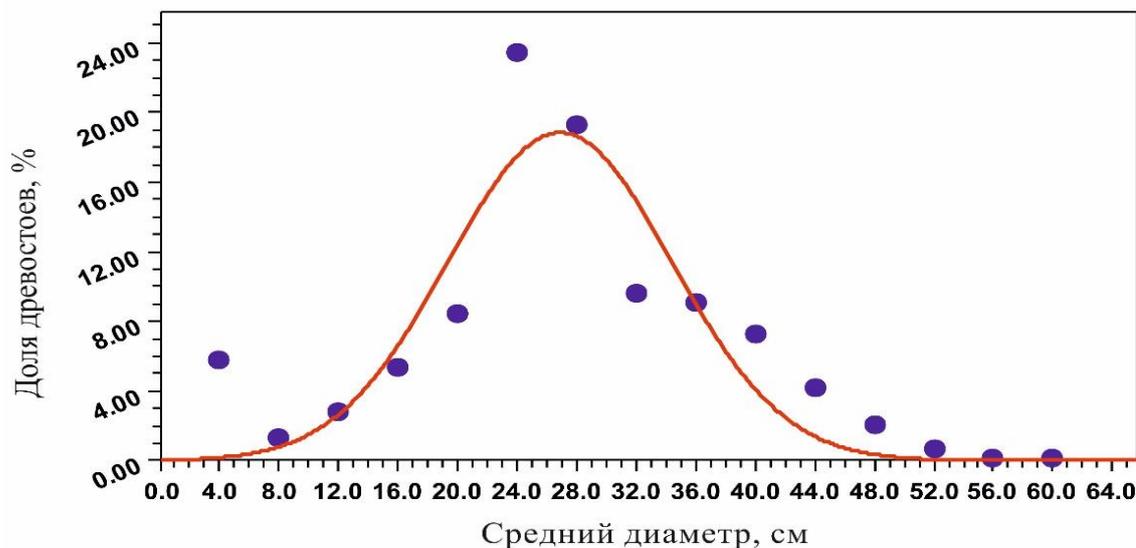


Рисунок 4.5 – Выравнивание ряда распределения древостоев в массиве по величине среднего диаметра

Практический интерес представляет распределение запаса между древостоями различных диаметров (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Распределение суммарного запаса лесного массива на 1 га между древостоями различного среднего диаметра

Диаметр, см	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	Итого
Запас, м ³	962	715	3260	8450	14900	43820	36610	17630	17420	14330	7490	4000	1760	380	380	172107
Запас, %	0,6	0,4	1,9	4,9	8,7	25,5	21,3	10,2	10,1	8,3	4,4	2,3	1,0	0,2	0,2	100,0

Данные таблицы свидетельствуют, что основная часть запаса лесного массива сосредоточена в древостоях со средними диаметрами 24-28 см. На их долю приходится 46,7% запаса лесного массива.

4.4.4 Структура лесного массива по величине средних высот

Средняя высота, как и средний диаметр древостоя является величиной, влияющей на запас.

Характерной особенностью распределения ряда средних высот в лесном массиве является вытянутая левая ветвь ряда, отражающая наличие древостоев с небольшими высотами. Однако древостои малых высот (менее 18 м) имеют незначительную представленность. Ряд распределения древостоев по величине средней высоты приведен в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Распределение числа древостоев в массиве по величине средних высот

Средняя высота, м.	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	35	Итого
Количество выделов, шт.	32	9	4	7	7	7	9	14	24	38	95	190	247	137	37	1	858
Доля выделов, %	3,7	1,0	0,5	0,8	0,8	0,8	1,0	1,6	2,8	4,4	11,1	22,1	28,8	16,0	4,3	0,1	100,0

Несмотря на несколько меньшую симметричность ряд распределения соответствует кривой Гаусса (4.1) (рисунок 4.6).

При $a=2,795$, $b=2,543$, $c=2,50$.

Адекватность уравнения подтверждается $R^2=0,96$ при $S=1,66$.

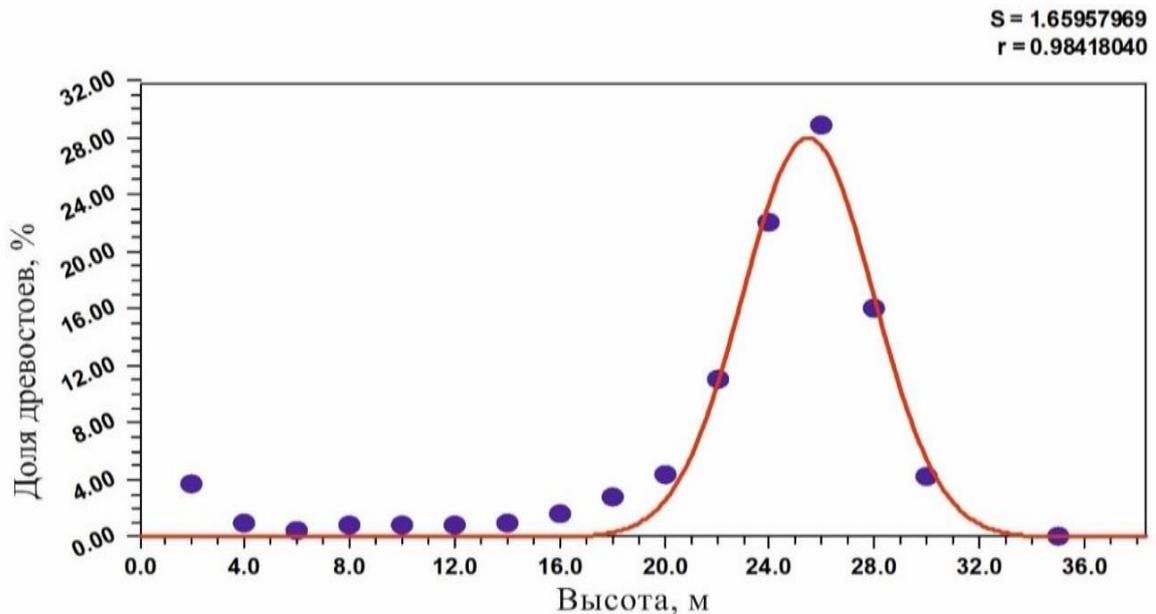


Рисунок 4.6 – Выравнивание ряда распределения древостоев в массиве по величине средней высоты

Основная часть запаса лесного массива сосредоточена в древостоях со средними высотами 24-26 м. На их долю приходится 50,9% лесного массива.

4.4.5 Структура лесного массива по относительной полноте древостоев

Относительная полнота является не только характеристикой плотности стояния деревьев в древостое, отражающей степень занятости жизненного пространства, но это прежде всего (наряду с запасом), показатель производительности древостоя.

Древостои лиственницы сибирской, слагающие лесной массив модальны – максимальная относительная полнота 1,0, среднее значение всей совокупности 0,60, при этом величины медианы и моды ряда распределения совпадают, они равны 0,60. Ряд отличается от рядов распределения средних таксационных показателей древостоев симметричностью (Рисунок 4.7), он характерен для рядов нормального вида. Проверка на нормальность ряда показана в приложении

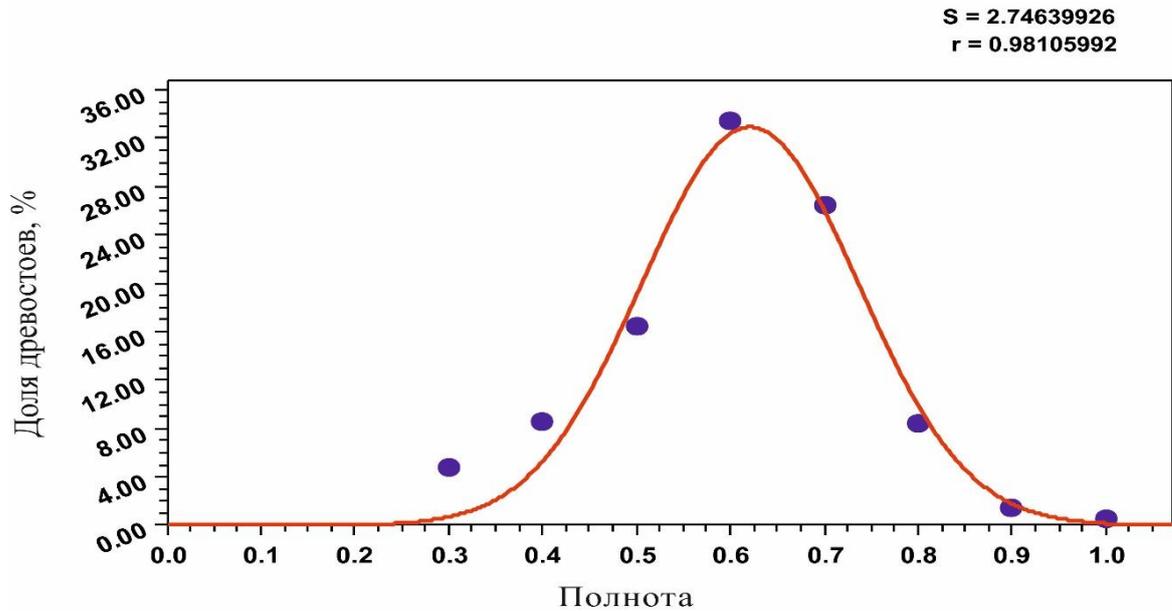


Рисунок 4.7 – Выровненный ряд распределения древостоев в лесном массиве по величине относительной полноты

Ряд отображается уравнением Гаусса (4.1).

При $a=32,92$, $b=0,62$, $c=0,12$.

Адекватность отображается коэффициентом детерминации $R^2= 0,96$, при $S=2,75$.

Далее ряд относительных полнот был стратифицирован по возрастным группам. В таблице 4.7 приведена статистическая характеристика рядов относительных полнот молодняков, средневозрастных, приспевающих, спелых и перестойных древостоев.

Таблица 4.7 – Статистические показатели рядов относительных полнот древостоев разных возрастных групп.

Возрастные группы	\bar{x}	$\pm m_x$	m_e	m_o	$\pm \delta$	D	E_x	A_s	W, %	P, %
Молодняки	0,51	0,02	0,5	0,4	0,12	0,02	2,99	1,47	24,5	3,1
Средневозрастные	0,64	0,02	0,7	0,7	0,16	0,03	0,34	-0,38	25,0	2,5
Приспевающие	0,68	0,01	0,7	0,7	0,10	0,01	1,63	-0,77	14,9	1,5
Спелые и перестойные	0,59	0,01	0,6	0,6	0,12	0,02	0,18	-0,40	20,9	0,9

Примечание: \bar{x} – среднее значение, $\pm m_x$ – стандартная ошибка, m_e – медиана, m_o – мода, $\pm \delta$ – стандартное отклонение, D – дисперсия выборки, E_x – эксцесс, A_s – асимметрия, W, % – коэффициент вариации, P, % – точность опыта.

Ряд распределения по относительной полноте иллюстрирует график на рисунке 4.8.

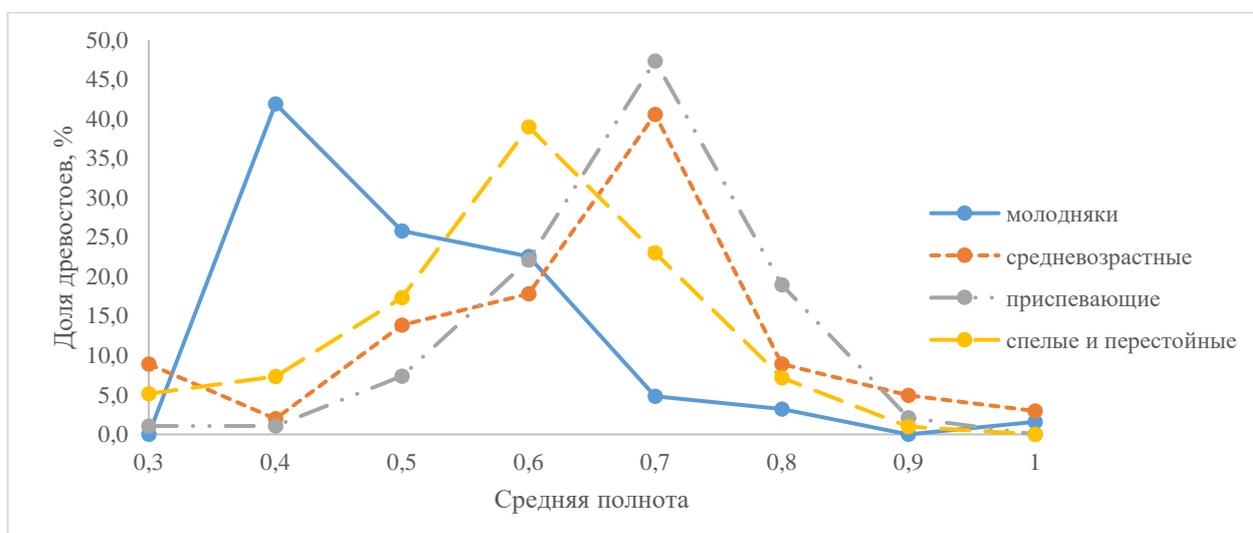


Рисунок 4.8 – Ряды распределения древостоев разных возрастных групп по относительной полноте

Анализ данных таблицы и графика говорит о том, что основная доля древостоев относится к среднеполнотным насаждениям. При этом достоверность опыта с повышением группы возраста возрастает.

Таким образом, еще раз можно отметить, что исследуемый лесной массив представлен в основном модальными древостоями, причем распределение их по относительной полноте соответствует нормальному как в целом, так и в пределах возрастных групп древостоев.

4.4.6 Структура лесного массива по величине запасов древостоев

Завершающей частью изучения структуры лесного массива лиственницы сибирской в Нижнем Приангарье является установление особенностей распределения в нем древостоев с различным запасом. Безусловно запас является основной хозяйственной характеристикой как отдельного древостоя, так и целого лесного массива. Величина запаса в различной степени зависит от всех ранее рассмотренных таксационных характеристик древостоев. Характер изменчивости

запасов в лесном массиве явился предметом изучения многих исследователей (Richter [144]; Н. Grossman [139,140]; В.К. Захаров [41]; К.Е. Никитин [80,81]; В.С. Чуенков [128]; И.И. Красиков, СЛ.Шевелев [55], Иванов В.В. [43], Н.В. Выводцев [19] и др.).

В процессе анализа структуры крупного лесного массива приходится оценивать разнообразное сочетание лесных участков, отличающихся по форме, составу, возрасту, полноте, условиям произрастания. Для получения относительно однородных насаждений была проведена стратификация по укрупненным градациям возраста, объединяющих два двадцатилетних класса:

I – до 40 лет;

II – 41-80 лет;

III – 81-120 лет;

IV – 121-160 лет;

V – 161-200 лет;

VI – 201-и более лет;

В таблице 4.8 приведены данные статистической обработки рядов запасов по возрастным стратам.

Таблица 4.8 – Статистическая характеристика рядов запасов ($\text{м}^3/\text{га}$) лиственничных древостоев по возрастным стратам

Статистические показатели	Возрастные страты					
	I	II	III	IV	V	VI
Среднее значение	17	171	223	218	210	226
Стандартная ошибка	2,4	5,2	3	3,3	4,3	5,4
Медиана	10	180	220	220	220	230
Мода	5	190	240	220	230	230
Стандартное отклонение	13,35	52,33	43	46,99	47,04	63,55
Дисперсия выборки	178	2738	1890	2209	2213	4039
Эксцесс	-0,37	0,57	1,00	1,06	0,09	-0,90
Асимметричность	0,83	-0,61	0,00	0,51	-0,59	-0,07
Коэффициент вариации,%	80,8	30,6	19,5	21,5	22,4	28,1
Точность опыта,%	14,5	3,0	1,3	1,5	2,1	2,4

Изменчивость запаса лиственничников в пределах страт изменяется от 19,5% до 30,6 %. Исключение составила страта, отражающая ряд запасов молодняков. Определенной закономерности в изменении коэффициентов вариации не наблюдается. Можно только отметить некоторую тенденцию к снижению величины этого показателя с увеличением возраста древостоев.

К такому же выводу пришли В.В. Антанайтис, И.Н. Репшис [7] которые отмечали, что математическая модель для определения коэффициентов вариации запаса построенная ВНИИЛМ не соответствует лесам Литвы, так как по этой модели коэффициент вариации запаса с увеличением возраста постепенно уменьшается, а в действительности этого не происходит.

Полученные коэффициенты вариации для лиственничного лесного массива значительно ниже, чем установленные для лесов Литвы, где в среднем этот показатель равен 57,9%. Это вполне закономерно, так как при интенсивных формах ведения лесного хозяйства большое влияние на изменчивость запасов оказывают выборочные рубки. Величина асимметрии рядов в стратах относительно согласуется с приводимыми для лесов Литвы – от -0,61 до 1,3 (по данным В.В. Антанайтиса, И.Н. Репшиса от -0,1 до 2,0), эксцесса – от -0,9 до 1,06 (от -0,6 до 0,7)

Анализ изменчивости запаса по возрастным группам (таблица 4.9) также не показал определенных закономерностей.

Таблица 4.9 – Изменчивость запасов древостоев лиственницы в массиве в пределах возрастных групп

Показатели	Группы возраста				
	Молодняки	Средневозрастные	Приспевающие	Спелые	Перестойные
Коэффициент вариации, %	80,8	30,6	17,2	21,3	25,1
Точность опыта, %	14,5	3,0	1,8	1,3	1,4

Таким образом можно заключить, что изменчивость запасов в рассматриваемых древостоях лиственницы носит достаточно умеренный характер.

Распределение запаса древостоев в лесном массиве без деления его на страты приведено на рисунке 4.9. Исходные данные для аппроксимации приведены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Распределение древостоев в массиве по запасу

Запас, м ³ /га	50	100	150	200	250	300	350	400	Итого
Количество выделов, шт.	56	48	131	291	243	72	14	3	858
Доля выделов, %	6,5	5,6	15,3	33,9	28,3	8,4	1,6	0,3	100,0

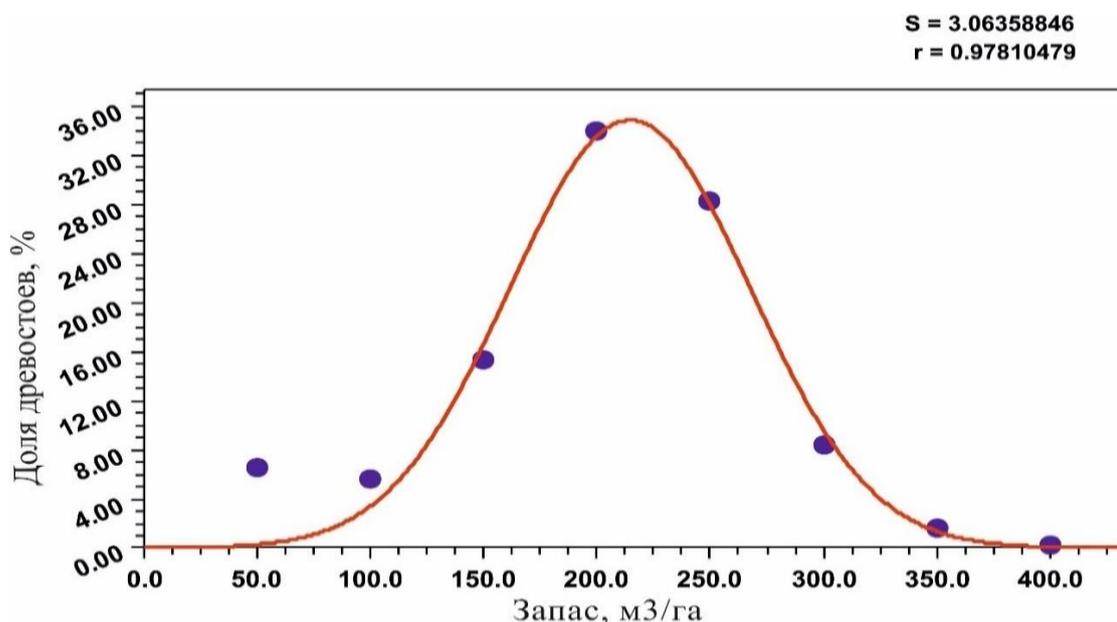


Рисунок 4.9 – Распределение древостоев лиственницы с различным запасом в массиве

Распределение с высокой степенью адекватности ($R^2=0,96$; $S=3,06$) отображается уравнением (4.1) при $a=34,83$, $b=214,25$, $c=53,1$.

Общая изменчивость ряда составила 34,9 % при точности опыта 1,2.

Все ряды были проверены на нормальность распределения при помощи критерия Колмагорова–Смирнова, результаты расчетов представлены в приложении А. Оказалось, что все различия в сопоставляемых рядах распределения случайны [64].

Таким образом, опираясь на полученные данные о изменчивости запаса древостоев лиственницы в массиве в целом и по отдельным стратам можно

заклучить, что полученные данные позволяют отнести его к категории «однородных лесных массивов», по классификации Н. Grossman [139,140].

Однако нельзя забывать, что данная классификация построена для лесов с интенсивным ведением лесного хозяйства, неоднократно подвергавшимся выборочным рубкам. Если обратиться к данным по инвентаризации лесов Литвы математико-статистическим методом то можно увидеть, что в древостоях с аналогичной интенсивностью ведения хозяйства как в Германии изменчивость запасов на выборочных площадках для сосны составила $54,0 \pm 1,2\%$; ели $53,5 \pm 1,9\%$; березы $55,0 \pm 1,8\%$; осины $50,7 \pm 2,7\%$.

В настоящее время, в связи с возрастающими антропогенными нагрузками на лесные экосистемы, вопросы их устойчивости становятся одним из самых важных.

Рядом исследователей [30,31,39,54,59,60,146] доказано, что устойчиво формирующийся лесной массив характеризуется нормальным распределением таксационных характеристик отдельных древостоев, нарушить которое могут дестабилизирующие факторы, в числе которых: изменение климата, техногенное воздействие в виде промышленных выбросов, лесные пожары, вспышки массового размножения энтомофитов и т.п., но наиболее существенное воздействие на структуру лесного массива наносит хозяйственная деятельность человека.

Анализируя полученные данные по возрастной структуре массива, рядом распределения по средним диаметрам, средним высотам и относительным полнотам следует отнести рассматриваемый лесной массив к категории «устойчивых».

4.4.7 Сопоставление структуры лесных массивов лиственницы в различных регионах Приенисейской Сибири

Установленные закономерности в формировании лесных массивов позволяют решать технические задачи, связанные с оптимизацией методов таксации, в том числе и с использованием методов дистанционного зондирования. Устойчивые закономерности в структуре лесных массивов могут являться основой прогнозов путей динамики лесных массивов и их товарной структуры, Н.М. Глазов

[24] отмечал «...для каждой лесной формации можно составить таблицы строения лесных массивов по средним диаметрам участков. Например, для массивов кедра Приморья достаточно трех таблиц распределения по толщине для средних диаметров 40,44 и 48» (стр.129).

Подобный норматив был составлен И.И. Красиковым, С.Л. Шевелевым [55] для массивов лиственницы сибирской республики Тыва (таблица 4.11).

Таблица 4.11 – Представленность древостоев (%) с различными средними диаметрами в лесном массиве (по И.И. Красикову, С.Л. Шевелеву, 2013)

Средняя величина диаметра лесного массива, см.	Средние диаметры древостоев, см,													Итого
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	
22	0,7	1,7	5,3	14,4	27,7	28,4	15,5	4,7	1,5	0,1	-	-	-	100
24	0,7	1,3	3,8	10,1	21,2	28,3	20,9	9,5	3,3	0,9	-	-	-	100
26	0,6	1,1	2,9	7,2	15,7	24,8	24,2	14,4	6,2	2,3	0,6	-	-	100
28	0,6	0,9	2,2	5,3	11,6	20,3	24,4	18,7	9,8	4,2	1,6	0,4	-	100
30	0,5	0,8	1,8	4,1	8,7	16,0	22,2	21,1	13,7	6,8	2,9	1,2	0,2	100

На рисунке 4.10 показано сопоставление рядов распределения древостоев по величине среднего диаметра в массиве лиственницы и ряда, полученного по нормативу, разработанному для лиственничников республики Тыва (по средней величине диаметра лесного массива 28 см).

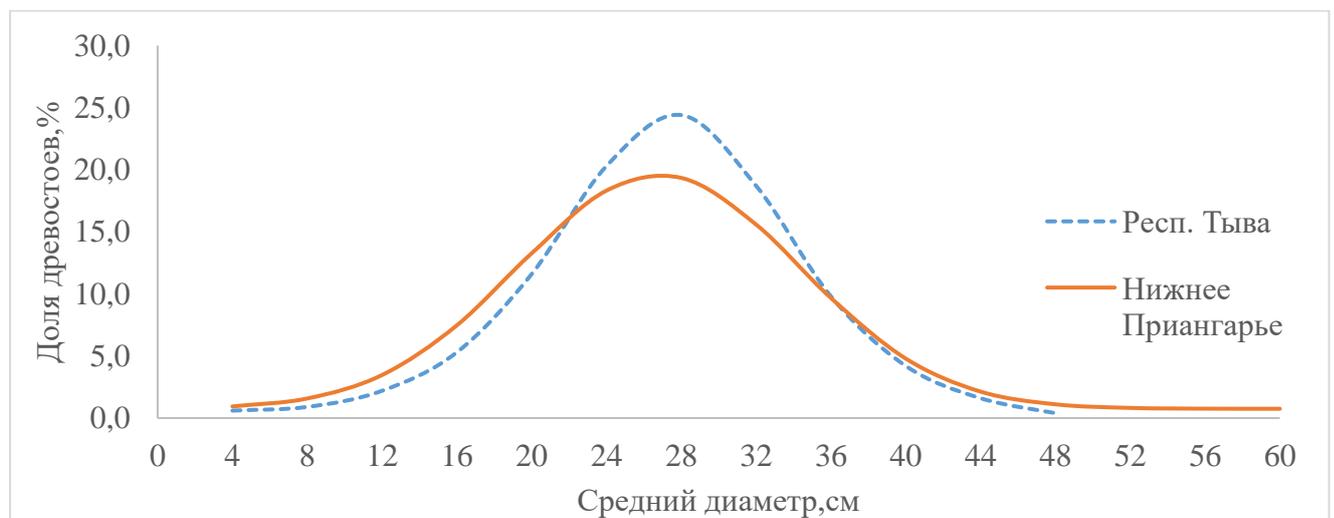


Рисунок 4.10 – Сопоставление рядов распределения по среднему диаметру лиственничников различных регионов Приенисейской Сибири

Ряды распределения по среднему диаметру двух достаточно различающихся по условиям регионов почти совпадают, только в диапазоне 24-32 см доля древостоев по Республике Тыва превышает долю древостоев по Нижнему Приангарью на 12,4%.

Оценка степени согласованности рядов распределения была осуществлена с применением критерия согласия Колмагорова-Смирнова (λ). Расчеты приведены в приложении Б. Оказалось, что различия между полученными данными и нормативом можно расценить как случайные.

Высокая степень согласованности рядов распределения древостоев в лесных массивах в двух достаточно удаленных друг от друга регионах, различающихся условиями местопроизрастания, позволяет предположить возможность создания комплекса региональных нормативов, с целью использования их для товаризации и совершенствования методов оценки этих крупных совокупностей лесных участков

Выводы по разделу:

- лесной массив лиственницы сибирской в Нижнем Приангарье, явившийся объектом исследования и который можно рассматривать как типичный для данного региона, обладает всеми признаками однородного лесного массива, что позволяет характеризовать его как систему не потерявшую устойчивость;

-распределение древостоев в лесном массиве по средним таксационным показателям не случайно и подчинено нормальному распределению;

-установленная общность в распределении древостоев лиственницы сибирской, в пределах лесных массивов различных регионов, позволяет совершенствовать методы их таксации.

5 ДИНАМИКА ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Закономерности динамики таксационных показателей лиственничных древостоев в Приенисейской Сибири были предметом исследования достаточно продолжительный период. Первая крупная работа, посвященная этой теме, стало исследование Б.Н. Тихомирова и И.А. Тищенко [106]. В их работе «Ход роста сибирской лиственницы по исследованиям в Хакасском округе Сибирского края» приводятся таблицы хода роста, которые положили начало формирования комплекса нормативов, обеспечивающих проектирование лесохозяйственных мероприятий в лиственничных лесах. К настоящему времени, для лесов с преобладанием лиственницы в различных регионах Средней Сибири построено и опубликовано достаточно большое количество таблиц, которые отражают динамику таксационных показателей.

Большой вклад в решение данного вопроса сделали Э.Н. Фалалеев и В.С. Поляков, таблицы хода роста лиственничников для четырех регионов Средней Сибири, составленные в различные годы были опубликованы в справочном пособии «Ход роста основных лесобразующих пород Сибири» [124]. В этом же пособии приведена таблица хода роста лиственничников Западного Саяна, построенная сотрудниками Второй московской лесоустроительной экспедиции.

В работе И.И. Красикова, С.Л. Шевелева [55] содержатся таблицы для двух типов лиственничников республики Тыва и лиственничников бассейна р. Подкаменной Тунгуски. Осуществить сравнительный анализ данных по динамике таксационных показателей лиственничников позволяют работы Н.В. Выводцева [19] для лесов Дальнего Востока; В.С. Золотухина [42] для Горного Алтая; Л.К. Позднякова для Алданского нагорья и Северо-Востока Якутии [86]; А.Е. Тетенькина, В.Г. Бусоедова, Ю.М. Попова [105] для водоохранной зоны оз. Байкал; Э.Н. Фалалеева, Н.В. Павлова, А.С. Смольянова, Э.К. Соколова [123] для верхнего течения р. Лены; И.М. Данилина, М.М. Наурзбаева, З. Цогт [29] для Центральной части Хангая (Монголия) и др. (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Таблицы динамики таксационных показателей древостоев
лиственницы сибирской

№ п/п	Автор	Регион	Год	Основа	Древостой
1	Тихомиров Б.Н., Тищенко И.Л.	Хакасия	1929	Тип леса/ Бонитет	Нормальный
2	Фалалеев Э.Н., Поляков В.С.	Среднее и Нижнее Приангарье	1969	Тип леса(ЗЛМ) /Бонитет	Модальный
3	Фалалеев Э.Н., Поляков В.С.	Енисейский кряж	1969	Тип леса/ Бонитет	Модальный
4	Фалалеев Э.Н., Поляков В.С.	Южные районы Красноярского края	1969	Тип леса/ Бонитет	Модальный
5	2 московская лесостроительная экспедиция	Западный Саян	1975	Бонитет	Нормальный
6	Фалалеев Э.Н., Поляков В.С.	Северный склон Западного Саяна	1975	Тип леса/ Бонитет	Модальный
7	Тетенькин А.Е., Бусоедов В.Т., Попова Ю.М.	Водоохранная зона оз.Байкал	1973	Бонитет	Модальный
8	Фалалеев Э.Н., Павлов Н.В., Смолянов А.С., Соколов Э.К.	Верхнее течение р.Лены	1974	Тип леса	Модальный
9	Золотухин В.С.	Горный Алтай	1958	Бонитет	Нормальный
10	Пензенская лесостроительная экспедиция Юго- Восточного лесостроительного предприятия	Верхнее течение р. Игонда	1964	Бонитет	Нормальный
11	Поздняков Л.К.	Алданское нагорье	1961	Тип леса/ Бонитет	Модальный
12	Поздняков Л.К.	Северо-Восточная Якутия	1948	Бонитет	Модальный
13	Шурдук И.Ф.	Южная Якутия	1975	Тип леса/ Бонитет	Модальный
14	Фалалеев Э.Н., Шайдоров Ц.Б.	Южная часть Витимского плато	1973	Тип леса	Модальный
15	Дзезюля А.А.	Р.Хантайка	1971	Тип леса	Модальный
16	Выводцев Н.В.	Дальний Восток			
17	Моисеенко Ф.П.	Читинская область		Бонитет	
18	Дитрих В.И.	Иркутская область		Бонитет	
19	Красиков И.И., Шевелев С.Л.	Тыва	2010	Тип леса	Модальный
20	Красиков И.И., Шевелев С.Л.	р. Подкаменная Тунгуска	2013	Бонитет	Модальный
21	Данилин И.М., Назурбаев М.М., Цогт З.	Монголия (Центральный Хангай)	2010	Тип леса	Модальный

Анализ 21 таблиц хода роста показал, что в абсолютном преобладании они были построены на бонитетной основе (хотя иногда вместе с классом бонитета указывался преобладающий тип леса). Три таблицы построены для нормальных древостоев, остальные характеризуют динамику таксационных показателей модальных древостоев. Лишь небольшая часть нормативов представляет из себя таблицы хода роста, которые отражают полную динамику древостоев, включая отпад, основная же часть характеризует только динамику наличного древостоя.

Для лиственничников Нижнего Приангарья построена одна таблица [124]. Эта таблица после математического моделирования вошла в «Таблицы и модели хода роста и продуктивность насаждений основных лесообразующих пород Северной Евразии».

Таблица построена на бонитетной основе для древостоев зеленомошной группы типов леса. Для достаточно обширной травяной группы лиственничников таблица хода роста отсутствует.

В настоящей работе таблица хода роста строилась на типологической основе, лиственничники характеризуются продуктивностью, соответствующей III классу бонитета.

Оценка рядов средних таксационных показателей лиственничных древостоев травяной группы типов леса таблица 5.2 показала, что с увеличением класса возраста точность опыта возрастает, а коэффициент вариации становится меньше.

Таблица 5.2 – Статистические характеристики рядов средних диаметров, высот и запасов

Класс возраста	Диаметр, см			Высота, м			Запас, м ³ /га		
	X _{ср} , см	W, %	P, %	X _{ср} , м	W, %	P, %	X _{ср} , м ³	W, %	P, %
1	1,7	72,1	13,9	1,6	65,8	12,7	13	76,9	14,8
2	8,7	45,2	11,0	9,4	32,5	7,9	73	54,6	13,2
3	16,0	18,6	3,7	17,2	13,8	2,7	175	26,3	5,2
4	19,5	23,8	3,1	19,1	20,2	2,7	166	34,4	4,5
5	23,1	11,3	1,3	22,2	5,6	0,6	223	18,1	2,0
6	25,9	10,0	0,9	23,7	6,8	0,6	227	21,4	2,0
7	27,8	8,1	0,8	24,8	4,9	0,5	232	20,3	2,1

Окончание таблицы 5.2

8	30,2	7,6	0,9	24,9	12,5	1,5	214	20,6	2,5
9	35,3	13,4	1,8	26,8	5,3	0,7	210	20,9	2,9
10	38,6	16,4	3,0	26,6	5,5	1,0	220	19,0	3,4
11	41,0	12,9	2,5	26,8	6,7	1,3	226	26,8	5,2
12	41,6	13,7	2,5	27,0	6,7	1,2	222	29,7	5,4
13	40,7	8,8	1,5	27,6	4,1	0,7	209	29,9	5,2
14	46,0	7,3	2,3	29,0	3,8	1,2	279	22,1	7,0

Оказалось, что средние значения в рядах показателей первых двух классов возраста, отличаются невысокой точностью, в силу малого числа наблюдений. Однако, с этим приходится мириться, так как число древостоев этого возраста в объекте исследования ограничено и все они включены в обработку [60].

Древостои возрастом 230 лет и старше, хотя также учтены в небольшом количестве (43 таксационных выделов), но имеют относительно невысокую изменчивость показателей, что обеспечило приемлемую точность опыта – около 5%.

Динамика средних показателей древостоев иллюстрируют графики на рисунках 5.1.-5.3.

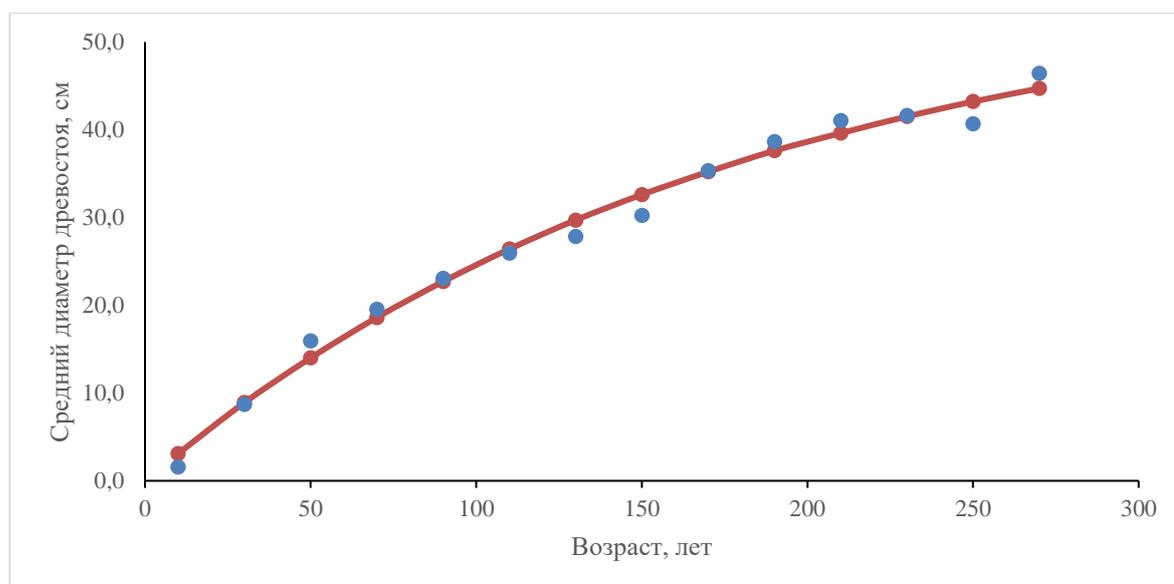


Рисунок 5.1 – Динамика среднего диаметра древостоя в лиственничниках травяной группы типов леса

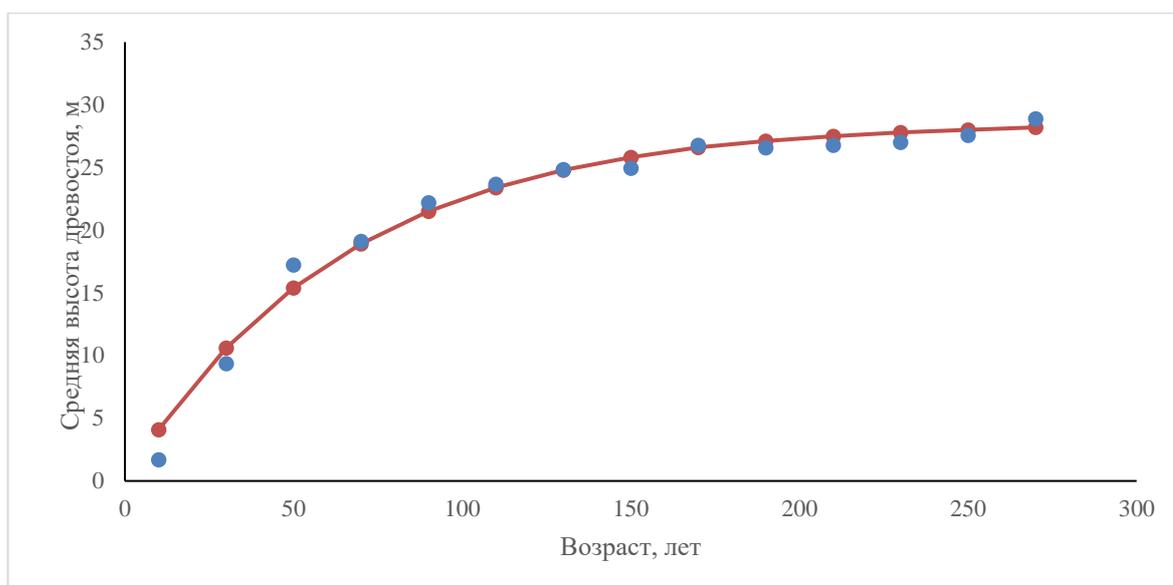


Рисунок 5.2 – Динамика средней высоты древостоя в лиственничниках травяной группы типов леса

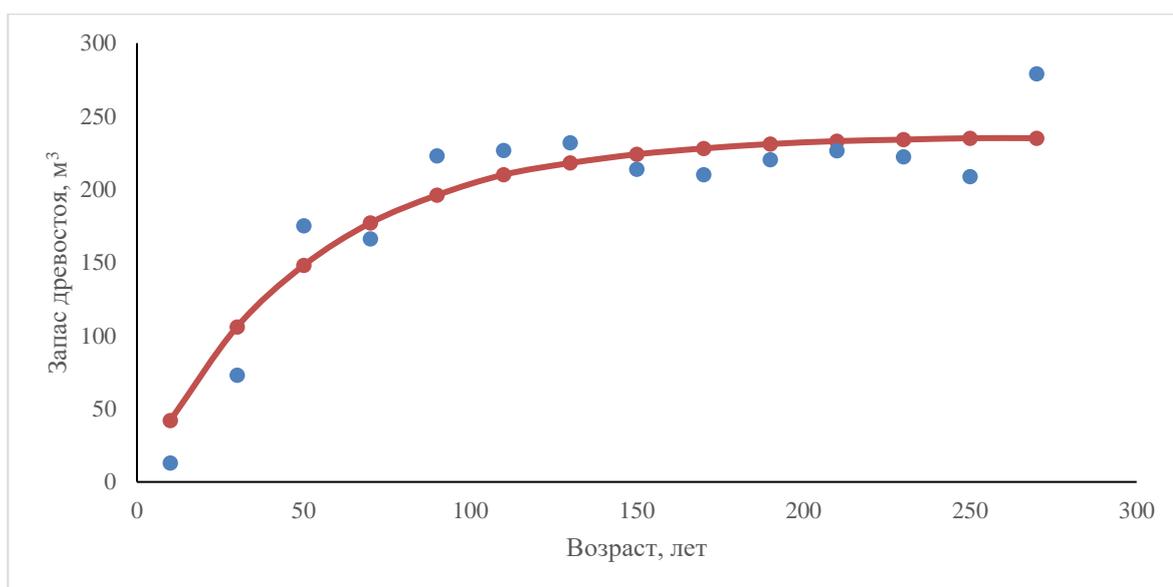


Рисунок 5.3 – Динамика среднего запаса древостоя в лиственничниках травяной группы типов леса

Возрастные изменения средних высот, диаметров и запасов с высокой степенью адекватности аппроксимируются функцией вида:

$$y=a(1-\exp(-bA)), \quad (5.1)$$

где a , b – коэффициенты уравнения;

A – возраст древостоев, лет.

В таблице 5.3 приведены коэффициенты уравнений и показатели их адекватности.

Таблица 5.3 – Коэффициенты уравнений и показатели их адекватности

Таксационный показатель	Коэффициент уравнений		Коэффициент детерминации (R^2)
	a	b	
Средняя высота, м.	28,63	0,015	0,99
Средний диаметр, см.	57,32	0,006	0,99
Запас, м ³	236,5	0,02	0,96

В таблице 5.4 приведена таблица динамики таксационных показателей лиственничников травяной группы типов леса в Нижнем Приангарье.

В таблице 5.5 приведен расчет технической спелости древостоя.

Оказалось, что возраст технической спелости на один класс возраста превышает оптимальный возраст рубки лиственничников в Восточной Сибири, утвержденный приказом Рослесхоза №105 от 9.04.2015 «Об установлении возрастов рубок».

В заключении раздела необходимо констатировать, что в результате проделанной работы, на основании установленных закономерностей динамики средних таксационных показателей построен норматив, который позволяет осуществлять проектирование хозяйственных мероприятий в лиственничниках травяной группы типов леса в районе исследования.

Таблица 5.4 – Динамика таксационных показателей лиственничников травяной группы

Возраст, лет	Средние		Видовая высота	Видовое число	Сумма п. сечения, м ² /га	Число стволов, шт/га	Запас, м ³ /га	Изменение запаса, м ³ /га	
	высота, м	диаметр, см						среднее	текущее
10	4,1	3,1	2,84	0,69	2,97	3710	8	0,84	
30	10,6	8,9	5,44	0,51	14,89	2402	81	2,70	3,63
50	15,4	14,0	7,36	0,48	21,20	1376	156	3,12	3,75
70	18,9	18,6	8,76	0,46	22,03	810	193	2,76	1,85
90	21,5	22,7	9,8	0,46	21,43	529	210	2,33	0,85
110	23,4	26,4	10,56	0,45	20,64	377	218	1,98	0,40
130	24,8	29,7	11,12	0,45	20,05	289	223	1,72	0,25
150	25,8	32,6	11,52	0,45	19,53	234	225	1,50	0,10
170	26,6	35,2	11,84	0,45	19,17	197	227	1,34	0,10
190	27,1	37,6	12,04	0,44	18,94	171	228	1,20	0,05
210	27,5	39,6	12,2	0,44	18,77	152	229	1,09	0,05
230	27,8	41,5	12,32	0,44	18,59	137	229	1,00	0,00
250	28,0	43,2	12,4	0,44	18,47	126	229	0,92	0,00

6 ОСОБЕННОСТИ ФОРМЫ СТВОЛОВ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ

В процессе роста и развития деревьев на их стволах, ветвях и корнях ежегодно откладываются слои древесины, что ведет к увеличению диаметров, высот и объемов. В результате этих процессов изменяется и форма древесных стволов.

Прирост древесных стволов, а, следовательно, и его форма, обусловлены влиянием нескольких природных факторов, в числе которых:

- биологические особенности той или иной древесной породы;
- наследственные свойства дерева;
- лесорастительные условия;
- климатические и погодные условия;
- возраст;
- положение дерева в древостое;
- поражение дерева энтомовыми вредителями и болезнями;
- антропогенное воздействие [16,59].

Реагируя на перечисленные выше факторы, деревья обладают различной полнодревесностью, что влияет на их объем.

Поэтому закономерности изменения показателей формы стволов являются важной частью таксационных исследований, требующей углубленного изучения.

6.1 Коэффициенты формы стволов лиственницы сибирской

Для характеристики формы древесных стволов принято использовать отношение диаметров в точках соответствующих определенной доли его высоты (0; 0,25; 0,50; 0,75) к величине диаметра ствола на высоте 1,3 м.

Эти показатели, получившие название «коэффициентов формы» достаточно полно характеризуют данный важный объемобразующий признак, хотя и обладают некоторыми недостатками.

Особенности формы стволов лиственницы сибирской в Нижнем Приангарье до сих пор детально не изучены.

Некоторые сведения можно почерпнуть из работ В.И. Пчелинцева [92], исследовавшего форму стволов лиственницы сибирской в различных лесорастительных зонах Средней Сибири. Им приводятся средние значения старых видовых чисел и данные по относительному сбегу для укрупненных биологических формаций (притундровые лиственничники, северные лиственничники, южные лиственничники равнин и межгорных долин, горные лиственничники). Форма стволов лиственницы притундровых редколесий рассмотрена А.И. Бондаревым [13,14].

Из работ ряда исследователей (В.С. Поляков, П.И. Мачернис [91], Л.В. Донченко [35] и др.), разрабатывавших таксационные нормативы для этого региона получить сведения можно только опосредованно, путем перерасчета приведенных ими данных.

Таким образом, для района исследования вопрос формообразования стволов лиственницы требует более пристального внимания.

Статистическая обработка рядов коэффициентов формы приведена в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Статистическая характеристика рядов коэффициентов формы

Показатели	q ₀ в коре	q ₀ без коры	q ₁ в коре	q ₁ без коры	q ₂ в коре	q ₂ без коры	q ₃ в коре	q ₃ без коры
Среднее значение	1,55	1,41	0,83	0,85	0,67	0,69	0,45	0,46
Стандартная ошибка	0,02	0,02	0,004	0,01	0,00	0,004	0,01	0,01
Медиана	1,56	1,40	0,84	0,86	0,67	0,70	0,44	0,45
Мода	1,25	-	0,83	0,88	0,67	0,80	0,40	0,40
Стандартное отклонение	0,304	0,347	0,078	0,092	0,078	0,086	0,096	0,117
Дисперсия выборки	0,093	0,120	0,006	0,008	0,006	0,007	0,009	0,014
Эксцесс	1,904	4,121	7,750	6,326	6,128	0,401	2,809	2,657
Асимметричность	-0,288	-0,792	-1,365	-1,277	-1,035	-0,102	0,830	0,28
Интервал	2,381	2,410	0,750	0,798	0,773	0,538	0,711	0,98
W,%	19,7	24,6	9,4	10,8	11,7	12,3	21,4	25,6
P,%	1,1	1,7	0,5	0,6	0,7	0,7	1,2	1,4

Результаты анализа рядов наиболее информативного коэффициента q_2 показали, что они несколько отличаются от данных приводимых В.И. Пчелинцевым [92]. Величины коэффициентов формы показывают на большую полндревесность стволов лиственницы без коры, что закономерно для этой толстокорой породы.

На основе данных модельных деревьев получены ряды коэффициентов формы (Приложение В), которые были аппроксимированы линейными уравнениями.

Изменения коэффициентов формы стволов у деревьев различного диаметра показана на рисунке 6.1 и таблице 6.2.

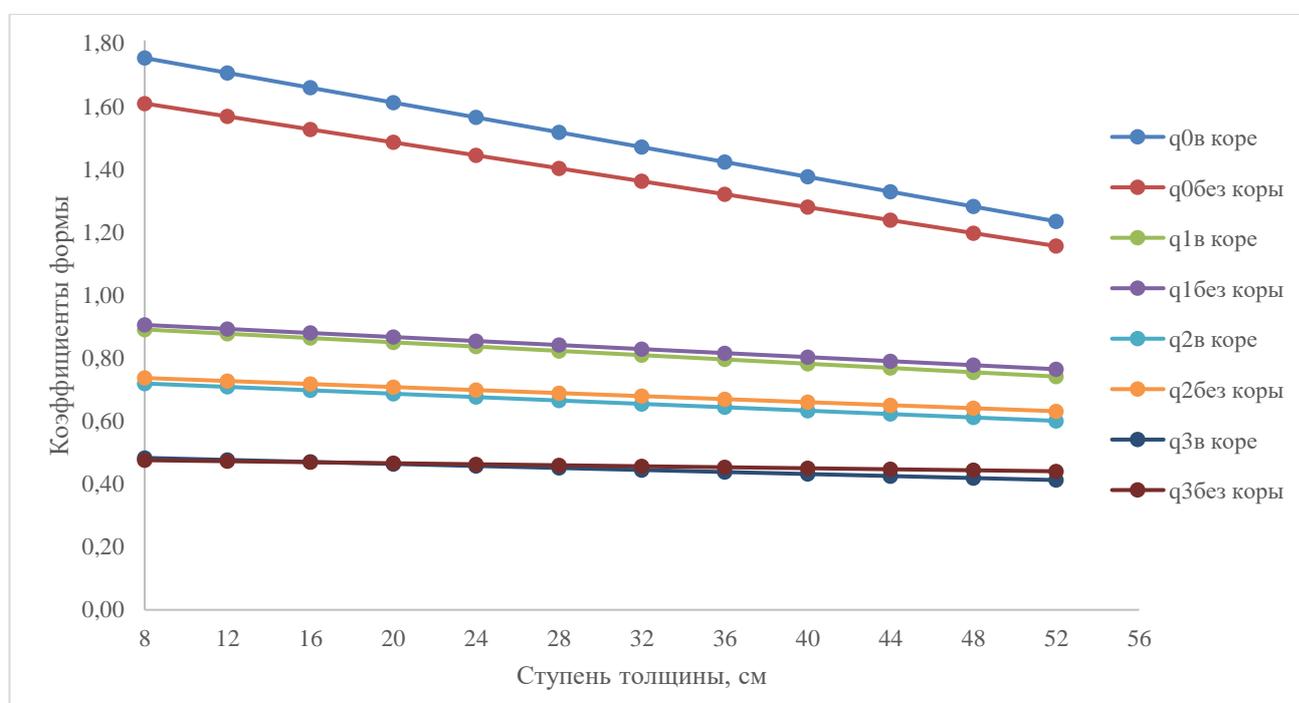


Рисунок 6.1 – Коэффициенты формы у стволов различных диаметров

Таблица 6.2 – Коэффициенты уравнения $y=ax+b$

Коэффициент формы	Значение уравнений		R^2
	a	b	
1	2	3	4
q_0 в коре	-0,0118	1,8483	0,93
q_0 без коры	-0,0103	1,6918	0,80
q_1 в коре	-0,0032	0,9312	0,88

Окончание таблицы 6.2

q ₁ без коры	-0,0034	0,9183	0,91
q ₂ в коре	-0,0027	0,741	0,91
q ₂ без коры	-0,0024	0,7561	0,84
q ₃ в коре	-0,0016	0,4957	0,56
q ₃ без коры	-0,0008	0,482	0,39

Табуляция уравнения позволила получить следующие данные (таблица 6.3).

Таблица 6.3 – Выровненные значения коэффициентов формы

Выровненные коэффициенты формы	Степень толщины, см											
	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52
q ₀ в коре	1,75	1,71	1,66	1,61	1,57	1,52	1,47	1,42	1,38	1,33	1,28	1,23
q ₀ без коры	1,61	1,57	1,53	1,49	1,44	1,40	1,36	1,32	1,28	1,24	1,20	1,16
q ₁ в коре	0,89	0,88	0,86	0,85	0,84	0,82	0,81	0,80	0,78	0,77	0,76	0,74
q ₁ без коры	0,91	0,89	0,88	0,87	0,85	0,84	0,83	0,82	0,80	0,79	0,78	0,76
q ₂ в коре	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68	0,67	0,65	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60
q ₂ без коры	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65	0,64	0,63
q ₃ в коре	0,48	0,48	0,47	0,46	0,46	0,45	0,44	0,44	0,43	0,43	0,42	0,41
q ₃ без коры	0,48	0,47	0,47	0,47	0,46	0,46	0,46	0,45	0,45	0,45	0,44	0,44

Таким образом, получены средние значения коэффициентов формы стволов лиственницы сибирской для района исследования.

6.2 Видовые числа

Полнодревесность стволов, влияющая на их объем находит отражение в величине видовых чисел, среди которых наиболее часто используемым является старое видовое число (f_c) (несмотря на известные его недостатки).

Обработка рядов старых видовых чисел дала следующие результаты (таблица 6.4).

Таблица 6.4 – Результаты статистической обработки ряда старых видовых чисел (f_c)

Статистические показатели	Таксационные показатели	
	f_c вк	f_c бк
Среднее значение	0,49	0,51
Стандартная ошибка	0,01	0,01
Медиана	0,48	0,50
Мода	0,48	0,50
Стандартное отклонение	0,081	0,098
Дисперсия выборки	0,007	0,010
Эксцесс	1,572	4,218
Асимметричность	0,542	1,035
Минимум	0,23	0,23
Максимум	0,78	0,96
W,%	16,7	19,3
P,%	0,93	1,07

Корреляционный анализ данных (Приложение Г) показал на наличие закономерных зависимостей между показателями полнодревесности и формы и таксационными характеристиками стволов лиственницы. Закономерно большинство парных коэффициентов корреляции указывает на обратные связи, за исключением связи старого видового числа и второго коэффициента формы.

В монографии, посвященной анализу взаимосвязей между показателями роста и формой древесных стволов, Г.Б. Кофман [53] дает глубокий анализ взаимосвязей между видовыми числами, коэффициентами формы и высотой стволов. Рассматривая результаты исследований классиков (Kunze [141], A. Schiffel [142,143,], М.Е. Ткаченко [111,112], Н.В. Третьякова [114,115,116]), а также более поздних, современных исследователей (И. Григолянус, А Габрипчус. [27], А.А. Строчинский, А.З. Швиденко [102] и др.[22,]) автор отметил, что существует два основных направления в изучении формы стволов – попытка создания универсальной модели, характеризующей связь между показателями формы

различных пород и разработка регрессионных уравнений, имеющих локальный (региональный) характер для деревьев отдельных пород.

Регрессионные уравнения, имеющие локальный характер, по мнению Г.Б. Кофмана [53] «...несомненно полезные и приводящие к хорошим числовым оценкам в каждом конкретном случае» не могут служить основой для получения универсальных моделей, однако весьма полезны при построении региональных таксационных нормативов».

Ниже рассмотрена локальная модель связи старого видового числа (f_c) и второго коэффициента формы (q_2).

Парная связь старого видового числа и второго коэффициента формы с достаточно высокой точностью отображаются линейным уравнением вида и на рисунке 6.2:

$$f_c = 0,0072 + 0,716 * q_2 \quad (6.1)$$

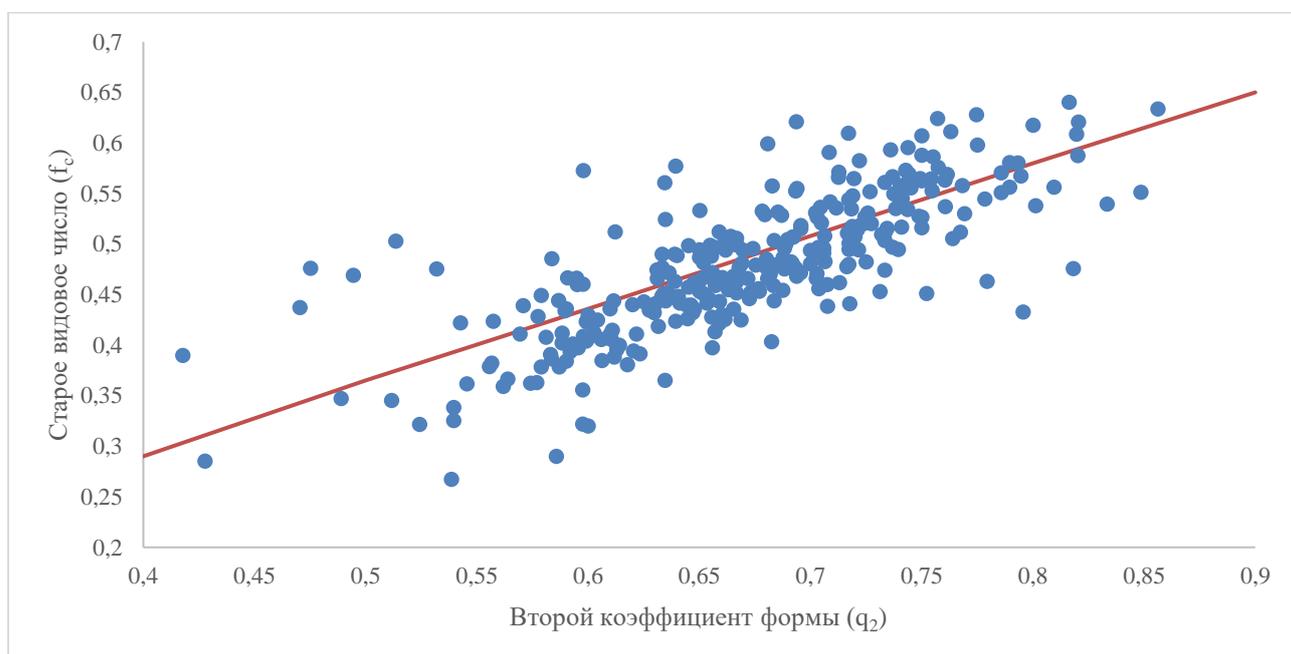


Рисунок 6.2 – Связь старого видового числа и второго коэффициента формы

Адекватность уравнения характеризуется коэффициентом детерминации (R^2) равным 0,68 и стандартной ошибкой уравнения (S) равной 0,063.

Выводы по разделу:

-на основе результатов обработки рядов коэффициентов формы и старых видовых чисел установлена их изменчивость и средние значения;

-аппроксимированы моделями линейного вида связи между диаметрами стволов на высоте 1,3 м и коэффициентами формы (q_0, q_1, q_2, q_3), получена вспомогательная таблица для установления средних величин коэффициентов формы стволов лиственницы различного диаметра;

-построено уравнение связи между старым видовым числом и вторым коэффициентом формы.

6.3 Влияние коры на форму и полндревесность стволов лиственницы

6.3.1 Объемы коры лиственницы

Являясь наружной частью ствола, сучьев и корней дерева кора состоит из двух частей – наружного мертвого слоя – «корки» и внутреннего – «луба». Луб является живой частью коры, обеспечивающей передвижение по стволу органических питательных веществ.

Однако, не менее важную функцию выполняет и мертвая часть коры, она является «панцирем», защищающим живые ткани от неблагоприятных, а иногда и от губительных для дерева воздействий внешней среды.

Кора, как и древесина, ежегодно прирастает в толщину, однако в гораздо меньших размерах. У основания стволов формируется наиболее толстая кора, постоянно уменьшаясь по продвижению от комля к вершине.

Доля коры в объеме древесного ствола, прежде всего зависит от биологических особенностей древесной породы.

Лиственница обладает наибольшим объемом коры среди хвойных лесообразующих пород России. Это свойство, обеспечивающее ей значительную устойчивость от воздействия низовых лесных пожаров, является важным фактором в конкурентной борьбе за жизненное пространство с другими древесными породами.

Кроме того, кора лиственницы обладает свойствами, обеспечивающими её использование для получения ряда ценных компонентов, в числе которых прежде всего таниды, а также воск, антиоксидантный комплекс, пектиновые вещества, сорбент, фенольные соединения и т.п. [57, 67,82].

Детально химический состав коры лиственницы исследовался в работах достаточно широкого ряда исследователей (Т.Н. Миронова и др. [75]; К.И. Анисимова [5]; В.А. Соколов[98]; Л.П. Ажар, Э.Д. Левин, Н.А.Чупрова , А.А. Ринкьявичус [4] , Б.Н. Тихомиров [108]; Л.Г. Каргер и др. [47]; И.С. Гелес, Т.В. Филатова[21]; Н.А. Ярцева[138]; В.И. Кузьмин, Э.М. Гонтарь[57]; С.М. Репях, Рязанова [94]; В.А. Бабкин и др. [10]; и др.)

Отмечается, что особое влияние на содержание танидов оказывает возраст деревьев – наибольшее содержание танидов в коре у молодых, наименьшее у старых [21].

В среднем содержание танидов в коре лиственницы составляет 9%, что сопоставимо с содержанием танидов в коре дуба и ивы (9%) и превышает этот показатель для ели (8%).

Если химический состав коры лиственницы уже достаточно полно изучен, то методы учета, закономерности формирования коры еще требуют более детального рассмотрения.

Хотя нельзя не отметить, что история вопроса методов оценки коры древесных стволов, как фактора, влияющего на их форму, а во многих случаях являющейся самостоятельным продуктом леса, достаточно продолжительна и начинается еще с работ А.А. Крюденера [56].

М.М. Орлов [85] в своей работе отмечал, что «...степень участия коры в общей массе дерева различна, смотря по древесной породе, возрасту дерева и условиям местопроизрастания, при которых дерево выросло, в общем она может быть характеризована предельными цифрами от 6 до 20 %». Хотя сразу после этого утверждения, он пишет о том, что максимальный предел может быть превышен. Так, по данным Kunze [141] доля коры у лиственницы составляет 27-31%, а по данным А. Schiffel [142] в среднем равна 22%.

В «Справочнике таксатора» [70] содержатся обширные сведения об объемах коры древесных пород.

Сведения о линейных размерах, объеме коры лиственницы и методах их определения присутствуют в работах М.С. Богдашина [], Б.Н. Тихомирова, З.В. Медведевой [108], В.И. Калинина [45], В.И. Дитриха [32], В.В. Голикова [25], С.Л. Шевелева, А.Н. Кучеренко [133], И.А. Нахабцева [78], С.Л. Шевелева, В.Н. Евстафьева [135], С.Л. Шевелева [132].

Используя данные сортиментных таблиц, можно получить информацию об объемах коры, где «отходы» соответствуют объему коры деловой части ствола и коры «технологических дров». Однако, кора части ствола, относящейся к отопительным дровам, в состав «отходов» не входит, а, следовательно, данные по относительному объему коры, полученные таким способом несколько искажены, но их можно использовать для сопоставления.

При построении таксационных таблиц очень важен аспект, отражающий влияние коры на форму древесного ствола и на установление характера динамики прироста (И.И. Гусев [28]; П.В. Воропанов [18]; В.В. Гончарук [26] и др.).

Если при сопоставлении текущего прироста, определенного различными способами, не учитывать фактор коры, то это приведет к грубым методическим ошибкам [38,53].

Кора всех видов лиственницы отличается большим количеством трещин и при определении диаметра ствола с помощью мерной вилки устанавливается максимальная величина показателя, так как ножки мерной вилки опираются на бугры коры. При таких измерениях оценивается объем вместе с пустотами, а не плотный объем. Результаты таких измерений искажают не только величину площадей поперечных сечений деревьев, но и влияют на стандарты полноты лиственничников, что диктует необходимость учета фактора коры.

Особенности формирования коры на различных частях древесных стволов влияют на точность определения объемов деловых сортиментов по таблицам объема бревен, когда объем сортимента устанавливается только по диаметру его верхнего отруба без коры и длине бревна.

На рисунке 6.3 показан объем коры лиственницы, в процентах к объему стволов в коре, по данным различных авторов.

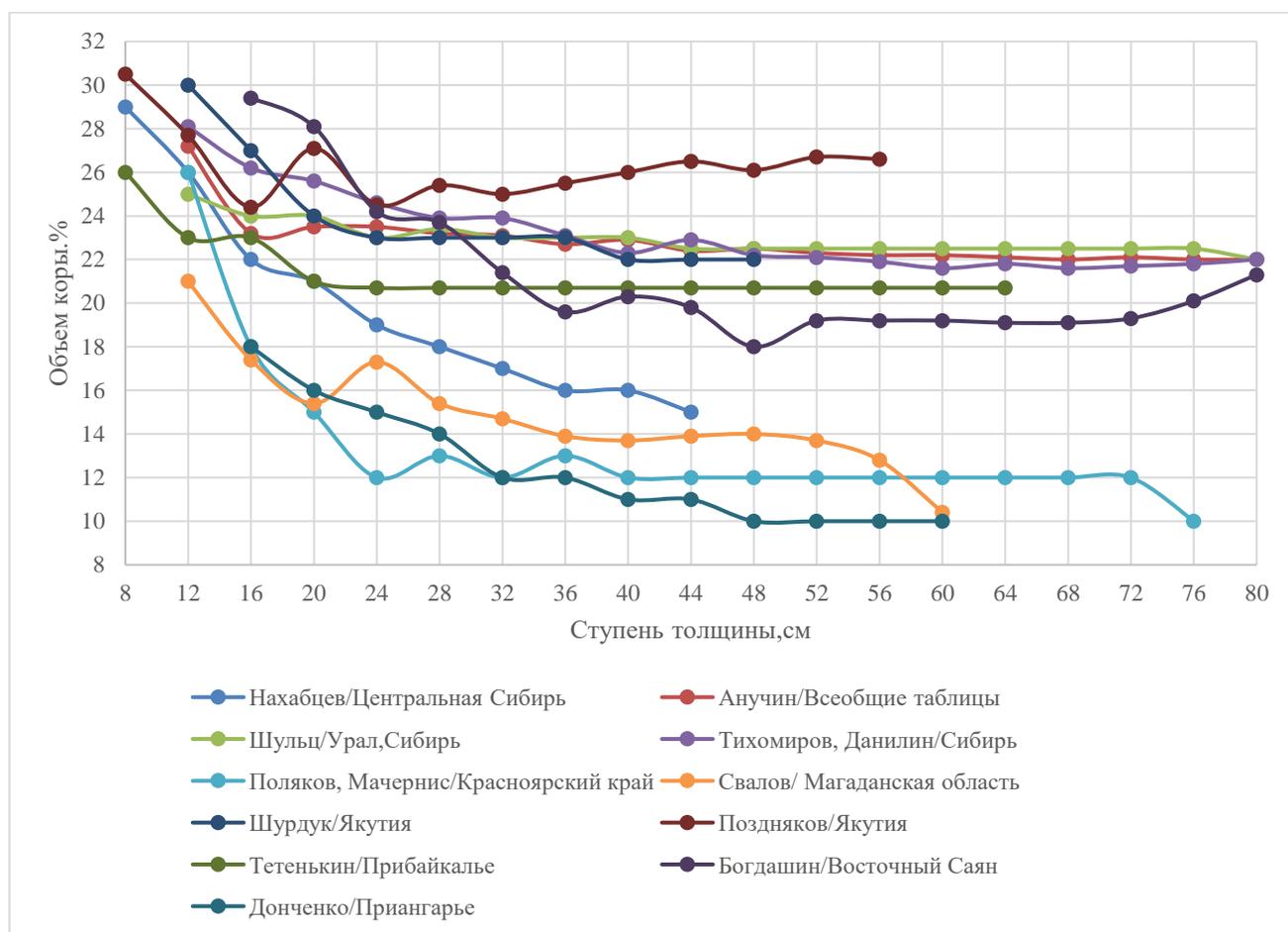


Рисунок 6.3 – Относительные объемы коры лиственницы

Из графика следует, что данные имеют значительные различия. Отмечая этот факт, С.Л. Шевелев [135] писал, что разница в характеристиках объема коры обусловлена не только различиями в природных особенностях регионов, но и применяемыми методиками сбора данных, а именно способом обмера коры (одни брали максимальную толщину коры, другие усредняли её с учетом пустот между пластинами). На рисунке 6.3 видно, что данные поделились на две совокупности, формирование которых обусловлено методами обмера коры лиственницы.

Интересны данные, приводимые И.А. Нахабцевым [78], которым была сделана попытка разработки районирования территории СССР по величине доли коры в объемах стволов. За районообразующий критерий принята разница $\pm 2\%$ по

содержанию коры в древостоях. В результате анализа сортиментной структуры древостоев различных пород в различных регионах он пришел к выводу: «...какой-либо определенной закономерности увеличения или уменьшения процента коры рассматриваемых пород на территории лесного фонда СССР с севера на юг или с запада на восток не обнаружено, то есть, географической изменчивости процентного содержания коры в древостоях не наблюдается. Выявленное различие в процентах коры по породам и лесотаксационным районам объясняется характеристикой самих древостоев – их возрастом, полнотой и классом бонитета» [Нахабцев, 1990, стр 16].

В.И. Дитрих в своей работе, посвященной линейным и объемным показателям коры стволов лиственницы сибирской в Иркутской области на основе материалов 120 пробных площадей с рубкой 3235 учетных деревьев указывает на несущественное влияние условий местопроизрастания на процент коры в объеме стволов [32,33].

Опираясь на эти заключения, в настоящей работе обработка данных велась в целом для всей совокупности, без деления их по бонитетам и типам леса.

6.3.2 Формирование коры у стволов лиственницы на высоте 1,3 м.

При использовании перечисленных способов таксации неизбежными являются измерения диаметров стволов на высоте 1,3 м. Поэтому практический интерес представляют размеры коры на этой высоте и их связь с диаметром ствола.

Подобные связи вызывали интерес у многих исследователей. А.В. Тюрин [117] пришел к выводу, что связь толщины коры на высоте груди с диаметром ствола с достаточной степенью точности можно отобразить уравнением линейного вида.

Уравнения данного вида весьма удобны для практического применения, так как при определенном округлении коэффициентов легко решаемы (даже без применения калькулятора). Характерным примером может служить уравнение, предложенное А.В. Тюриным, и отражающее связь двойной толщины коры с диаметром ствола в коре на высоте 1,3 м у стволов березы:

$$2T_{1,3}=0,1D_{1,3}-0,1 \quad (6.2)$$

где $2T_{1,3}$ – двойная толщина коры на 1,3 м;

$D_{1,3}$ – диаметр на высоте 1,3 м.

Для лиственницы подобные уравнения приводятся в работах В.И. Калинина [45]; В.И. Дитриха [32]; С.Л. Шевелева [133].

Уравнение, предлагаемое В.И. Калининым, характеризует упомянутую выше зависимость для деревьев лиственницы Сукачева, произрастающей на Европейском севере (Архангельская область). В основу расчетов положены данные 265 стволов, срубленных на 3 пробных площадях.

В основу уравнения, рассчитанного В.И. Дитрихом [32], использованы данные 3235 учетных деревьев, срубленных на 120 пробных площадях в древостоях лиственницы сибирской в Иркутской области.

Уравнения, приводимые С.Л. Шевелевым [133], построены на основании данных 10 пробных площадей, заложенных в зеленомошных древостоях лиственницы сибирской в Среднесибирском подтаежно-лесостепном и Приангарском лесорастительных районах, с рубкой 703 учетных деревьев.

Уравнения имеют вид:

1 По Калинину В.И.: $2T_{1,3}=0,148D_{1,3}-0,61$

2 По Дитриху В.И.: $2T_{1,3}=0,142D_{1,3}-0,101$

3 По Шевелеву С.Л.: $2T_{1,3}=0,0985D_{1,3}+0,6862$

На основе имеющихся материалов построено уравнение, имеющее вид:

$$2T_{1,3}=0,0944*D_{1,3}+0,6041 \quad (6.3)$$

На рисунке 6.4 приведен график, иллюстрирующий упомянутые выше уравнения.

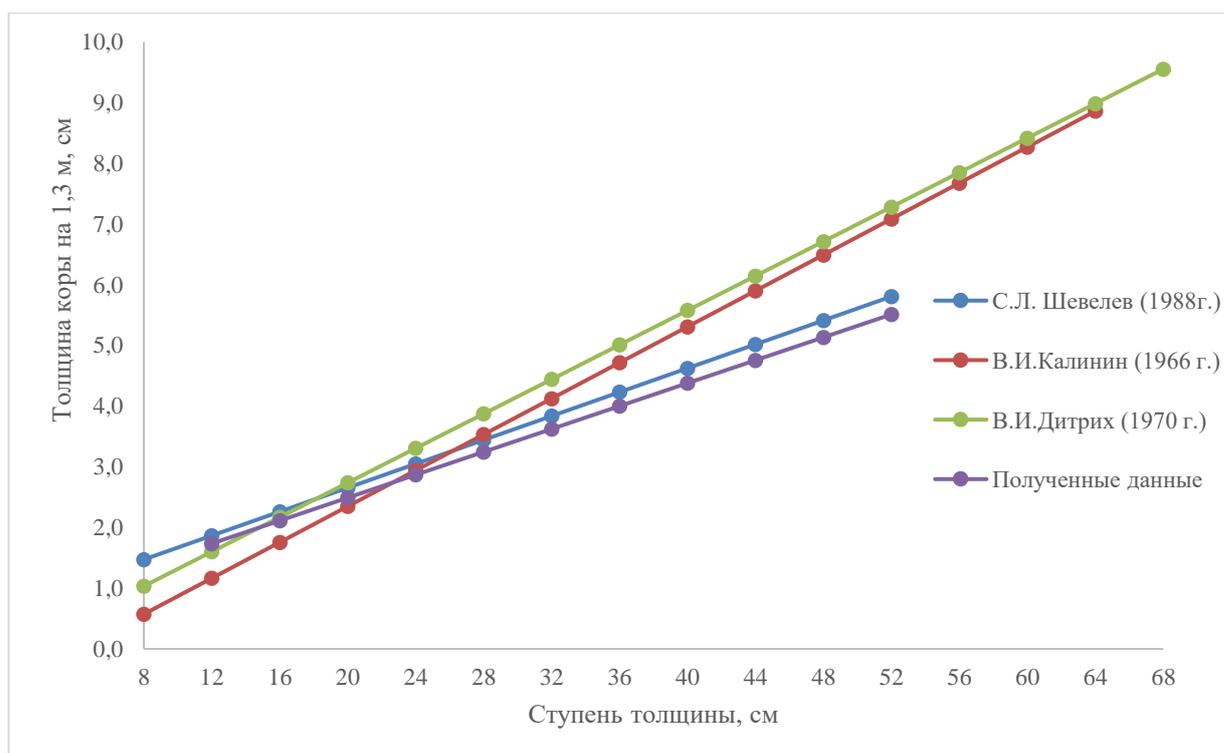


Рисунок 6.4 – Изменение коры на высоте 1,3 м в различных регионах

На основе графика можно сделать следующее заключение:

Формирование коры на высоте 1,3 м у деревьев лиственницы имеет общие закономерности. Наблюдаются некоторые различия в линейных размерах коры у крупномерных стволов.

6.3.3 Размеры коры на различных участках стволов.

Далее были рассчитаны величины толщины коры на различных участках древесных стволов. Было проанализировано изменение коры на 0; 0,1; 0,25; 0,5; 0,75 их высоты.

Зависимость между величиной двойной толщины коры и таксационными показателями ствола в коре характеризуется следующими коэффициентами корреляции: с диаметром ствола на высоте 1,3 м коэффициент корреляции (r) равен 0,71, с высотой ствола $r=0,48$, с объемом ствола 0,65. С возрастом деревьев значимая зависимость отсутствует.

Для практического использования в процессе разработки таксационных нормативов широко используются математические выражения связи двойной толщины коры с диаметром ствола на высоте 1,3 м.

На основе полевых данных построены линейные уравнения вида $y=ax+b$, коэффициенты уравнений которых приведены в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Коэффициенты уравнения связи и показатели адекватности

Коэффициенты уравнений	Относительные высоты				
	0	0,1	0,25	0,5	0,75
a	0,0758	0,0436	0,0233	0,0054	0,1108
b	0,7685	0,9443	0,8717	0,9324	2,1896

Адекватность уравнений соответствует коэффициентам детерминации (R^2) 0,38-0,45.

Изменения двойной толщины коры на различных относительных высотах стволов показаны на рисунке 6.5.

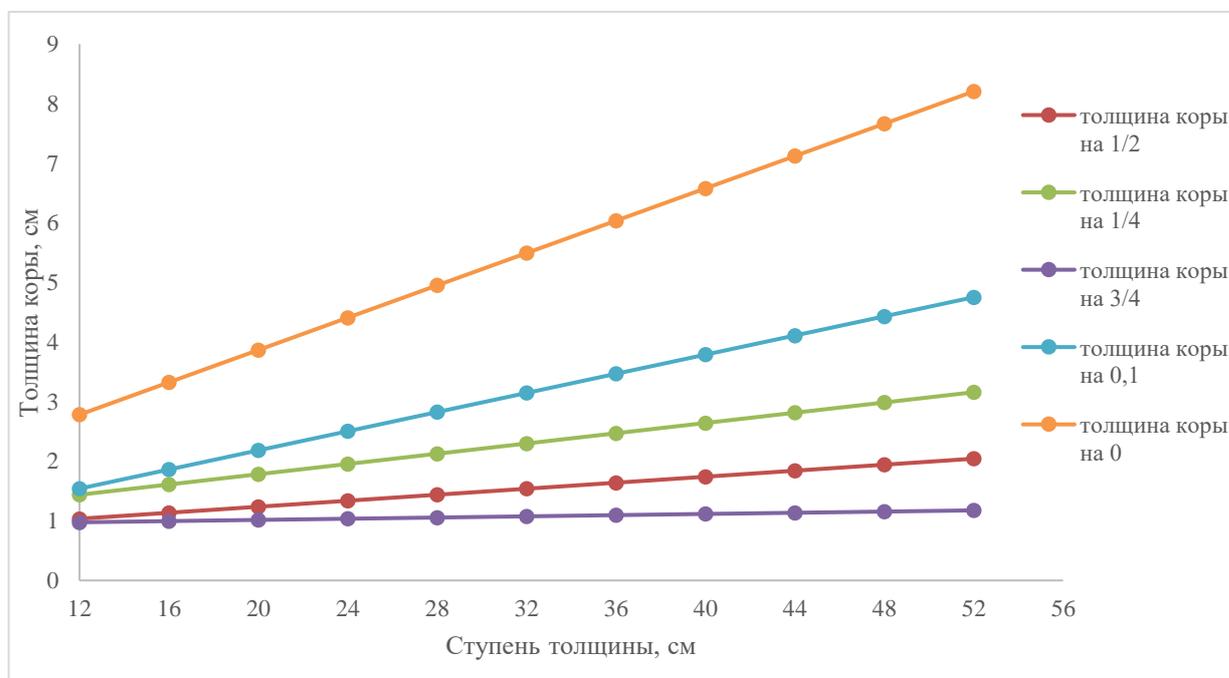


Рисунок 6.5 – Двойная толщина коры на различных участках стволов лиственницы

На основе полученных уравнений построена вспомогательная таблица 6.6 для установления размеров коры у деревьев лиственницы на различной высоте.

Таблица 6.6 – Двойная толщина коры на различных высотах

Относительные высоты, м	Степень толщины, см											
	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52
0	3,08	3,52	3,96	4,41	4,85	5,29	5,74	6,18	6,62	7,06	7,51	7,95
0,1	1,37	1,68	1,98	2,28	2,59	2,89	3,19	3,50	3,80	4,10	4,41	4,71
0,25	1,29	1,47	1,64	1,82	1,99	2,17	2,34	2,51	2,69	2,86	3,04	3,21
0,5	1,06	1,15	1,24	1,34	1,43	1,52	1,62	1,71	1,80	1,90	1,99	2,08
0,75	0,98	1,00	1,02	1,04	1,06	1,08	1,11	1,13	1,15	1,17	1,19	1,21
1,3 м	1,41	1,79	2,16	2,53	2,91	3,28	3,66	4,03	4,40	4,78	5,15	5,53

Средние размеры коры и их изменчивость приведены в таблице 6.7.

Далее был проведен анализ изменения относительных размеров коры.

Для этой цели за базовый размер коры принималась ее двойная толщина на 0,1 длине – она соответствовала 100%. В процессе совокупной обработки данных получены результаты, приведенные в таблице 6.8 и на рисунке 6.6 в сопоставлении с данными В.Н. Евстафьева [38] для Иркутского Приангарья.

Таблица 6.7 – Средние размеры двойной толщины коры по относительным высотам стволов

Показатели	Относительная высота				
	0	0,1	0,25	0,5	0,75
Среднее значение	5,49	3,05	2,23	1,47	1,07
Стандартная ошибка	0,18	0,09	0,06	0,04	0,03
Медиана	6	3	2	1,5	1
Мода	6	2	2	1	1
Стандартное отклонение	2,20	1,30	0,79	0,55	0,47
Дисперсия выборки	4,85	1,70	0,62	0,30	0,22
Экссесс	-0,67	0,10	0,23	-1,17	-0,33
Асимметричность	-0,03	0,60	0,47	-0,06	0,59
Интервал	9,6	6,94	3,85	2,1	2
Минимум	0,4	0,3	0,65	0,5	0,3
Максимум	10	7,24	4,5	2,6	2,3
W, %	40,1	42,8	35,2	37,5	43,5
P, %	3,3	3,0	2,6	2,9	3,2

Таблица 6.8 – Относительные размеры коры

Относительная высота	0	0,1	0,25	0,5	0,75
Полученные данные, %	200,8	100,0	80,2	62,7	44,0
По В.Н. Евстафьеву (2007), %	179,95	100,0	72,8	56,2	33,0

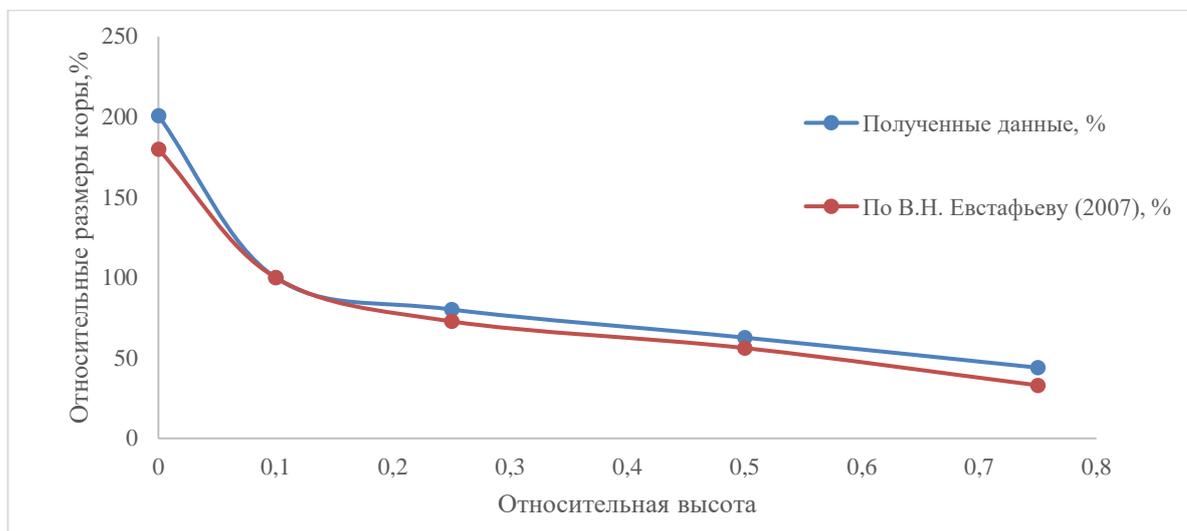


Рисунок 6.6 – Относительные размеры коры по данным разных авторов

Оказалось, что относительные размеры коры для деревьев двух регионов практически идентичны, различия несущественны.

Для детализации формирования коры совокупность модельных деревьев была поделена на три разряда, в зависимости от толщины коры (таблица 6.9).

Таблица 6.9 – Предельные значения изменения толщины коры (см) по разрядам

Разряд	Степень толщины											
	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52
I толстокорые	1,69-2,24	2,40-3,17	3,03-3,99	3,61-4,72	4,14-5,36	4,60-5,93	5,03-6,43	5,41-6,87	5,76-7,26	6,08-7,6	6,38-7,9	6,65-8,18
II среднекорые	1,12-1,68	1,62-2,39	2,08-3,02	2,51-3,60	2,91-4,13	4,59-3,28	3,63-5,02	3,96-5,40	4,27-5,75	4,56-6,07	4,85-6,37	5,12-6,64
III тонкокорые	0,56-1,11	0,84-1,61	1,13-2,07	2,50-1,41	1,68-2,90	1,96-3,27	2,23-3,62	2,51-3,95	2,78-4,26	3,04-4,55	3,32-4,84	3,59-5,11

К I разряду отнесены толстокорые деревья, соответственно ко II среднекорые и к III разряду тонкокорые (рисунок 6.7).

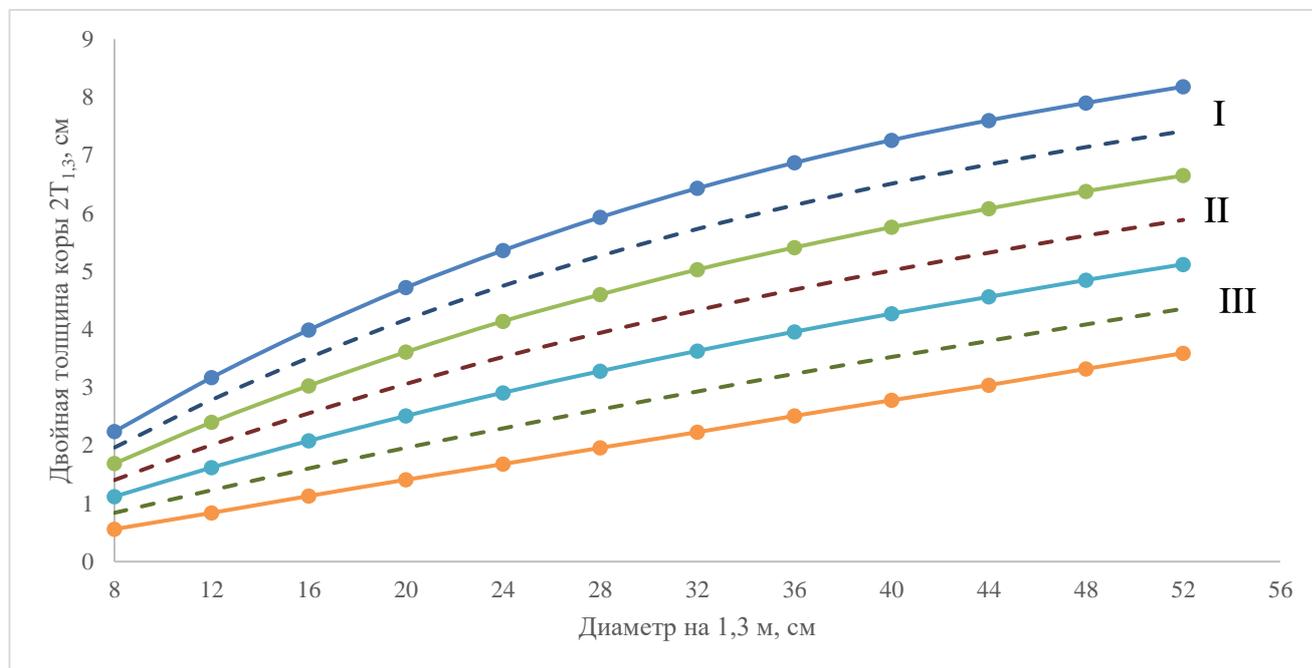


Рисунок 6.7 – Распределение двойной толщины коры по ступеням толщины

Оказалось, что основная масса стволов – 44,0 % это деревья со средней толщиной коры, на долю толстокорых приходится 12,7 % стволов и соответственно тонкокорых 43,3 %.

Анализ толщины коры показал, что её средняя величина на высоте 1,3 м составила для деревьев, соответствующих первому разряду по толщине коры 5,16 см, второму разряду 3,29 см и третьему разряду 2,34 см.

Таким образом, среднее значение толщины коры для стволов I разряда отклоняется и превышает от среднего всей совокупности на 69,6 %, при этом среднее для III разряда меньше среднего всей совокупности на 23,1 %.

6.3.4 Динамика прироста коры

В процессе роста деревьев происходит не только увеличение древесины, но прирастает и кора. Для характеристики динамики запаса древостоев и изменения

объема отдельных деревьев определенный интерес представляет установление доли прироста, приходящегося на кору. Особую значимость этот вопрос приобретает при таксации крупных лесных массивов, когда прирост определяется значительными объемами и существует необходимость вычлнить прирост собственно древесины из общего прироста запаса.

Динамика прироста коры лиственницы исследовалась В.Н. Евстафьевым [37]. Им был предложен показатель, названный «относительный средний прирост коры».

Этот показатель рассчитывался автором как доля коры диаметра ствола дерева на высоте 1,3 м в диаметре ствола в коре, выраженная в процентах и отнесенная к возрасту дерева:

$$\Delta 2T_{1,3от} = \frac{\left(\frac{2T_{1,3}}{2D_{1,3}} * 100\right)}{A} \quad (6.4)$$

Установлено, что с возрастом, этот показатель для лиственницы сибирской снижается и его динамику можно отобразить уравнением вида:

$$y = -1/a + bx^x \quad (6.5)$$

По полученным данным, для анализа влияния коры на величину среднего прироста стволов лиственницы сибирской по диаметру на высоте 1,3 м относительный средний прирост коры был вычислен не как доля от диаметра ствола, а как доля от среднего прироста ствола в коре, что, по нашему мнению, более объективно отразит влияние коры на оценку реальной динамики деревьев лиственницы и древостоев в целом.

В таблице 6.10 показана динамика среднего прироста стволов по диаметру на 1,3 м, а также среднего абсолютного прироста коры и относительного среднего прироста коры.

Средний прирост ствола в коре на высоте 1,3м устанавливался как:

$$\Delta D_{1,3в.к.} = \frac{D_{1,3в.к.}}{A} \quad (6.6)$$

Средний абсолютный прирост коры вычислялся как:

$$\Delta 2T_{1,3} = \frac{2T_{1,3}}{A} \quad (6.7)$$

Относительный средний прирост коры находился по формуле:

$$\Delta 2T_{1,3\text{от}} = \frac{\Delta 2T_{1,3}}{\Delta D_{1,3}} * 100\% \quad (6.8)$$

Динамика абсолютного прироста коры отображается уравнением:

$$\Delta 2T_{1,3} = 0,0308 - 0,00062 * A \quad (6.9)$$

$$R^2 = 0,99$$

Динамика относительного среднего прироста коры отображается уравнением:

$$\Delta 2T_{1,3\text{от}} = 13,36 - 0,031 * A \quad (6.10)$$

$$R^2 = 0,98$$

Таблица 6.10 – Величины приростов коры и диаметра ствола на высоте 1,3 м.

Показатель	Возраст, лет														
	50	70	90	110	130	150	170	190	210	230	250	270	290	310	330
Средний прирост диаметра ствола на высоте 1,3 м ($\Delta 2D_{1,3}$) в коре, см	0,197	0,192	0,186	0,181	0,175	0,170	0,164	0,159	0,153	0,148	0,142	0,136	0,131	0,125	0,120
Средний прирост коры на высоте 1,3 м ($\Delta 2T_{1,3}$), см	0,0306	0,0305	0,0304	0,0303	0,0302	0,0301	0,0300	0,0299	0,0298	0,0297	0,0296	0,0295	0,0294	0,02925	0,0292
Относительный прирост коры, ($\Delta 2T_{1,3\text{от}} = \frac{\Delta 2T_{1,3}}{\Delta D_{1,3}} * 100$), %	15,5	15,9	16,3	16,7	17,2	17,8	18,3	18,8	19,4	20,0	20,8	21,7	22,4	23,4	24,3

Рисунок 6.8 иллюстрирует динамику приростов коры. Оказалось, что величина абсолютного среднего прироста коры с возрастом закономерно снижается (как и доля коры в объеме ствола), в это же время процент относительного среднего прироста коры в среднем приросте ствола наоборот становится больше. Однако темпы изменения этих показателей различны.

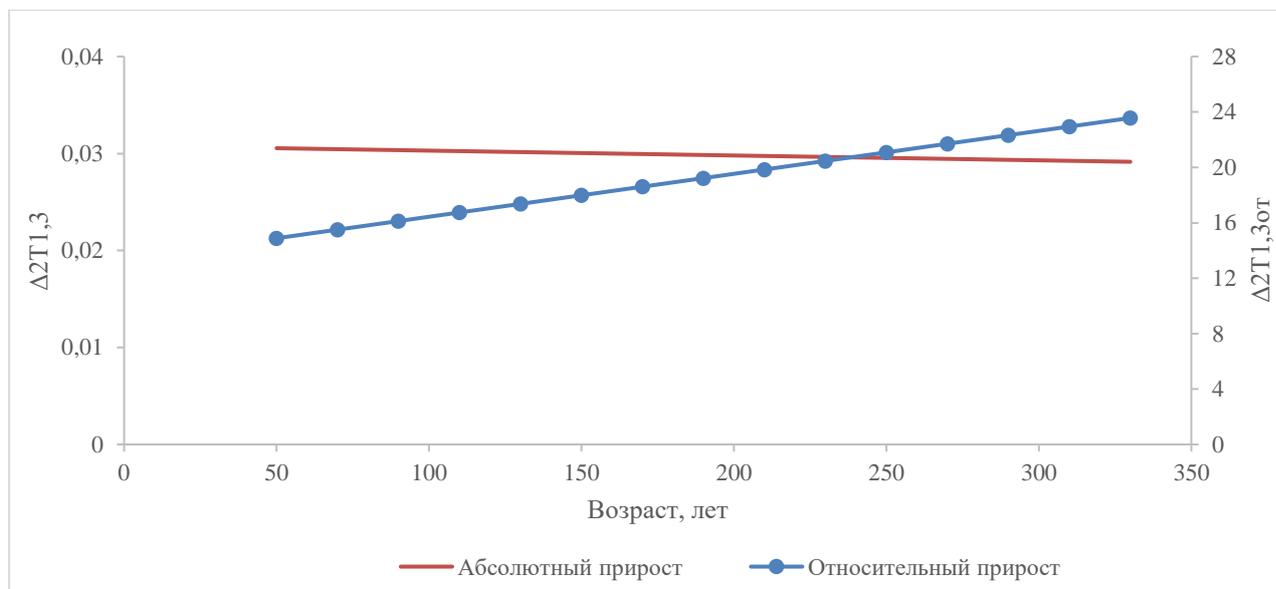


Рисунок 6.8 –Динамика абсолютного и относительного прироста коры

Установлено, что доля прироста коры в приросте стволов лиственницы по диаметру довольно значительно от 15,5 до 24,3 %.

Таким образом фактор коры оказывает существенное влияние на величину и структуру прироста запасов древостоев, чего нельзя не учитывать при анализе их динамики. Особенно важен этот аспект при экономическом планировании, когда речь идет о динамике больших лесных массивов, с запасами древесины в сотни тысяч кубометров. И для оценки реальной ситуации необходимо разделить запас на деловую древесину (которая учитывается без коры) и остальные менее ценные категории.

6.3.5 Влияние коры на полндревесность стволов лиственницы

Кора влияет на форму древесного ствола. В большей степени это утверждение касается толстокорых пород. У тонкокорых пород, к которым может быть отнесена береза, это влияние не существенно [117].

В работе В.Ф. Лебкова, Н.Ф. Каплиной [65] рассмотрены особенности изменения коэффициентов формы у стволов сосны в коре и без коры. В работе показано увеличение полндревесности стволов сосны без коры по сравнению со

стволами в коре, отмечено перераспределение доли общего объема между различными частями стволов.

Расчет коэффициентов формы (q_2) и видовых чисел (f_c) для модельных деревьев в коре и без коры показал на увеличение полндревесности стволов лиственницы без коры.

Для характеристики изменения формы стволов для каждого модельного дерева был рассчитан коэффициент, показывающий процент изменения коэффициента формы:

$$Q = \left(\frac{q_{2б.к.}}{q_{2в.к.}} * 100 \right) - 100 \quad (6.11)$$

Статистическая обработка ряда коэффициента Q приведена в Таблице 6.11.

Таблица 6.11 – Результаты статистической обработки рядов Q

Статистические показатели	Q
Среднее	5,7
Стандартная ошибка	0,28
Медиана	5,02
Мода	6,8
Стандартное отклонение	4,4
Дисперсия выборки	19,13
Эксцесс	1,61
Асимметричность	1,13
Минимум	0,3
Максимум	24,8
W,%	76,2
P,%	4,9

Таким образом оказалось, что в среднем стволы лиственницы сибирской без коры на 5,7 % полндревеснее стволов в коре. То есть, кора увеличивает сбежистость стволов за счет неравномерного формирования ее по протяженности ствола – в нижней части кора более толстая, в верхней более тонкая.

Далее была сделана попытка установить факторы, оказывающие наибольшее влияние на изменения полндревесности стволов. В таблице 6.12 приведена корреляционная матрица, содержание которой говорит о том, что значимое влияние на величину коэффициента Q оказывает только толщина коры ($r=0,43$).

Таблица 6.12 – Корреляционная матрица

	$Q, \%$	$2T_{1,3}, \text{см}$	$H, \text{м}$	$A, \text{лет}$	$D_{1,3} \text{ в коре, см}$	$V_{\text{ст в коре, м}^3}$
$Q, \%$	1					
$2T_{1,3}, \text{см}$	0,43	1				
$H, \text{м}$	0,06	0,49	1			
$A, \text{лет}$	-0,18	0,09	-0,06	1		
$D_{1,3} \text{ в коре, см}$	0,07	0,71	0,70	0,06	1	
$V_{\text{ст в коре, м}^3}$	0,08	0,65	0,72	0,10	0,94	1

К подобным же заключениям пришли В.Ф. Лебков, Н.Ф. Каплина [] при анализе изменения полндревесности стволов сосны.

Связь между двойной толщиной коры ($2T_{1,3}$) и Q представлен на рисунке 6.9 и уравнением вида:

$$Q = 9,667(1 - \exp(-0,229 * 2T_{1,3})) \quad (6.12)$$

$$R^2 = 0,44$$

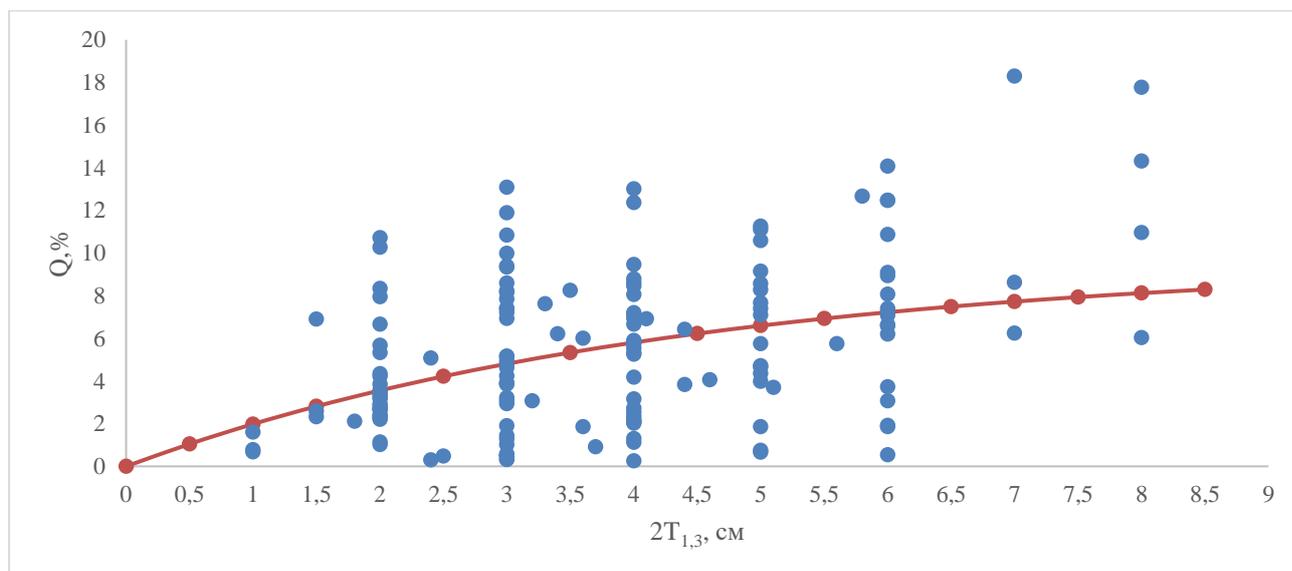


Рисунок 6.9 – Связь коэффициента Q с двойной толщиной коры лиственницы на высоте 1,3 м ($2T_{1,3}$)

Однако, высокая изменчивость величины Q у деревьев с одинаковой толщиной коры делает эту зависимость достаточно условной.

В.Ф. Лебков, Н.Ф. Каплина [65] отмечают, что так как оценка деловой древесины ведется без коры, а перечислительная таксация осуществляется путем

замера стволов в коре. Фактически у стволов без коры происходит перераспределение долей объемов отдельных сортиментов.

Для детализации влияния толщины коры на форму древесных стволов был применен принцип разрядности.

Совокупность модельных деревьев была поделена на три разряда, в зависимости от степени влияния коры на форму ствола (таблица 6.13).

Таблица 6.13 – Предельные значения изменения Q по разрядам

Разряд	Двойная толщина коры на 1,3 м, см																
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5
I	1,56-2,91	2,95-5,37	4,20-7,43	5,31-9,16	6,31-10,62	7,21-11,85	8,13-8,80	8,72-13,75	9,37-14,48	9,95-15,1	10,46-15,62	10,92-16,05	11,34-16,42	11,68-16,72	12,04-16,98	12,34-17,2	12,60-17,38
II	0,55-1,55	1,08-2,94	1,59-4,19	2,08-5,30	2,56-6,30	3,03-7,2	3,48-8,12	3,92-8,71	4,34-9,36	4,75-9,94	5,15-10,45	5,54-10,91	5,92-11,33	6,28-11,67	6,64-12,03	6,98-12,33	7,31-12,59
III	0,15-0,54	0,30-1,07	0,45-1,58	0,60-2,07	0,74-2,55	0,88-3,02	1,02-3,47	1,16-3,91	1,30-4,33	1,43-4,74	1,56-5,14	1,69-5,53	1,82-5,91	1,94-6,27	2,07-6,63	2,19-6,97	2,31-7,3

К I разряду отнесены стволы, у которых наблюдается наибольшее влияние коры на величину второго коэффициента формы (в среднем от 1,5 до 17,4%). Стволы деревьев второго разряда, в коре, в среднем имеют меньший q_2 по сравнению со стволами без коры 0,5-12,6% и вошедшие в III разряд от 0,2 до 1,3% (рисунок 6.10).

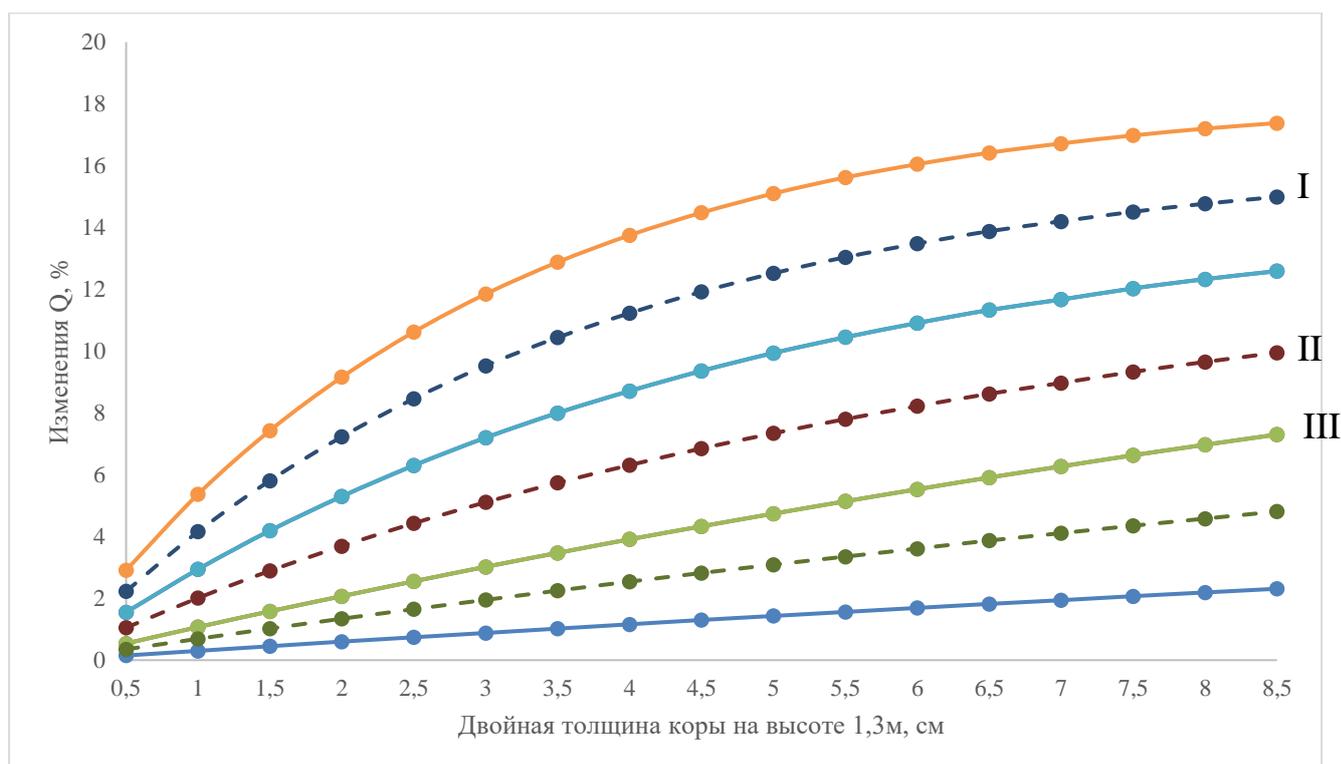


Рисунок 6.10 – Распределение изменения Q по разрядам двойной толщины коры на высоте 1,3 м

Оказалось, что основная масса стволов - 53,7% это деревья со средним изменением формы коры ствола, то есть относящиеся ко II разряду, на долю стволов I разряда приходится 21,1% и соответственно стволов III разряда 25,2%.

Анализ величин коэффициента Q показал, что его средняя величина составила для деревьев, соответствующих первому разряду по величине изменения формы 10,2%; второму разряду 5,4% и третьему разряду 2,6%.

Таким образом, среднее значение Q для стволов I разряда отклоняется и превышает среднее всей совокупности на 85,0%, при этом среднее для III разряда меньше среднего всей совокупности на 53,5%.

Такое значительное изменение полндревесности стволов влечет за собой перераспределение относительных объемов отдельных сортиментов, выпиленных из отдельных частей стволов.

Выводы по разделу.

В результате проведенных расчетов:

-установлены особенности формирования коры у стволов лиственницы на высоте 1,3 м; найдено уравнение связи между диаметром ствола в коре и толщиной коры на высоте 1,3 м;

-рассчитана математическая модель, отражающая размеры двойной толщины коры на относительных высотах стволов;

-выявлены особенности динамики среднего прироста коры лиственницы на высоте 1,3 м;

-определена степень влияния коры на полндревесность стволов лиственницы сибирской – оказалось, что основная масса стволов 53,7% относятся к категории со средней степенью изменения формы, на долю интенсивно изменяющих форму и мало изменяющих форму стволов приходится соответственно 21,1% и 25,2%;

-основная масса стволов 44,0% относятся к категории «среднекорые», на долю толстокорых и тонкокорых приходится соответственно 12,7% и 43,3%.

6.4 Особенности изменения видовых высот, видовых диаметров, видовых площадей сечения

Видовая высота (H_f) один из важных таксационных характеристик широко используемых при определении объемов стволов и запасов древостоев. На целесообразность её использования указывал еще М.М. Орлов [85].

Анализируя зависимость видовой высоты сосновых древостоев Красноярского Приангарья от различных факторов В.В. Гончарук [26] отмечал, что видовые высоты рекомендуется использовать при:

-расчете запаса при составлении таблиц хода роста и таблиц сумм площадей поперечного сечения и запасов нормальных и модальных древостоев;

-натурной таксации запаса отдельных древостоев;

-подборе гомогенного естественного ряда древостоев, как один из показателей при системном подходе;

-определении величины текущего прироста по запасу древостоя.

Все это делает изучение изменения видовых высот весьма важным аспектом лесной таксации.

Следует отметить, что если закономерности в изменении видовых высот сосны Нижнего Приангарья достаточно подробно рассмотрены в работах Н.Е. Суприяновича [103], В.В. Гончарука [26], В.Н. Немича [79], и др., то аналогичному вопросу для лиственных древостоев не было уделено достаточного внимания.

Некоторые, фрагментарные, сведения в этой области можно получить из работ [23,33,55,], а также путем анализа таксационных нормативов – объемных и сортиментных таблиц [35, 90,91,105,110,125] построенных для этого региона.

6.4.1 Связь видовой высоты с высотой дерева

Часть исследователей считает, что связь видовой высоты (H_f) и высоты (дерева) целесообразно отображать линейным уравнением вида : $y=a+bx$.

Однако, существует и другое мнение. В работах Н.П. Курбатского и Г.А. Мокеева [62], А.Е. Тетенькина [104] и др. указывается на то, что параболические кривые более адекватно соответствуют данной взаимосвязи.

Отдельные исследователи [23, 26, 34] предлагают делить ряд видовых высот в зависимости от высоты деревьев и возраста на части и аппроксимировать их отдельными линейными уравнениями.

Для анализа целесообразности использования того или иного методического подхода для совокупного ряда видовых высот подобраны два аппроксимирующих уравнения, характеризующих связь H_f и H – линейное и нелинейное (рисунок 6.11).

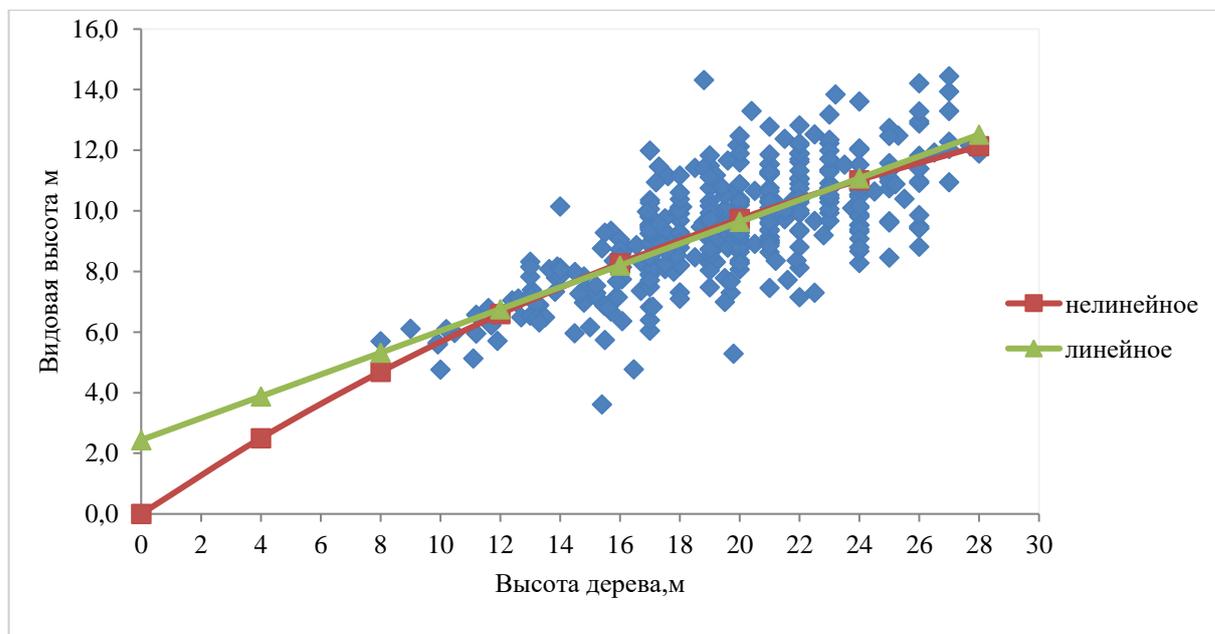


Рисунок 6.11 – Связь видовой высоты (H_f) и высоты(H) у деревьев лиственницы

Вид линейного уравнения:

$$H_f = 2,44 + 0,36H \quad (6.13)$$

При стандартной ошибке уравнения $S = 1,37$ и коэффициенте детерминации $R^2 = 0,52$.

Нелинейное уравнение вида:

$$H_f = 19,9(1 - \exp(-0,034H)) \quad (6.14)$$

Имеет более высокие, хотя и незначительно, показатели адекватности:

$$S = 1,36$$

$$R^2 = 0,53$$

Сопоставление полученных в результате табуляции уравнений значений видовых высот для деревьев различной высоты (таблица 6.14) показало, что основные отклонения между значениями присущи деревьям, имеющим высоту до 12 м и крупномерных деревьев, имеющих высоту более 27 м.

Таблица 6.14 – Видовые высоты, полученные по различным уравнениям

Высота, м	4	8	12	16	20	24	28
$H_f=2,44+0,36*H$	2,50	4,69	6,60	8,27	9,74	11,02	12,14
$H_f=19,9*(1-\exp(-0,034*H))$	3,88	5,32	6,76	8,2	9,64	11,08	12,52

Для более детального анализа видовые высоты были сгруппированы в зависимости от диаметров стволов – по четырехсантиметровым ступеням толщины (рисунок 6.12)

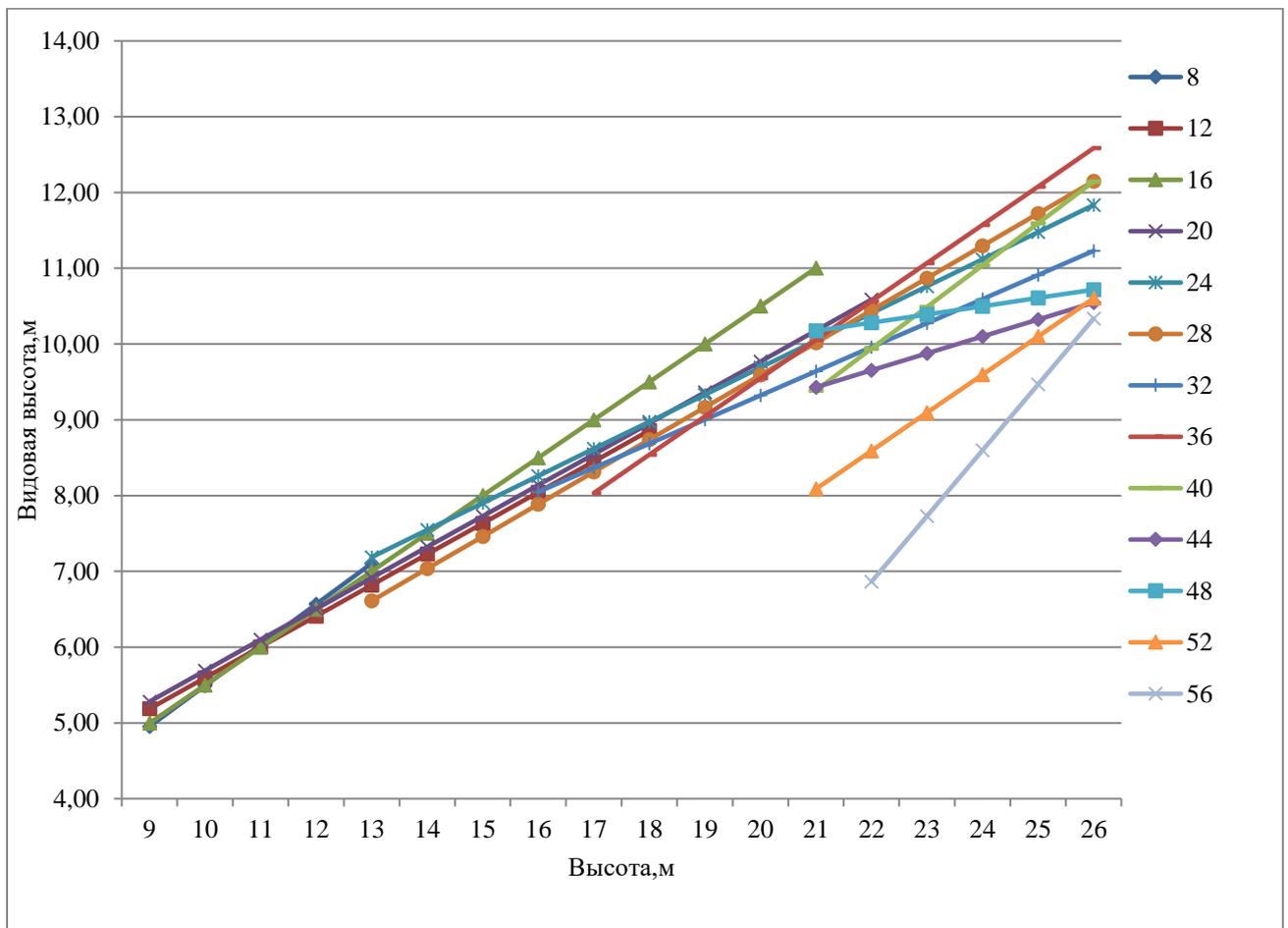


Рисунок 6.12 – Связь видовой высоты с высотой ствола по ступеням толщины

Связи аппроксимируются уравнениями прямой, коэффициенты уравнений и показатели их адекватности приведены в таблице 6.15.

Таблица 6.15 – Коэффициенты уравнений связи между H_f и H по ступеням толщины и показатели их адекватности

Ступени толщины, см	Коэффициенты уравнений		
	b	a	R ²
8	0,1157	0,5376	0,75
12	1,5148	0,4080	0,52
16	0,5004	0,4942	0,47
20	1,6084	0,4081	0,30
24	2,5416	0,3574	0,20
28	1,1072	0,4260	0,39
32	2,9569	0,3182	0,28
36	-0,5656	0,5058	0,36
40	-2,1977	0,5517	0,54
44	4,7379	0,2234	0,23
48	7,8902	0,1087	0,32
52	-2,4753	0,5030	0,55
56	-12,2400	0,8683	0,61

Из рисунка 6.12 следует, что графики сформировали два поля.

Первое включает ряды видовых высот стволов ступеней толщины 8-44 см, где линии имеют четкую ориентацию и взаимно дополняют друг друга.

Наиболее крупномерная часть деревьев (ступени толщины 48-56 см) сформировало второе поле, где линии имеют значительный разброс и отличаются друг от друга углом наклона к оси высот.

Это можно объяснить тем, что деревья со значительным диаметром имеют возраст, в котором процессы роста в высоту уже угасают. Кроме того, очень часто крупномерные деревья формируются на относительно открытых территориях в меньшей конкурентной борьбе за свет и жизненное пространство, что безусловно оказывает влияние на показатели формы стволов.

Изменение видовых высот в различных группах деревьев по толщине иллюстрирует график на рисунке 6.13.

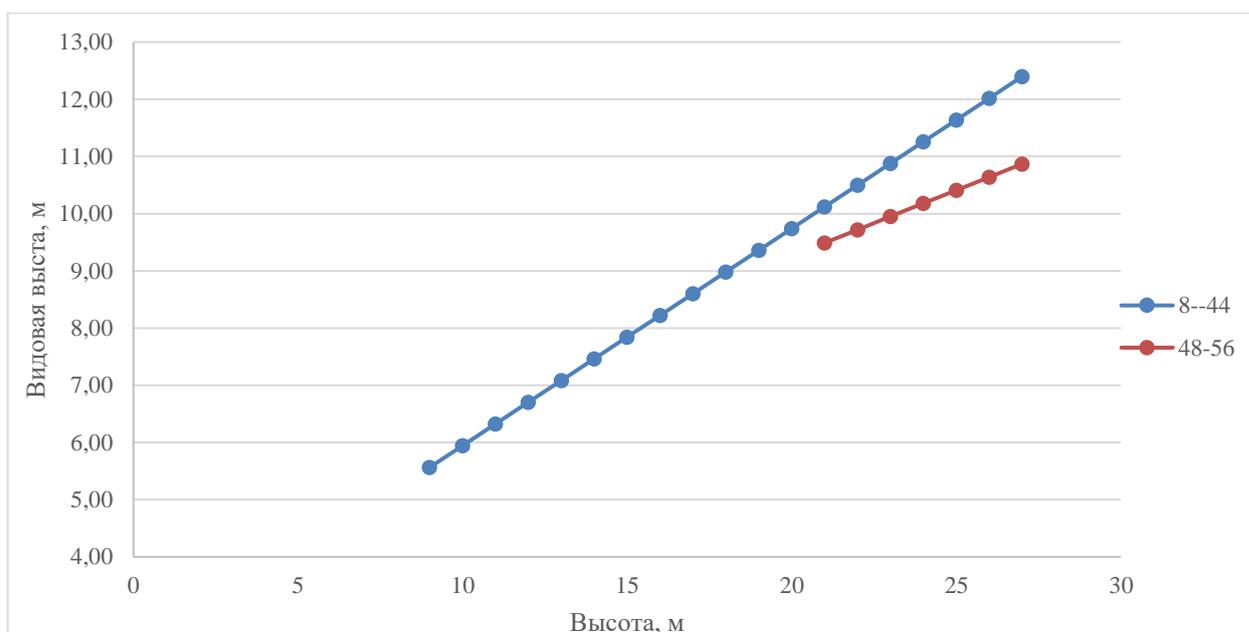


Рисунок 6.13 – Распределение видовой высоты по градациям ступени толщины 8-44 см и 48-56 см

Коэффициенты уравнений и показатели адекватности приведены в таблице 6.16.

Таблица 6.16 – Коэффициенты уравнений распределения видовой высоты по градациям ступени толщины 8-44 см и 48-56 см

Уравнение групп распределений	Коэффициенты уравнений		R ²
	b	a	
8-44 см: $y = 0,3797x + 2,1483$	0,38	2,15	0,53
48-56 см: $y = 0,2298x + 4,6653$	0,23	4,6653	0,40

Таким образом можно предположить, что кривизна на обобщенном графике связи видовых высот с высотой y деревьев лиственницы в Нижнем Приангарье обусловлена изменением интенсивности хода роста деревьев по высоте. Снижение значений видовых высот в конце ряда «поднимает» линию графика вида $y=a+bx$ в начале ряда и делает невозможной объективную аппроксимацию зависимости уравнением линейного вида.

Снижение влияния высоты на видовую высоту у крупномерных деревьев иллюстрируют и данные корреляционного анализа.

В таблице 6.17 приведены величины коэффициентов корреляции между видовой высотой (H_f) и видовым числом (f).

Таблица 6.17 – Коэффициенты корреляции между видовой высотой и ВИДОВЫМ ЧИСЛОМ

Ступени толщины, см	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56
Коэффициенты корреляции между H_f и f	0,45	0,4	0,68	0,72	0,69	0,67	0,67	0,82	0,8	0,71	0,92	0,83	0,97

Из таблицы следует, что с возрастанием диаметра ствола увеличиваются значения коэффициентов корреляции между H_f и f , что говорит об усилении влияния видового числа на видовую высоту, а, следовательно, снижения влияния высоты.

На рисунке 6.14 показаны значения средних видовых высот для древостоев пробных площадей и график изменения видовой высоты по данным модельных деревьев.

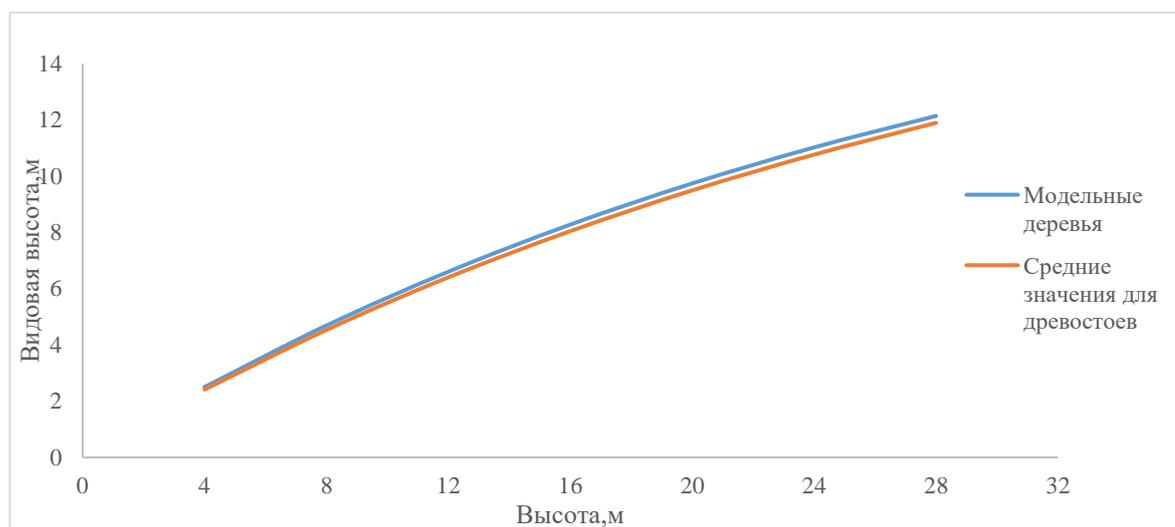


Рисунок 6.14 – Сопоставление кривых видовых высот, по данным модельных деревьев и по средним значениям для древостоев

Оказалось, что часть средних значений ложится на график, а часть имеет незначительные отклонения. Следовательно, возможно использование видовых высот, полученных по модельным деревьям в качестве характеристики средних видовых высот древостоев.

Из всего сказанного можно сделать однозначный вывод – связь видовой высоты с высотой необходимо отображать нелинейными уравнениями. При использовании линейных уравнений ряд видовых высот целесообразно делить на части.

Это заключение имеет практическое значение, так как видовые высоты используются при построении лесотаксационных нормативов и являются базовой величиной для определения запасов древостоев и объемов стволов.

6.4.2 Видовые диаметры

Видовые диаметры, то есть произведение диаметра на видовое число (D_f) также используются при расчетах в ходе построения таксационных таблиц, хотя и реже, чем видовые высоты.

Статистическая обработка ряда видовых диаметров лиственницы сибирской показала, что для объекта исследования он характеризуется следующими статистическими показателями (таблица 6.18).

Таблица 6.18 – Статистическая характеристика ряда видовых диаметров

$\bar{X}_{ср}$	$\pm M_x$	M_e	M_o	$\pm \delta_x$	D_x	E_x	A_s	min	max	W,%	P,%
13,16	0,25	12,38	-	4,9	24,04	-0,38	0,39	3,99	27,16	37,3	1,9

Оказалось, что средняя величина D_f составляет 13,16 см, предельные значения min 3,99 см, max 27,16 см при коэффициенте изменчивости 37,3%.

Корреляционный анализ (таблица 6.19) показал, что видовой диаметр достаточно тесно связан с высотой и диаметром дерева, имеет умеренную связь с возрастом и очень тесную с видовой высотой

Таблица 6.19– Корреляционный анализ

Таксационные показатели	$H, м$	$A, лет$	$D_{1,3 \text{ в коре}}, см$	$H_f, м$
Df, см	0,67	0,46	0,90	0,72

Связь между видовым диаметром и диаметром ствола отображается уравнением вида:

$$Df=2,083+0,4*D_{1,3} \quad (6.15)$$

при $R^2=0,91$ и $S=2,05$

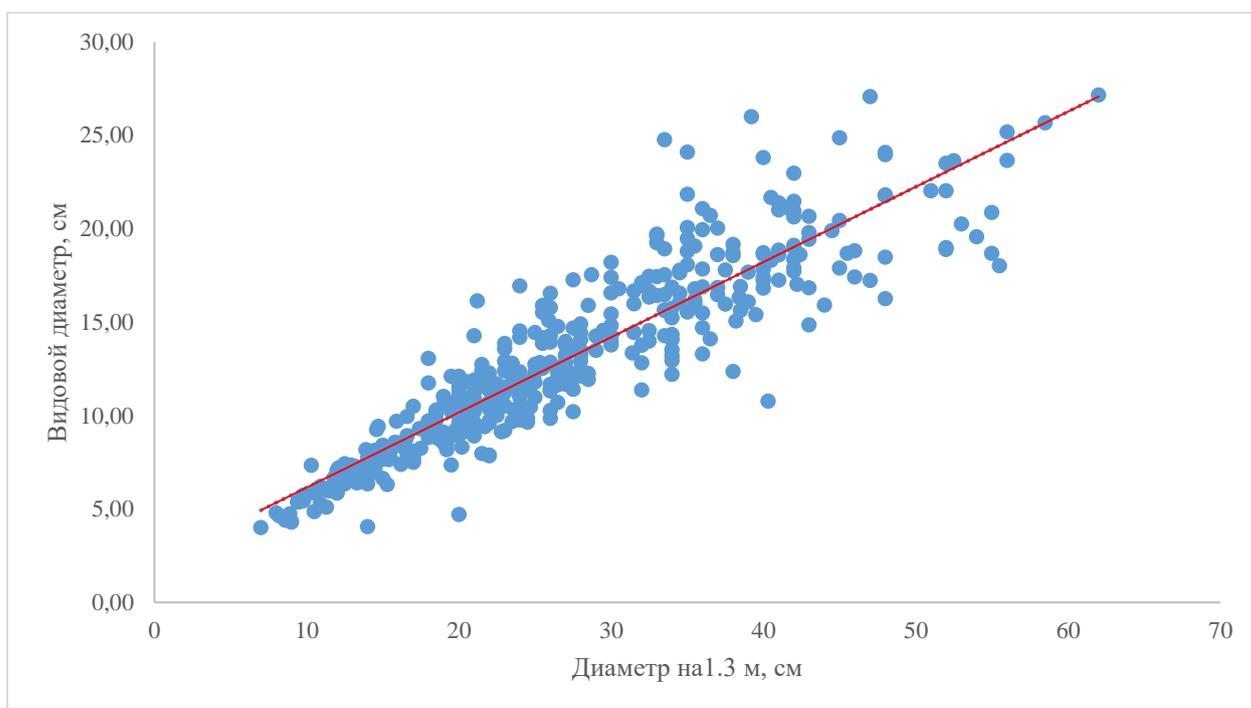


Рисунок 6.15 – Связь видового диаметра и диаметра дерева на высоте груди

Зависимость видового диаметра от высоты отображается уравнением Гаусса:

$$Df=23,08*\exp((- (33,86-H)^2)/(2*13,14^2)) \quad (6.16)$$

при $R^2=0,78$ и $S=2,98$

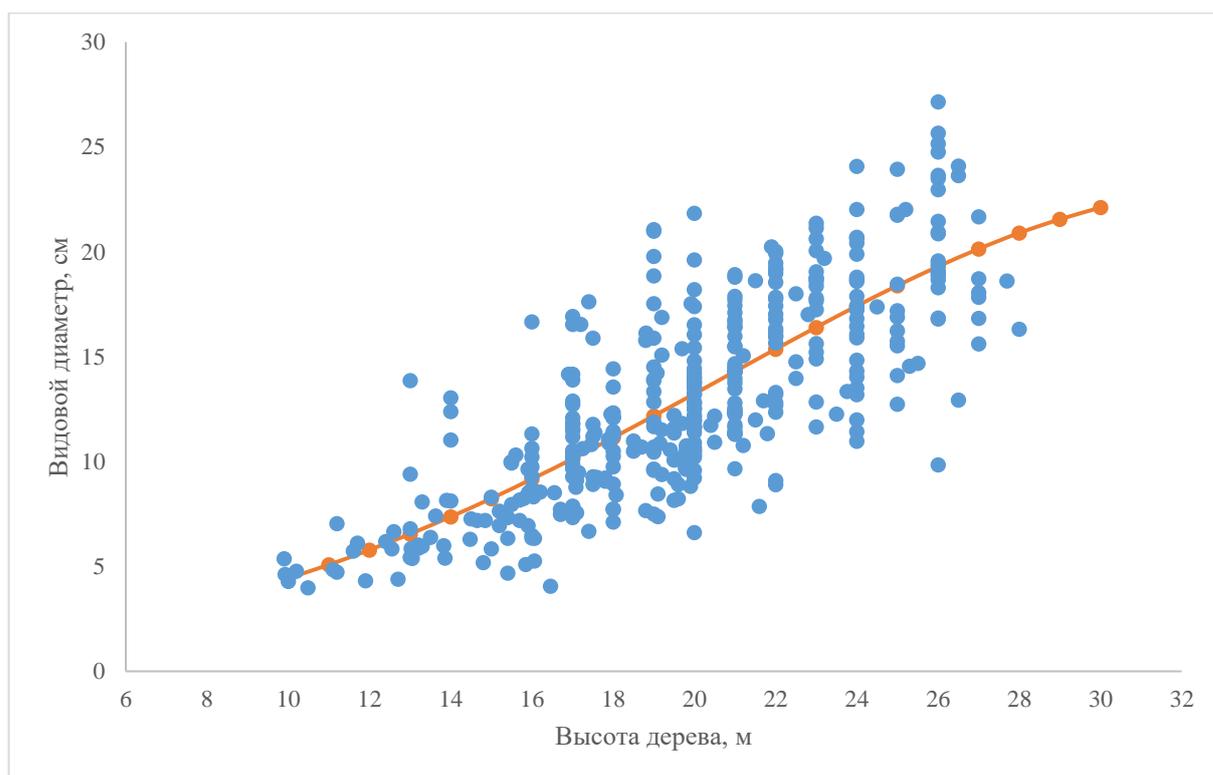


Рисунок 6.16 – Зависимость видового диаметра от высоты дерева

В результате получена таблица видовых диаметров для деревьев различной высоты (таблица 6.20).

Таблица 6.20 – Распределение видового диаметра по высоте

Высота, м	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Видовой диаметр, см	4,4	5,1	5,8	6,6	7,4	8,2	9,2	10,1	11,1	12,2	13,2	14,3	15,4	16,4	17,4	18,4	19,3	20,1	20,9	21,6	22,1

6.4.3 Упрощенные формулы для определения объемов стволов лиственницы сибирской

Упрощенные формулы для определения объемов стволов или запаса древостоя широко используются в практике при глазомерной таксации.

Анализ объемообразующих характеристик стволов деревьев, таких как видовая высота (H_f), видовой диаметр (D_f) и видовая площадь сечения на высоте 1.3 м (gf) показал, что для практического использования последняя представляет

значительный интерес. Этот показатель тесно коррелирует как с характеристиками формы, так и с таксационными показателями деревьев (таблица 6.21).

Таблица 6.21 – Степень корреляции g_f с таксационными показателями деревьев лиственницы

Показатели деревьев лиственницы	H, м	H _f , м	D _{1,3} , см	D _f , см
Видовая площадь поперечного сечения($g_{1.3f}$), м ²	0,73	0,56	0,96	0,95

Характер связи между диаметром ствола на высоте 1.3 м и видовой площадью в лиственничниках района исследования выражен следующими уравнениями:

$$g_{1.3f}=0,09172+0,0904*\cos(0,0298D_{1.3}+3,1312) \quad (6.17)$$

Адекватность соответствует коэффициенту детерминации (R^2) = 0,97 при стандартной ошибке уравнения (S) = 0,007.

Следовательно, объем ствола ($V_{ст}$) может быть определен как:

$$V_{ст}=(0,09172+0,0904*\cos(0,0298D_{1.3}+3,1312))*h \quad (6.18)$$

Использование линейного уравнения связи дало следующую формулу:

$$V_{ст}=(0,002* D_{1.3}-0,0221) *h=(0,2* D_{1.3}-2)*0,01h \quad (6.19)$$

Адекватность соответствует коэффициенту детерминации (R^2) = 0,95 при стандартной ошибке уравнения (S) = 0,007.

График показан на рисунке 6.17

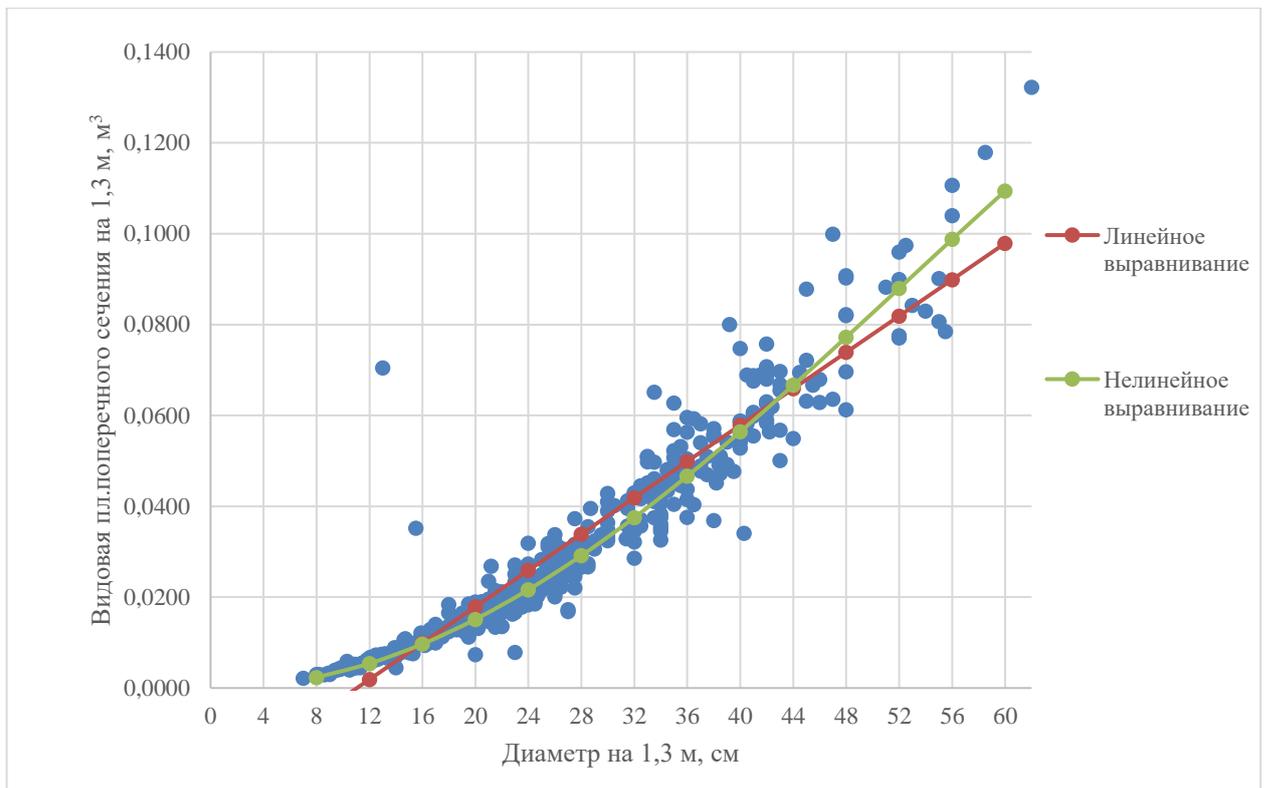


Рисунок 6.17 – Связь видовой площади поперечного сечения и диаметра ствола

Сопоставление результатов, полученных по уравнениям двух типов позволяет утверждать, что применение линейного уравнения хотя несколько снижает точность, но значительно упрощает процесс расчетов.

На рисунке 6.18 и в таблице 6.22 приведено сопоставление результатов вычисления объемов стволов лиственницы для Приангарского лесорастительного района по предложенным уравнениям и объемным таблицам.

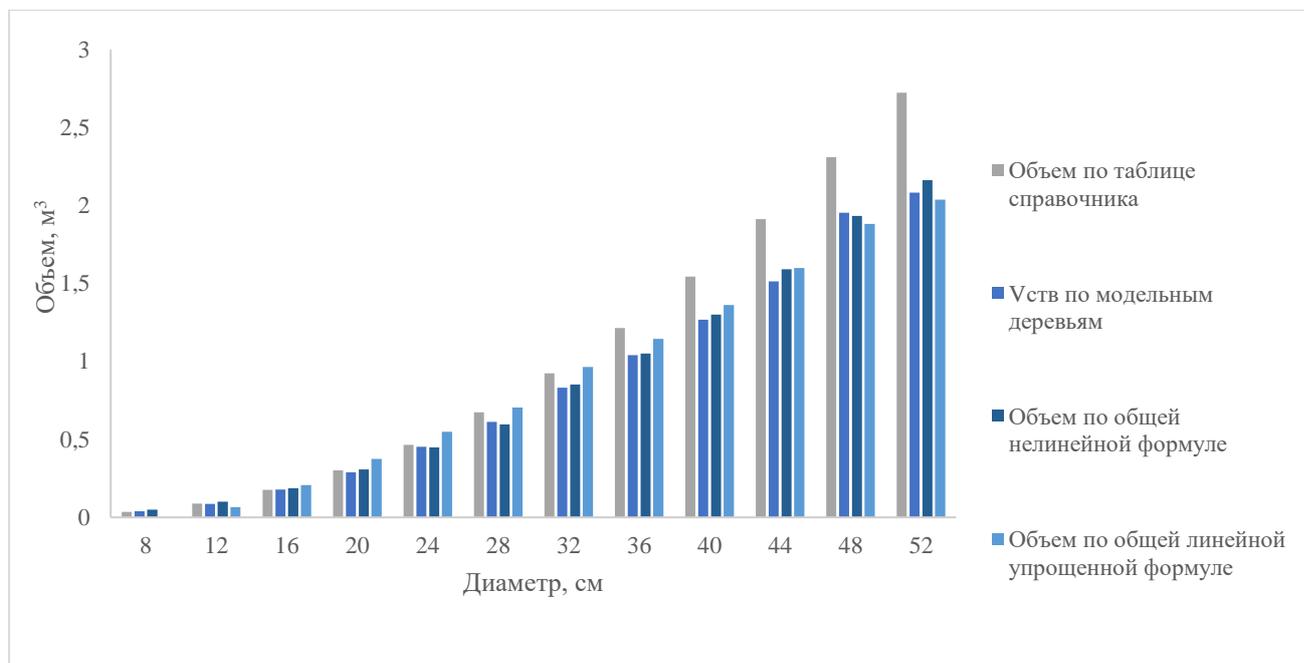


Рисунок 6.18 – Сопоставление результатов вычисления объемов

Таблица 6.22 – Сопоставление результатов вычисления

Диаметр, см	Объем по таблице справочника, м ³	Объем по модельным деревьям, м ³	Объем по общей нелинейной упрощенной формуле, м ³	Объем по общей линейной упрощенной формуле, м ³
8	0,0344	0,0397	0,0494	-
12	0,0887	0,0872	0,1003	0,0667
16	0,176	0,1785	0,1875	0,2063
20	0,3023	0,2885	0,3078	0,3759
24	0,466	0,4525	0,4495	0,5486
28	0,6734	0,6122	0,5955	0,7044
32	0,9233	0,8316	0,8533	0,9647
36	1,2148	1,0410	1,0505	1,1451
40	1,5456	1,2671	1,3004	1,3618
44	1,9123	1,5144	1,5918	1,6003
48	2,3102	1,9536	1,9340	1,8828
52	2,7238	2,0831	2,1623	2,0385

Выводы по разделу:

- установлены особенности связи видовой высоты с высотой ствола, а также средних видовых высот со средней высотой деревьев;
- рассчитаны упрощенные формулы для определения объемов стволов.

6.5 Таксация комлевых сортиментов стволов лиственницы сибирской

Длительное время, вплоть до 1993г., в котором был принят закон «О стандартизации» (№ 5154 ФЗ от 10.07.1993г.) назначение лесоматериалов, размеры, качество, правила, транспортировки, хранение определялись требованием государственных стандартов (ГОСТов), отраслевых стандартов (ОСТов) и технических условий (ТУ).

В последующий период национальные и даже межгосударственные стандарты были переведены в категорию нормативных документов «добровольного применения», что соответствовало требованиям федерального закона №184 от 22.12.2002 «О техническом регулировании».

Однако, ситуация в настоящее время изменилась в связи с постановлением Правительства Российской Федерации №1525 утвердившим «Правила учета древесины, полученной при использовании лесов и при осуществлении мероприятий по охране, защите, воспроизводству лесов до ее вывоза из леса (статья 50 Лесного кодекса, дополненное от 28.12.2013 г., №415 ФЗ).

Пункт 6 «Правил учета древесины» гласит: «Определение объема древесины осуществляется с применением требований, установленных в национальных и межгосударственных стандартах.

Определение объема лесоматериалов круглых в соответствии с требованиями ГОСТ 32594-2013 [1], введенным в действие в 2015 г. может осуществляться семью различными способами, основным из которых для практики лесного дела является использование таблиц объемов сортиментов в соответствии с ГОСТ 2708-75. Эти нормативы предусматривают измерение длины сортимента и диаметра его тонкого конца – диаметра верхнего отрубца. Таблицы объемов бревен впервые были составлены А.А. Крюденером [56] для сосновых и еловых бревен. Позднее эти материалы были переведены в метрическую систему Г.И. Турским.

Данные неоднократно подвергались проверке. Установлено, что точность таблиц обусловлена объемом бревен и их длиной. Было доказано, что для 90% бревен отклонения от истинных объемов меняются от 4,5% до 7,5% [8].

Для бревен, выпиленных из вершинных частей стволов, и имеющих значительный сбеги Н.П. Анучиным [8] построены отдельные таблицы. В целом таблицы объемов бревен построены для среднего сбего. Безусловно таким сбегом обладают в основном бревна, выпиленные из центральных частей древесных стволов. Однако, при таксации больших совокупностей бревен снижение ошибки в конечном результате происходит в силу известных свойств случайных малых ошибок. Во-первых, это свойство компенсации, которое гласит, что при одних и тех же условиях измерений среднеарифметическое значение случайной ошибки при неограниченном увеличении числа измерений стремится к нулю.

Согласно свойству симметричности, одинаковые по абсолютной величине, но разные по знаку ошибки встречаются в рядах ошибок одинаково часто.

Величины ошибок подчинены свойству ограниченности согласно которому случайная ошибка по абсолютной величине не может превзойти некоего предела (предельной ошибки), обычно он соответствует тройному значению среднеквадратичного отклонения.

Сбег бревен зависит от ряда условий, определяющим из которых является то, из какой части ствола получен этот материал.

Кроме того, весьма важна порода дерева – стволы разных пород значительно различаются по сбежистости.

Лиственница сибирская характеризуется достаточно частой встречаемостью закомелистости стволов, влияющей на объем сортиментов, получаемых из комлевых частей.

Для установления характера отклонений величин объемов сортиментов от «истинных» значений было обмерено 305 комлевых сортиментов, полученных из стволов, относящихся к ступеням толщины 8-56 см. За «истинное» значение приняты объемы сортиментов, определенных по сложной формуле Губера (хотя эта формула также имеет определенную ошибку).

Были сопоставлены объемы, полученные по диаметру верхнего отруба и длине сортимента (ГОСТ 2708-75), также по сложной формуле Губера. Длина сортиментов – 6 м.

Результаты статистической обработки рядов отклонений приведены в таблице 6.23.

Таблица 6.23 – Статистическая характеристика рядов отклонений объемов шестиметровых сортиментов (%)

Ступени толщины	Отклонение, %												
	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56
Среднее	-28,2	-18,6	-12,6	-5,4	-1,7	-0,1	3,1	0,3	3,1	4,2	2,8	5,3	7,5
Стандартная ошибка	8,14	3,15	1,91	1,52	1,49	1,54	1,81	1,79	2,25	2,68	3,18	1,47	2,99
Стандартное отклонение	19,9	13,0	11,2	10,3	9,9	10,0	10,1	7,8	11,7	10,4	9,5	4,7	6,7
Предельные значения	-46,6-1,5	-32,4-11,4	-31,2-21,9	-31,5-23,8	-19,2-25,9	-22,4-29,0	-29,5-25,6	-12,9-12,0	-19,5-30,4	-14,1-19,7	-15,1-16,9	-0,6-13,3	2,6-16,8

Из содержания таблицы следует, что средние значения отклонений отрицательны для низших ступеней толщины, в центральных ступенях средние величины стабилизируются по величине и становятся положительными, затем у сортиментов, полученных из крупномерных стволов их величина возрастает и достигает величины, превышающей 7%.

Однако анализ варьирования рядов отклонений показал на их огромную изменчивость – предельные значения отклонений соответствуют 30,4 и -46,6%. Такой изменчивости признака соответствуют и величины стандартных ошибок и дисперсии.

Корреляционный анализ опосредованности величины отклонения таксационным характеристикам стволов, полученных из древостоев разных классов бонитета, показал, что значимо величина отклонения зависит только от диаметра ствола (таблица 6.24).

Таблица 6.24 – Парные коэффициенты корреляции между величиной отклонения (%) и таксационными характеристиками стволов

Объект	Таксационные характеристики стволов									
	Высота, м	Возраст, лет	D _{1,3} , см		Объем ствола, м ³		Видовое число F _c		Коэффициент формы q ₀	
			без коры	в коре	без коры	в коре	без коры	в коре	без коры	в коре
Массив в целом										
Стволы древостоев 4 и 5 классов бонитета	0,35	0,32	0,51	0,52	0,39	0,40	-0,24	-0,27	0,22	-0,08
Стволы древостоев 3 класса бонитета	0,25	0,28	0,43	0,40	0,25	0,26	-0,32	-0,63	-0,15	-0,34

На рисунке 6.19 приведен график величины отклонений объемов комлевых сортиментов, определенных по диаметру верхнего отруба и длине от объемов, найденных по сложной формуле Губера.

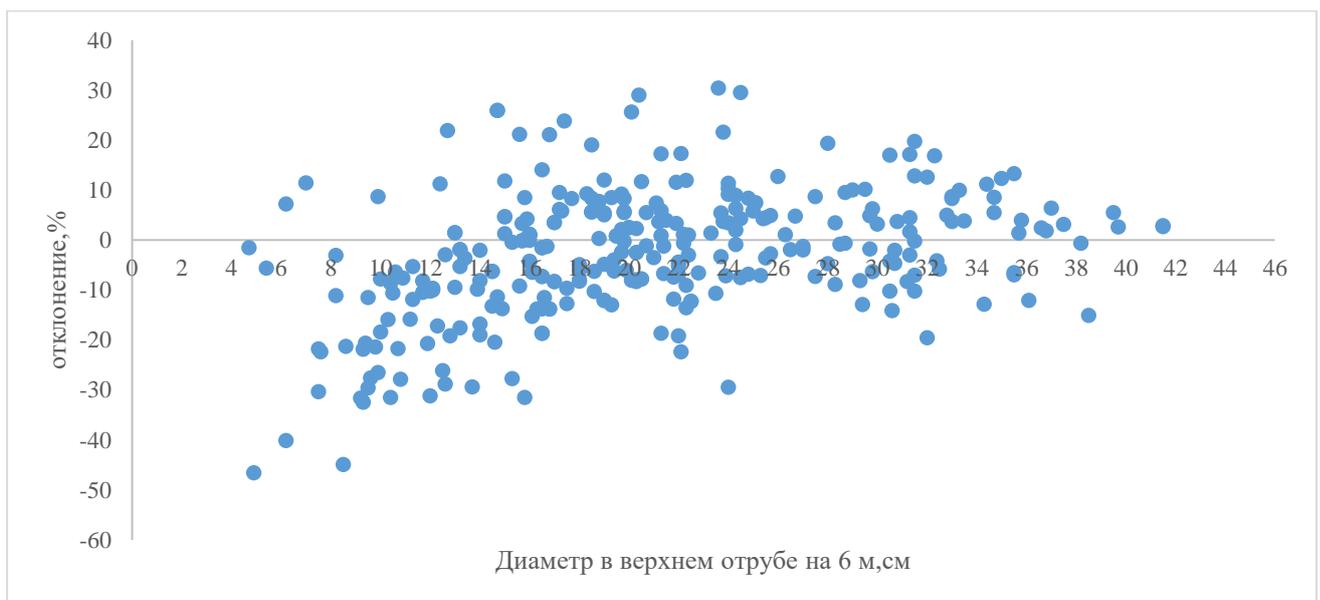


Рисунок 6.19 – Величина отклонений объемов сортиментов из стволов различного диаметра

Используя данные таблицы 6.24 и графика можно констатировать следующее:

-у комлевых сортиментов длиной 6 м, полученных из стволов до диаметра на 1,3 м 20 см преобладают отрицательные отклонения, достигающие половины объема сортимента;

-объемы комлевых сортиментов, полученных из стволов диаметром 21-28 см определяются по таблицам ГОСТ 2708-75 с достаточной точностью;

-объемы комлевых сортиментов, определенных по ГОСТу 2708-75, диаметром более 28 см получаемых из стволов характеризуются в основном положительными отклонениями.

Далее были установлены средние величины диаметров верхнего отруба для комлевых шестиметровых бревен, выпиленных из стволов определенных ступеней толщины. На рисунке 6.20 показана зависимость между диаметром на высоте 1,3м и диаметром в верхнем отрубе бревен различной длины.

Уравнение вида:

$$d_{в.о} = a + b * d_{1.3} \quad (6.20)$$

Значения коэффициентов представлены в таблице 6.25.

Таблица 6.25 – Значения коэффициентов уравнения $d_{в.о} = a + b * d_{1.3}$

Длина сортимента, м	Коэффициенты уравнения		R ²	S
	a	b		
3	1,30	0,75	0,99	0,72
6	1,47	0,68	0,99	0,68
8	-0,05	0,67	0,99	0,74

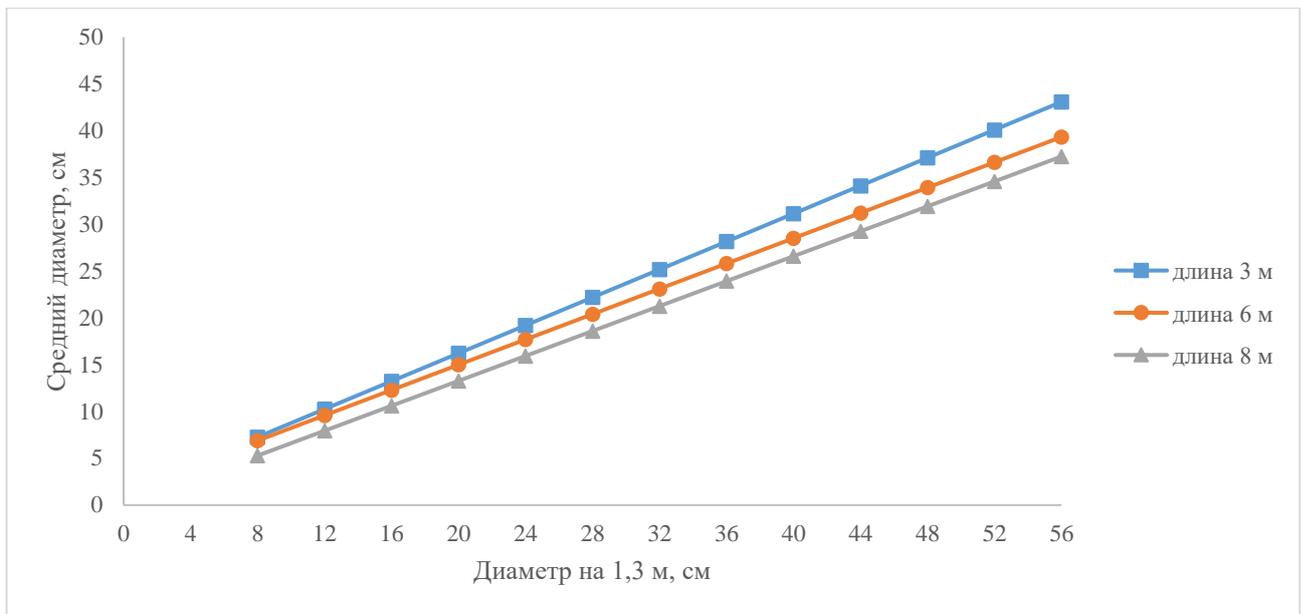


Рисунок 6.20 – Средние диаметры верхнего отруба сортиментов различной длины

На рисунке 6.21 показан график иллюстрирующий изменение средних отклонений объемов комлевых сортиментов длиной 6 м от истинного значения.

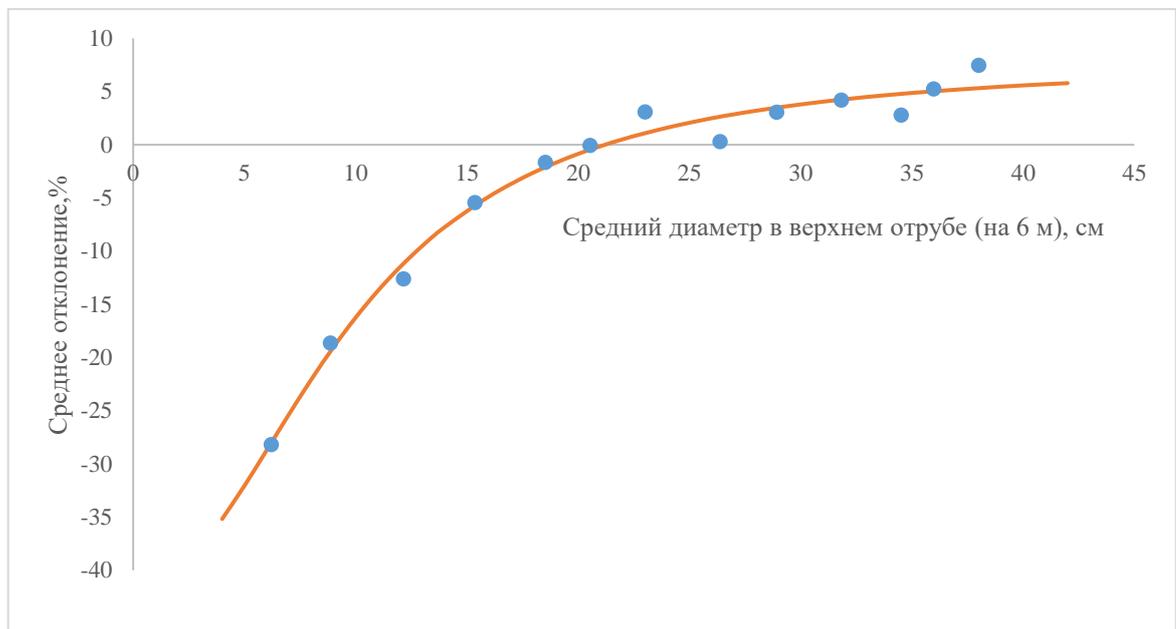


Рисунок 6.21 – Изменение средних отклонений (m) объемов комлевых сортиментов

Уравнение вида:

$$m = \frac{a \cdot b + c \cdot D^d}{b + D^d} \quad (6.20)$$

где

$$a = -41,396561$$

$$b = 137,69674$$

$$c = 7,8341981$$

$$d = 2,1578102$$

Адекватность уравнения соответствует $R^2=0,99$ при $S=1,52$

На рисунке 6.22 показан график, иллюстрирующий изменение средних отклонений объемов комлевых сортиментов длиной 8 м от истинного значения.

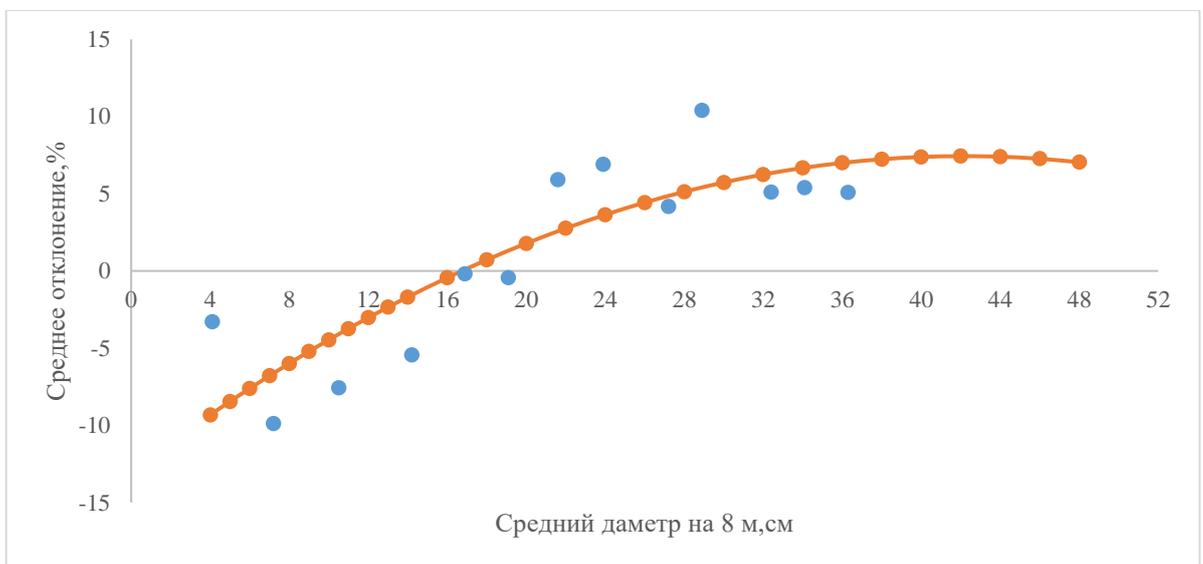


Рисунок 6.22 – Изменение средних отклонений объемов (м) комлевых сортиментов

Уравнение вида:

$$m = a + b \cdot D + c \cdot D^2 \quad (6.21)$$

где

$$a = -13,019486$$

$$b = 0,97019161$$

$$c = -0,011546862$$

Адекватность уравнения соответствует $R^2=0,84$ при $S=3,62$

В таблице 6.26 приведены результаты табуляции уравнения, которые использованы для корректировки таблиц объемов (Таблица 6.27, приложение Е).

Таблица 6.26- Выровненные значения средних отклонений

Д в верхнем отрубе на 3 м, см	Отклонение (Z),%	Д в верхнем отрубе на 6 м, см	Отклонение (Z),%	Д в верхнем отрубе на 8 м, см	Отклонение (Z),%
4	1,2	4	-35,2	4	-9,3
5	1,3	5	-32,1	5	-8,5
6	1,4	6	-28,7	6	-7,6
7	1,5	7	-25,4	7	-6,8
8	1,6	8	-22,1	8	-6,0
9	1,6	9	-19,0	9	-5,2
10	1,7	10	-16,3	10	-4,5
11	1,8	11	-13,7	11	-3,7
12	1,9	12	-11,5	12	-3,0
13	2,0	13	-9,5	13	-2,4
14	2,1	14	-7,8	14	-1,7
16	2,2	16	-4,9	16	-0,4
18	2,4	18	-2,6	18	0,7
20	2,6	20	-0,9	20	1,8
22	2,7	22	0,5	22	2,8
24	2,9	24	1,6	24	3,6
26	3,1	26	2,5	26	4,4
28	3,2	28	3,2	28	5,1
30	3,4	30	3,8	30	5,7
32	3,6	32	4,3	32	6,2
34	3,7	34	4,7	34	6,7
36	3,9	36	5,0	36	7,0
38	4,1	38	5,3	38	7,2
40	4,3	40	5,6	40	7,4
42	4,4	42	5,8	42	7,4
44	4,6			44	7,4
46	4,8			46	7,3
48	4,9			48	7,0
50	5,1				
52	5,3				
54	5,4				
56	5,6				

Таблица 6.27 – Корректировка объемов комлевых сортиментов длиной 6 м

Д в верхнем отрубе на 6 м, см	Отклонение (Z),%	Доля	Объем исходный по ГОСТ 2708-75, м ³	Объем скорректированный, м ³
4	-35,2	0,65	0,016	0,010
5	-32,1	0,68	0,023	0,016
6	-28,7	0,71	0,028	0,020
7	-25,4	0,75	0,036	0,027

Окончание таблицы 6.27

8	-22,1	0,78	0,045	0,035
9	-19,0	0,81	0,055	0,045
10	-16,3	0,84	0,065	0,054
11	-13,7	0,86	0,08	0,069
12	-11,5	0,89	0,093	0,082
13	-9,5	0,91	0,108	0,098
14	-7,8	0,92	0,123	0,113
16	-4,9	0,95	0,155	0,147
18	-2,6	0,97	0,194	0,189
20	-0,9	0,99	0,23	0,228
22	0,5	1,01	0,28	0,281
24	1,6	1,02	0,33	0,335
26	2,5	1,02	0,39	0,400
28	3,2	1,03	0,45	0,464
30	3,8	1,04	0,52	0,540
32	4,3	1,04	0,59	0,615
34	4,7	1,05	0,66	0,691
36	5,0	1,05	0,74	0,777
38	5,3	1,05	0,82	0,864
40	5,6	1,06	0,9	0,950
42	5,8	1,06	1	1,058

В настоящее время, согласно требованиям Государственного стандарта 9463-2016 «Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия» можно считать наиболее востребованными сортименты длиной 3-6,5 м, они используются как в круглом виде, так и в качестве сырья для пиления и строгания.

В соответствии с изложенной схемой проведена корректировка таблиц для определения объемов сортиментов, а также для целей сопоставления лесоматериалов круглых длиной 8 м (приложение Д).

Однако, следует признать, что эти средние значения следует считать малоинформативными, так как ряды отклонений имеют значительную изменчивость, о чем уже говорилось выше. Поэтому для обработки ряды делились на совокупности, отражающие какие-то объекты, обобщенные определенным признаком – величиной диаметра ствола на высоте 1,3 м, как это сделано в таблице 6.23 (приложение Е).

Корреляционный анализ, проведенный для рядов объемов бревен 6- и 8-метровых, полученных из древостоев представлен в таблице 6.28.

Таблица 6.28 – Парные коэффициенты корреляции между величиной отклонения (%) сортиментов разной длины и таксационными характеристиками СТВОЛОВ

Длина сортиментов, м	Таксационные характеристики стволов									
	Н, м	А, лет	D _{1,3} , см		Объем ствола, м ³		Видовое число F _c		Коэффициент формы q ₀	
			без коры	в коре	без коры	в коре	без коры	в коре	без коры	в коре
6-метровые	0,38	0,21	0,51	0,50	0,36	0,36	-0,16	-0,41	0,15	-0,31
8-метровые	0,12	0,34	0,38	0,37	0,25	0,26	-0,19	-0,38	0,19	-0,05

Выводы по разделу:

-установлены особенности распределения ошибок при определении комлевых сортиментов лиственницы, оказалось, что средние значения отклонений отрицательны для сортиментов из стволов низших ступеней толщины и положительны для сортиментов, полученных из крупномерных стволов;

-выявлено, что значимо величина ошибок в определении объемов комлевых сортиментов обусловлена только диаметром ствола;

-построены откорректированные таблицы для определения объемов комлевых сортиментов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Леса Нижнего Приангарья играют огромную сырьевую и средообразующую роль не только в масштабах Приенисейской Сибири, но и всей России. Однако, до сих пор, многие аспекты организации хозяйства в этом регионе требуют внимательного рассмотрения. В то время, когда насаждения сосны Нижнего Приангарья достаточно полно изучены, отдельные вопросы в оценке лиственничных древостоев остаются открытыми.

В результате достижения цели и реализации задач, поставленных в настоящей работе можно сделать следующие выводы:

-на основе анализа структуры лесного массива, сформированного древостоями лиственницы сибирской, который может рассматриваться в качестве типичного массива в районе исследования можно заключить, что он является устойчивой лесной биологической системой, сохранившей формы рядов распределения по основным таксационным показателям, изменчивость запасов и т.д., соответствующими однородным лесным массивам;

-составленный эскиз таблицы хода роста лиственничников травяной группы типов леса и математические модели, отражающие взаимообусловленность средних таксационных показателей, позволяют усовершенствовать процессы проектирования лесохозяйственных мероприятий в районе исследования;

-исследование показателей формы и полндревесности стволов лиственницы, оценка влияния на них коры позволяют повысить точность нормативов таксации лиственничников в части определения объемов деловой древесины;

-решению этой же задачи соответствует разработка таблицы для установления объема комлевых сортиментов, получаемых из стволов лиственницы сибирской;

- установленные закономерности изменения видовых высот, видовых диаметров, видовых площадей поперечных сечений стволов лиственницы позволяют усовершенствовать и уточнить способы определения запаса древостоев

и объемов стволов, что в свою очередь дает возможность повысить точность таксационных нормативов для установления товарной структуры древостоев лиственницы в районе Нижнего Приангарья.

Перспектива дальнейшего развития исследований лиственничников заключается в построении комплекса математических имитационных моделей динамики таксационных показателей, товарной структуры древостоев и лесных массивов из лиственницы сибирской в районе исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 32594-2013 Лесоматериалы круглые. Методы измерений. – М. : Стандартиформ, 2015. – 64 с.
2. ОСТ 56-69-83 Пробные площади лесоустроительные. Методы закладки. –М. : Государственный комитет по стандартам, 1982. – 12 с.
3. Агеенко А.С. Ход роста лиственницы даурской в бассейне р. Амгунь // Амурский сборник. Хабаровск, 1960. Вып. 2. –С. 329-366.
4. Ажар Л.П., Техничко - экономические показатели комплексной переработки коры лиственницы сибирской пиролизом во взвешенном состоянии и тонком слое / Л.П. Ажар, Э.Д. Левин, Н.А. Чупрова, А.А. Ринкявичус, Г.В. Тихомирова. Лиственница. Межвузовский сборник научных трудов. Т- 29. Красноярск , 1968. –С. 459 - 461.
5. Анисимова, К.И. Изучение дубильных веществ коры лиственницы Даурской и Курильской методом хроматографии на бумаге/ К.И. Анисимова Растительные ресурсы, 1965. Т.1. Вып. 2. – С175-178.
6. Антанайтис, В. Стандартизация в области древесного прироста В. Антанайтис, Р. Жайдейкис. Каунус, 1977. –263 с.
7. Антанайтис, В.В. Опыт инвентаризации лесов Литвы математико-статистическим методом Текст. / В.В. Антанайтис, И.Н. Репшис. -М.: Лесная промышленность, 1973. — 102 с.
8. Анучин Н. П. Лесная таксация. 5-е изд., доп.— М.: Лесн. пром-сть, 1982 – 550 с.
9. Астраханов В.Н. Ангара и ее бассейн / В.Н. Астраханов- М.: Наука, 1962. – 60с.
10. Бабкин В.А. Экстракционная переработка коры лиственницы в практически полезные продукты/В.А. Бабкин и др.// хвойные бореальные зоны – 2003 – Вып. 1 – С. 113-116.
11. Богдашин М.С. Сортиментно - сортные таблицы по сосне, лиственнице, ели, пихте. - Красноярск, СИБНИИЛХЭ, 1939.

12. Богдашин М.С. Сортиментно - сортные таблицы сибирской лиственницы района Восточных Саян // Сб. трудов Лиственница сибирская. - Красноярск, 1940. – С. 38 - 58.
13. Бондарев А.И. Справочное пособие по таксации редкостойных лиственничников севера Восточной Сибири [Текст] / А. И. Бондарев. – Красноярск: Красноярский научный центр СО РАН, 2019. - 29 с.
14. Бондарев, А. И. Строение и нормативы таксации притундровых лесов северо-востока Красноярского края: диссертация ... кандидата сельскохозяйственных наук : 06.03.02. - Красноярск, 1995. - 248 с.
15. Бузыкин А. И. Формирование и продуктивность древостоев,— В кн.: Формирование и продуктивность лесных фитоценозов. Красноярск: изд. ИЛИД, 1982, — С. 5—17.
16. Бузыкин А. И., Пшеничникова Л. С. Формирование сосново-лиственных молодняков. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1980.— 175 с.
17. Вашук Л.Н., Швиденко А.З. Динамика лесных пространств Иркутской области. Л.Н. Вашук, А.З. Швиденко Иркутск, 2006. —392 с.
18. Воропанов, П.В. Определение объема ствола без коры у растущего дерева /П.В. Воропанов. Лесной журнал. 1982.- Л25. — С 20-23.
19. Выводцев Н.В. Общие закономерности роста лиственничников Дальнего Востока. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. – Красноярск, 1984 -20с.
20. Гавриленко, Г. А. Хозяйственная целесообразность внедрения лиственницы сибирской в лесах Карелии / Г.А. Гавриленко. – Петрозаводск, 1960. — 7 с.
21. Гелес, И.С. К вопросу исследования коры лиственницы /И.С. Гелес, Т.В. Филатова Лиственница: межвуз. сб. науч. тр. Красноярск: КрасТУ, 1973. —С. 180-189.
22. Глазов И. М. Опыт применения всеобщих видовых чисел к древостою лиственницы даурской./ Глазов И. М. Лесной журнал, 1962, № 2, —С. 37—48.

23. Глазов И. М. Проценты сбега по относительным высотам как показатели формы стволов деревьев./ Глазов И. М. Сообщ. Дальневост. фил. АН СССР, 1963, вып. 18, — С. 93—96.
24. Глазов, Н. М. Статистический метод в таксации и лесоустройстве / Н. М. Глазов. – М. : Лесная промышленность, 1976. – 144 с.
25. Голиков В. В. Плотность коры ветвей светлохвойных пород Сибири / Лиственница. Межвузовский сборник научных трудов. Красноярск , 1982. —С. 23 25 .
26. Гончарук, В.В. Фактор коры в определении текущего прироста запаса наличного древостоя / В.В. Гончарук Лиственница: межвуз. сб. науч. тр. Красноярск: СТИ, 1982— С. 85-90.
27. Григолянус И., Габрипчус А. Регрессия объемов стволов п видовых чисел./ И.Григолянус, А. Габрипчус— Лесн. хоз-во, 1974, № 11, С. 62—66.
28. Гусев, И.И. Толщина и объем коры древесных пород ели /И.И. Гусев Лесная таксация и лесоустройство. Красноярск: СТИ, 1981.-С. 24—30
29. Данилин И.М., Наурзбаев М.М. Ход роста древостоев псевдотаежных лиственничников в Центральном Хангае (Монголия)/ И.М. Данилин, М.М. Наурзбаев, З.Цогт. Сиб. гос. технол. ун-т //Хвойные бореальной зоны. - Красноярск: СибГТУ, 2010. - Т. 27, вып. 3/4. —С. 306-311.
30. Демаков, Ю. П. Диагностика устойчивости лесных экосистем: методологические и методические аспекты / Ю. П. Демаков. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2000. – 416 с.
31. Дитрих В.И. Возрастная структура лиственничных древостоев южной части Средней Сибири / Лесной журнал, N2, 1974. —С. 154 - 158.
32. Дитрих В.И. Линейные и объёмные показатели коры лиственницы сибирской / Научные труды ЛЛТА , 1970. —С. 95 - 101.
33. Дитрих В.И. Строение, динамика роста и особенности инвентаризации лиственничных насаждений Иркутской области. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата наук . Л.,1970. — 35с.

34. Дитрих В.И. Таблицы объемов по разрядам высот лиственницы сибирской Иркутской области / Научные труды ЛТА . N - 131, 1970. С. 190 - 194.
35. Донченко, Л.В. Сортиментно-сортная таблица для древостоев лиственницы сибирской Нижнего течения р. Ангары //Л.В. Донченко Справочное пособие по таксации лесов Сибири. Красноярск: СТИ, 1974. —141с.
36. Дылис Н.В. Лиственница Восточной Сибири и Дальнего Востока.- М., 1961. — 209с.
37. Дылис Н.В. Лиственница. - М., 1981. — 96с.
38. 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.
39. Зиганшин, Р. А. Лесной массив: географические и лесотаксационные признаки и критерии / Р. А. Зиганшин // Сибирский лесной журнал : научный журнал. - 2014. - N 1. - С. 50-67.
40. Зарипов, И. Н. Структура древостоев лиственницы сибирской в Республике Татарстан [Электронный ресурс] / И. Н. Зарипов, А. С. Пуряев // Лесохоз. информ. : электрон. сетевой журн. – 2018. – No 2. – С.28–34. URL: <http://lhi.vniilm.ru/>
41. Захаров, В. К. Лесная таксация / В. К. Захаров. – М. : Высшая школа, 1961. – 360 с.
42. Золотухин В.С. Ход роста модальных лиственничных древостоев Горного Алтая. Ход роста основных лесообразующих пород Сибири (учебное пособие) [Текст] //Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР, Сибирский технологический институт; [сост.: д-р с.-х. наук Э. Н. Фалалеев и др.], Ч. II Красноярск: СТИ, 1975— С 43-45
43. Иванов В. В. Влияние густоты древостоя на формирование кроны и рост по диаметру сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.)// В. В. Иванов, А. Н. Борисов, А. Е. Петренко Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. - 2019. - № 3. — С. 9-16

44. Иванов И.Н. Гидроэнергетика Ангары и природная среда / И.Н. Иванов - Новосибирск: Наука, 1991. — 125с.
45. Калинин В.И. Толщина и объем коры лиственницы, произрастающей в Архангельской области // В.И. Калинин. Лесной журнал. — 1966. №4— 24-28.
46. Каппер, О.Г. Хвойные породы: лесоводственная характеристика / О.Г. Каппер — М.-Л.: Гослесбумиздат, 1954. — 303 с.
47. Каргер, Л.Г. Кора лиственницы ценное сырьё / Л.Г. Каргер, Э.Л. Кучук, А. Кудрявцева Лиственница: межвуз. сб. науч. тр. Красноярск: СТИ, 1973. — С 176-180.
48. Карташов Ю.Г. Строение лиственничников Сахалина по диаметру, высоте и возрасту / Ю.Г. Карташов Лиственница и ее использ. в нар. х-ве. Красноярск. 1982, — С. 18-23.
49. Коропачинский, И.Ю. Леса Танну-Ола и особенности ведения хозяйства в них Текст. / И.Ю. Коропачинский, В.С. Онучин // Тезисы докладов научно-произв. конференции на тему: "Основы ведения хозяйства в лесах Сибири". Красноярск, 1958.
50. Коротков, И.А. Лесорастительное районирование России и республик бывшего СССР [Текст]/ И.А. Коротков // В кн. Углерод в экосистеме лесов и болот России под. ред. В.А. Алексеева, Р.А. Бердси. - Красноярск, 1994. -170 с.
51. Корякин В.Н., Выводцев Н.В., Выводцева З.А. Использование типовых линий для построения таблиц хода роста лиственничных насаждений // Лесное хозяйство в горных лесах Дальнего Востока: сб. тр. / ДальНИИЛХ. Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1982. — Вып. 24. —С. 73-83.
52. Корякин В.Н., Романова Н.В. Продуктивность хвойных лесов Камчатки как объекта рубок главного пользования // Использование и воспроизводство лесных ресурсов Дальнего Востока: сб. тр. / ДальНИИЛХ. Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1988. — Вып. 30. — С. 61-75.
53. Кофман, Г. Б. Рост и форма деревьев / Г. Б. Кофман; Отв. ред. В. В. Кузьмичев; АН СССР, Сиб. отд-ние, Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева. - Новосибирск : Наука : Сиб. отд-ние, 1986. - 209

54. Красиков, И. И. Структура лесных массивов в Республике Тыва / И. И. Красиков, С. Л. Шевелёв // Хвойные бореальной зоны. – Красноярск: СибГТУ, 2009. – Т. 26, № 2. – С. 266-267.
55. Красиков, И. И. Структура лесных массивов в Республике Тыва : монография / И. И. Красиков, С. Л. Шевелёв. – Красноярск : СибГТУ, 2013. – 119 с.
56. Крюденер, А. А. Таблицы массы, сбег и др. для главнейших древесных пород Европейской России / А. А. Крюденер. – СПб. : Тип. Гл. Упр. Уделов, 1913. – 218 с.
57. Кузьмин, В.И. Древесные танидоносные растения Хакасской автономной области В.И. Кузьмичев, Э.М. Гонтарь Растительные ресурсы, 1984. Вып. 3. 128 с.
58. Кузьмичев В. В. Анализ способов определения объема стоящих деревьев и запаса древостоев.— В кн.: Таксационные исследования лесов Сибири. Красноярск: изд. ИЛиД, 19776, с. 91—125.
59. Кузьмичев В. В. Закономерности роста древостоев.— Новосибирск: Наука, Сиб, отя-ние, 1977а.— 157 с.
60. Кулакова Н.Н. Динамика таксационных показателей модальных древостоев лиственницы сибирской в Нижнем Приангарье/ Н.Н. Кулакова, С.Л. Шевелёв, // Вестник КрасГАУ-Красноярск: КрасГАУ, 2017 № 6 – С. 41-44.
61. Кулакова Н.Н. Формирование лесных массивов лиственницы в Нижнем Приангарье/ Н.Н. Кулакова, С.Л. Шевелёв, И.И. Красиков // Хвойные бореальной зоны. – 2016. – Т. 34. № 5-6. – С. 237-240.
62. Курбатский Н.П. Методика исследований хода роста древостоев, установления пригодности существующих и составления новых таблиц хода роста [Текст] / Н.П. Курбатский, Г.А. Мокеев // Вопросы лесной таксации.- 1937.- С. 3-39
63. Курбатский Н.П. Пожары тайги, закономерности их возникновения и развития. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора наук. Красноярск, 1964.

64. Лакин, Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М. : Высшая школа, 1990. – 352 с.
65. Лебков, В. Ф. Закономерности формы древесного ствола хвойных и лиственных пород / В. Ф. Лебков, Н. Ф. Каплина // Лесной вестник. – 2001. – № 5. – С. 49-55.
66. 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.
67. Левин, Э.Д. Комплексная переработка лиственницы/ Э.Д. Левин, О.В. Денисов. – М.: Лесная промышленность, 1978. – 224 с.
68. Лесков Н. Д. Особенности таксационной характеристики ведущего типа леса елово-пихтовых насаждений юго-западных лесхозов Свердловской области. Труды по лесному хозяйству Уральского лесотехнич. ин-та, вып. 3. -Свердловск, 1956.
69. Лесная энциклопедия: В 2-х т., т.2/Гл.ред. Воробьев Г.И.; Ред.кол.: Анучин Н.А., Атрохин В.Г., Виноградов В.Н. и др. - М.: Сов. энциклопедия, 1986.- 631 с.,
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. Мачернис П.И. Динамика основных таксационных показателей и товарной структуры лиственничных древостоев Восточного Саяна / П.И. Мачернис. Лиственница. Межвузовский сборник научных трудов. Красноярск, 1976. Мачернис П.И. – С. 32 - 36.
72. Мачернис П.И. Качественное состояние лиственничников Восточного Саяна / П.И. Мачернис. Лиственница. Межвузовский сборник научных трудов. Красноярск, 1975. – С. 25 - 32.
73. Мачернис П.И., Решетников В.Г. Взаимосвязь некоторых таксационных показателей гнилей с возрастом деревьев лиственницы сибирской /

П.И. Мачернис, В.Г. Решетников. Лиственница. Межвузовский сборник научных трудов. Красноярск, 1983. – С. 29 - 33.

74. Мелехов И. С. Лесоведение. — М.: Лесная промышленность, 1980. — 408 с.

75. Миронова, Т.Н. Изучение и использование лесосечных отходов и коры лиственницы сибирской Т.Н. Миронова, Е.М. Зархина, В.И. Волкова Лиственница: межвуз. сб. науч. тр. Красноярск: СТИ, 1962. –С 152-154.

76. Морозов, Г.Ф. Лекции читанные в Таврическом университете Текст. / Г.Ф. Морозов. Семфинополь, 1920. - 316 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. Нахабцев, И. А. Таксация древесной коры. Методические указания и таблицы процентов коры / И. А. Нахабцев. – Л. : ЛТА, 1990. – 34 с.

79. 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

80. Никитин К. Е. Теория определения .объемов древесных стволов.// К. Е. Никитин— Ужгород: Рад. Закарпатья, 1979.— 51 с.

81. Никитин К. Е., Швиденко А. З. Методы и техника обработки лесоводственной информации/ К. Е. Никитин, А. З. Швиденко — М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 270 с.

82. Никифоров, Г.Ф. К постановке задачи об ускорении процесса экстрагирования таннидов из коры лиственницы /Г.Ф. Никифоров Лиственница: межвуз. сб. науч. тр., Т.29 Красноярск: СТPI, 1968. – С 479-488.

83. Нормативные материалы для таксации лесов Сахалина и Камчатки / подг. Ю.Г. Карташов; отв. ред. А.С. Агеенко. Южно-Сахалинск, 1986. –814 с.

84. Нормативные основы для ведения лесного хозяйства на севере Хабаровского края (концептуальный аспект) / разработ. Н.В. Выводцев, З.А. Выводцева, Е.Ю. Лысун. Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1996. – 66 с.
85. Орлов М. М. Лесная таксация. 3-е изд.— Л.: изд. ж урн.Л есн. хоз-во и лесн. пром-сть, 1929.— 532 с.
86. Поздняков Л.К. Ход роста модальных лиственничных древостоев Алданского нагорья. Ход роста основных лесообразующих пород Сибири (учебное пособие) [Текст] //Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР, Сибирский технологический институт; [сост.: д-р с.-х. наук Э. Н. Фалалеев и др.], Ч. II Красноярск: СТИ, 1975. – С 47-48.
87. Поздняков Л.К. Ход роста модальных лиственничных древостоев Северо-Восточной части Якутской АССР. Ход роста основных лесообразующих пород Сибири (учебное пособие) [Текст] //Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР, Сибирский технологический институт; [сост.: д-р с.-х. наук Э. Н. Фалалеев и др.], Ч. II Красноярск: СТИ, 1975. – С 49-50.
88. Поляков, В.С. Сортиментно-сортная таблица для лиственницы сибирской (Красноярский край.) В.С. Поляков, Мачернис П.И. Справочное пособие по таксации лесов Сибири. Красноярск: СТИ, 1974. –142-143.
89. Поляков, В.С. Сортиментно-сортная таблица для лиственницы сибирской В.С. Поляков, П.И. Мачернис Справочник. Сортиментно-сортные и товарные таблицы для хвойных пород Красноярского края. Красноярск: СТИ, 1976. –С 14-15.
90. Поляков, В.С. Сортиментно-сортные и товарные таблицы для хвойных древостоев Красноярского края / В.С.Поляков. Красноярск: СТИ, –1970.-28 с.
91. Поляков, В.С. Товарная таблица для лиственницы сибирской (Красноярский 1фай В.С. Поляков, П.И. Мачернис Справочное пособие по таксации лесов Сибири. Красноярск: СТИ, 1974. –188-189.
92. Пчелинцев, В.И. Исследование формы стволов лиственницы сибирской в бассейне р. Енисея дис, канд. с.-х. наук 06.03.02 защищена 14.12.84/В.И Пчелинцев. -Красноярск, 1984. –166 с.

93. Пчелинцев, В.И. Таксация коры лиственницы В.И. Пчелинцев
Лиственница: проблемы комплексной переработки. Красноярск: СТИ, 1987. –С.9-
14.
94. Репях С.М. Химия и технология коры хвойных С М Репях, Т.В.
Рязанова Красноярск: СибГТУ, 1996. –329 с.
95. Седых В.Н. Лесообразовательный процесс/ В.Н. Седых.- Научное
издание. — Новосибирск: Наука, 2009. — 164 с.:
96. 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
97. Соколов, А.И. Лесовосстановление на вырубках Северо-Запада России
/ А.И. Соколов. - Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2006. – 215 с.
98. Соколов, В. А. Организация лесопользования в Нижнем Приангарье В.
А. Соколов, С К. Фарбер. -Красноярск: Изд-во СО РАН, 1999. – 217 с.
99. Сочава В.Б. Лиственничные леса / В.Б. Сочава. Растительный покров
СССР. Пояснительный текст к геоботанической карте СССР. Т - 1. -М - Л.,1956. -
С. 249 - 318.
100. Справочник для таксации лесов Дальнего Востока / отв. сост. и ред.
В.Н. Корякин. Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1990. 526 с. 17. Справочник для учета
лесных ресурсов Дальнего Востока / отв. сост. и науч. ред. В.Н. Корякин.
Хабаровск: ДальНИИЛХ, 2010. – 527 с.
101. 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.
102. Строчинский А. А ., Швиденко А. З . Исследование формы и полнодре-
весности стволов ели в украинских Карпатах.— Лесн. журн., 1977, № 1, с. 1 0 -1 6 .
103. Суприянович, Н. Е. Строение и рост сосняков Приангарья /Н. Е.
Суприянович // Таксационные исследования лесов Сибири. – 1977. – С. 31-75.
104. Тетенькин А.Е. Схема лесотаксационного районирования Сибири /
Сортиментные и товарные таблицы для древостоев Западной и Восточной Сибири

(Составители : Фалалеев Э.Н., Семечкин И.В. , Шевелёв С.Л. и др.). Красноярск , 1991 . - 146с.

105. Тетенькин А.Е., Бусоедов В.Г. Ход роста модальных лиственничных древостоев водоохранной зоны оз.Байкал. Ход роста основных лесобразующих пород Сибири (учебное пособие) [Текст] //Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР, Сибирский технологический институт; [сост.: д-р с.-х. наук Э. Н. Фалалеев и др.], Ч. II Красноярск: СТИ, 1975. - С 40-41.

106. Тихомиров Б.Н. Ход роста сибирской лиственницы по исследованиям в Хакасском округе Сибирского края/А.Н. Тищенко, Б.Н. Тихомиров. - Изд.Сиб.ин-та с.-х. и лесоводства, 1929-43с – труды по лесному опытному делу/Т2). -81с.

107. Тихомиров Б.Н., Тищенко И.А. Ход роста сибирской лиственницы по исследованиям в Хакасском округе Сибирского края.-Труды по лесному опытному делу. Вып.3. Омск, 1929, с.15-17.

108. Тихомиров, Б.Н. К учету коры лиственницы /Б.Н. Тихомиров, З.В. Медведева Лиственница; межвуз. сб. науч. тр. Красноярск: СТИ, 1964.-№39. –С. 24-27.

109. Тихомиров, Б.Н. Лиственничные леса Сибири и Дальнего Востока Б.Н. Тихомиров, И.Ю. Коропачинский, Э.Н. Фалалеев. М., 1961. – 163 с.

110. Тихомиров, Б.Н. Таблицы для таксации лиственницы сибирской //Б.Н Тихомиров, М.А. Данилин сб. / Красноярск: СТИ, 1964. –С 64-81.

111. Ткаченко М. Е. Закон объемов древесных стволов и его значение для массовых и сортиментных таблиц.— Сел. хоз-во и лесоводство, 1911, № 9, –С. 65 - 83 .

112. Ткаченко М. Е. Общее лесоводство./ М. Е Ткаченко.— М.: Гослесбумиздат, 1955. – 598 с.

113. Торохов, С.В. Лиственница в лесах Архангельской области: состояние, динамика, использование / С.В. Торохов, Д.В. Трубин // Лиственничные леса Архангельской области, их использование и воспроизводство: материалы регионального рабочего совещания. Архангельск, 2002. — С.5-22

114. Третьяков Н. В. Закон единства в строении насаждений. / Н. В. Третьяков — М.— Л.; Новая деревня, 1927,— 113 с.
115. Третьяков Н. В. Некоторые положения советской лесной таксации,— В кн.: Справочник таксатора. / Н. В. Третьяков М.— Л.: Гослесбумиздат, 1952, с. 18-62.
116. Третьяков Н. В. Определение объема древесного ствола с помощью трех обмеров.— Пг.: тип. М. А. Александрова, 1915,— 66 с.
117. Тюрин, А. В. Таксация леса / А. В. Тюрин. — М. : Гослестехиздат. — 1945. — 376 с.
118. Третьяков, Н. В. Справочник таксатора / Н. В. Третьяков, П. В. Горский, Г. Г. Самойлович. — М. ; Л. : Гослесбумиздат, 1952. — 853 с.
119. Усольцев В.А. биологическая продуктивность лиственницы в разных регионах Евразии //В.А. Усольцев, Д.С. Гаврилин, А.А. Маленко, А.В. Борников. Вестник Алтайского государственного аграрного университета № 2 (112), 2014 – С 70-74.
120. Фалалеев Э. Н. Справочное пособие по таксации лесов Сибири / Э. Н. Фалалеев, И. М. Данилин, Э. К. Соколов. – Красноярск : СТИ, 1974. – 216 с.
121. Фалалеев Э. Н. Ход роста основных лесобразующих пород Сибири: учеб. пособие / Э. Н. Фалалеев. – Красноярск : СТИ, 1975. – 196 с.
122. Фалалеев Э. Н., Соколов, Э. К., / Ход роста основных лесобразующих пород Сибири (учебное пособие) [Текст] Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР, Сибирский технологический институт; [сост.: д-р с.-х. наук Э. Н. Фалалеев и др.], Ч. II Красноярск: СТИ, 1975. - 195 с. - табл.
123. Фалалеев Э.Н., Павлов Н.В. Ход роста лиственничных древостоев, расположенных в верхнем течении р.Лены. Ход роста основных лесобразующих пород Сибири (учебное пособие) [Текст] //Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР, Сибирский технологический институт; [сост.: д-р с.-х. наук Э. Н. Фалалеев и др.], Ч. II Красноярск: СТИ, 1975. - С 42.
124. Фалалеев Э.Н., Поляков В.С. Ход роста лиственничных древостоев среднего и нижнего течения р.Ангара. Ход роста основных лесобразующих пород

Сибири (учебное пособие) [Текст] // Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР, Сибирский технологический институт; [сост.: д-р с.-х. наук Э. Н. Фалалеев и др.], Ч. II Красноярск: СТИ, 1975. - С 13-17.

125. Фалалеев, Э.Н. Сортиментно-сортная таблица для древостоев лиственницы сибирской (Нижнее Приангарье) Текст. / Э.Н. Фалалеев, С.Л. Шевелёв // Справочное пособие по таксации лесов Сибири. -Красноярск, 1974. 141 с.

126. Ход роста основных лесообразующих пород Сибири. Ч. II.— Красноярск: изд. СТИ, 1975.— 112 с.

127. Цыбуков В.Н., Измоденов А.Г. Таблицы хода роста лиственничных лесов Среднего и Нижнего Приамурья./ В.Н. Цыбуков, А.Г. Измоденов М., 1971. 33 с

128. Чуенков В.С. Строение и товарная структура лиственничных лесов Амурской области. Автореферат кандидатской диссертации.М., 1961. - 20с.

129. Чупрова Н.А. Исследование химического состава водных компонентов лиственницы сибирской Н.А.Чупрова [и др.] Химия и химическая технология древесины: сб. тр. Красноярск, 1975. Выш.3.- 19-105.

130. Швиденко А.З. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесообразующих пород северной Евразии (нормативно-справочные материалы) [Текст]. / А.З. Швиденко [и др.]. -М.: Федеральное агентство лесного хозяйства, 2006. - 803 с.

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

132. Шевелёв С.Л. Сортиментные и товарные таблицы для лиственницы сибирской ./ Сортиментные и товарные таблицы для древостоев Западной и Восточной Сибири. - Красноярск, 1991. – 146с.

133. Шевелев С.Л. Некоторые закономерные связи размерных характеристик коры деревьев лиственницы сибирской в Хакасии /С.Л. Шевелев, А.Н. Кучеренко Лиственница и ее комплексная переработка. Красноярск, 1988. –7-11.

134. Шевелёв С.Л. Пороки лиственницы в левобережной части Нижнего Приангарья / Лиственница. Межвузовский сборник научных трудов. Красноярск. : СТИ, 1986. – С. 9 - 12.
135. Шевелев С.Л. Таксация коры в лиственничных древостоях центральной части Средней Сибири /С.Л Шевелев, В.Н. Евстафьев Лесная таксация и лесоустройство. Красноярск: СибГТУ, 2007.
136. Шевелёв С.Л. Форма стволов лиственницы Хакасии/ Лиственница. Межвузовский сборник научных трудов. Красноярск, 1984. –С. 10 - 13 .
137. Шурдук И. Ф. О возможности улучшения качественного состояния среднетаежных брусничных лиственничников Якутии / И. Ф. Шурдук, И. Б. Иванов // Ботанические исследования в криолитозоне. - Якутск, 1992. –с. 143 - 153.
138. Ярцева, Н.А. Танидоносность коры лиственницы сибирской и даурской Н.А. Ярцева Биологический ресурсы лесов Сибири Красноярск, 1980. – С 113-137.
- 139 Grossman, H. Ergebnisse der in Jare 1957 durchgefuehrten Holzvorrats und Zuwachsinventur im Plenterwald Keula / H. Grossman // Arch. Fur Forstwesen. – 1959.– H. 6/7. – S. 666-680.
- 140 Grossman, H. Versuche zur Rationalisierung der Met ho-dik von Holzvarrotsinventuren auf mathematisch – statistischer Grundlage / H. Grossman, G. Wolff // Arch. Fur Forstwesen. – 1963. – H. 12 . – S. 77-101.
- 141 Kunze Untersuchungen liber die Genauigkeit der Inhaltsberechnung der Stamme aus. Mittenstarke und Lange Kunze. 1912. -136 p.
- 142 Schiffel A. Form und Inhalt der Fichte.— Mitteil. Forst. Versuchswesen Osterr., Wien,1905, H. XXXI. 122 S.
- 143 Schiffel A. Form und Inhalt der Tanne.— Mitteil. Forst. Versuchswesen Osterr.,Wien, 1908, H. XXXIV. 96 S.
- 144 Richter, A. Untersuchungen für Probekreisgrosse und Netzpunktdichte bei Holzvorratsinventuren / A.Richter, H. Grossmann // "Archiv für Forstwesen". Nr. 8, 1959. S. 976-1016.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Определение нормальности рядов распределения таксационных показателей

Таблица А.1 – Определение нормальности ряда распределения средних возрастов

Классовые варианты (возраст)	Частоты		Накопленные Частоты		Разница $(\Sigma p - \Sigma p')=d$
	эмпирические (полученные) р	теоретические (выровненные) р'	эмпирические (полученные) Σp	теоретические (выровненные) $\Sigma p'$	
20	4,7	2,26	4,7	2,26	2,44
40	2,6	3,94	7,2	6,2	1,00
60	4,5	6,17	11,8	12,37	0,57
80	7,2	8,98	19,0	21,05	2,05
100	11,1	11,29	30,1	32,64	2,54
120	16,3	12,91	46,4	45,55	0,85
140	13,5	13,31	59,9	58,86	1,04
160	9,9	12,29	69,8	71,15	1,35
180	9,2	10,26	79,0	81,41	2,41
200	4,7	7,76	83,7	89,17	5,47
220	4,7	5,06	88,3	94,23	5,93
240	5,1	3,13	93,5	97,36	3,86
260	5,2	1,78	98,7	99,14	0,44
280	1,3	0,86	100	100	0,00

$$\lambda = \frac{(\Sigma p - \Sigma p')_{\max}}{\sqrt{n}} = \frac{d_{\max}}{\sqrt{n}} = \frac{5,93}{\sqrt{100}} = 0,59$$

Таблица А.2 – Определение нормальности ряда распределения средних диаметров

Классовые варианты (диаметр)	Частоты		Накопленные Частоты		Разница $(\Sigma p - \Sigma p')=d$
	эмпирические (полученные) р	теоретические (выровненные) р'	эмпирические (полученные) Σp	теоретические (выровненные) $\Sigma p'$	
1	2	3	4	5	6
4	5,8	0,19	5,8	0,19	5,61
8	1,3	0,83	7,1	1,02	6,08
12	2,8	2,72	9,9	3,74	6,16
16	5,4	7,97	15,3	11,71	3,59
20	8,5	14,52	23,8	26,23	2,43

Продолжение таблицы А.2

1	2	3	4	5	6
24	23,4	19,57	47,2	45,8	1,40
28	19,3	19,14	66,5	64,94	1,56
32	9,6	15,38	76,1	80,32	4,22
36	9,1	9,42	85,2	89,74	4,54
40	7,3	5,54	92,5	95,28	2,78
44	4,2	2,68	96,7	97,96	1,26
48	2,1	1,16	98,8	99,12	0,32
52	0,7	0,37	99,5	99,49	0,01
56	0,3	0,21	99,7	99,7	0,00
60	0,2	0,3	100	100	0,00

$$\lambda = \frac{(\Sigma p - \Sigma p') \max}{\sqrt{n}} = \frac{d_{max}}{\sqrt{n}} = \frac{6,16}{\sqrt{100}} = 0,62$$

Таблица А.3 – Определение нормальности ряда распределения средних высот

Классовые варианты (высота)	Частоты		Накопленные Частоты		Разница $(\Sigma p - \Sigma p')=d$
	эмпирические (полученные) р	теоретические (выровненные) р'	эмпирические (полученные) Σp	теоретические (выровненные) $\Sigma p'$	
2	3,73	0,50	3,7	0,5	3,23
4	1,05	0,50	4,78	1	3,78
6	0,47	0,50	5,24	1,5	3,74
8	0,82	0,50	6,06	2	4,06
10	0,82	0,50	6,88	2,5	4,38
12	0,82	0,50	7,69	3	4,69
14	1,05	0,500	8,74	3,5	5,24
16	1,63	0,60	10,37	4,1	6,27
18	2,80	1,53	11,17	5,63	5,54
20	4,43	3,83	17,6	9,46	8,14
22	11,07	12,19	28,67	21,65	7,02
24	22,14	26,16	50,82	47,81	3,01
26	28,79	28,72	79,6	76,53	3,07
28	15,97	17,03	95,57	93,56	2,01
30	4,31	5,82	99,88	99,38	0,50
35	0,12	0,62	100	100	0,00

$$\lambda = \frac{(\Sigma p - \Sigma p') \max}{\sqrt{n}} = \frac{d_{max}}{\sqrt{n}} = \frac{8,14}{\sqrt{100}} = 0,81$$

Таблица А.4 – Определение нормальности ряда распределения средних
ПОЛНОТ

Классовые варианты (полнота)	Частоты		Накопленные Частоты		Разница $(\Sigma p - \Sigma p')=d$
	эмпирические (полученные) р	теоретические (выровненные) р'	эмпирические (полученные) Σp	теоретические (выровненные) $\Sigma p'$	
0,3	4,8	1,31	4,8	1,31	3,49
0,4	8,5	5,97	13,3	7,28	6,02
0,5	16,4	19,8	29,7	27,08	2,62
0,6	33,4	33,03	63,1	60,11	2,99
0,7	26,5	26,55	89,6	86,06	3,54
0,8	8,4	10,35	98	97,01	0,99
0,9	1,5	2,34	99,5	99,35	0,15
1,0	0,5	0,65	100	100	0,00

$$\lambda = \frac{(\Sigma p - \Sigma p') \max}{\sqrt{n}} = \frac{d_{\max}}{\sqrt{n}} = \frac{6,02}{\sqrt{100}} = 0,60$$

Таблица А.5 – Определение нормальности ряда распределения запасов

Классовые варианты (запас)	Частоты		Накопленные Частоты		Разница $(\Sigma p - \Sigma p')=d$
	эмпирические (полученные) р	теоретические (выровненные) р'	эмпирические (полученные) Σp	теоретические (выровненные) $\Sigma p'$	
50	6,5	0,79	6,5	0,79	5,71
100	5,6	3,94	12,1	4,73	7,37
150	15,3	17,95	27,4	22,68	4,72
200	33,9	34,9	61,3	57,58	3,72
250	28,3	29,07	89,6	86,65	2,95
300	8,4	10,66	98	97,31	0,69
350	1,7	2,01	99,7	99,32	0,38
400	0,3	0,68	100	100	0,00

$$\lambda = \frac{(\Sigma p - \Sigma p') \max}{\sqrt{n}} = \frac{d_{\max}}{\sqrt{n}} = \frac{7,37}{\sqrt{100}} = 0,74$$

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Определение степени согласованности рядов распределения

Таблица Б.2 – Определение степени согласованности рядов распределения средних диаметров

Классовые варианты (диаметр)	Частоты		Накопленные Частоты		Разница $(\Sigma p - \Sigma p') = d$
	эмпирические (полученные) p	теоретические (по р.Тыва) p'	эмпирические (полученные) Σp	теоретические (по р.Тыва) $\Sigma p'$	
4	0,9	0,6	0,9	0,6	0,3
8	1,6	0,9	2,5	1,5	1
12	3,5	2,2	6	3,7	2,3
16	7,5	5,3	13,5	9	4,5
20	13,3	11,6	26,8	20,6	6,2
24	18,3	20,3	45,1	40,9	4,2
28	19,3	24,4	64,4	65,3	0,9
32	15,6	18,7	80	84	4
36	9,7	9,8	89,7	93,8	4,1
40	4,8	4,2	94,5	98	3,5
44	2,1	1,6	96,6	99,6	3
48	1,1	0,4	97,7	100	2,3
52	0,8	0	98,5	100	1,5
56	0,8	0	99,3	100	0,7
60	0,7	0	100	100	0

$$\chi = \frac{(\Sigma p - \Sigma p')_{\max}}{\sqrt{n}} = \frac{d_{\max}}{\sqrt{n}} = \frac{6,2}{\sqrt{100}} = 0,62$$

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

Значения коэффициентов формы у деревьев различного диаметра

Таблица В.1 – Значения коэффициентов формы у деревьев различного диаметра

Коэффициент формы	Степень толщины, см											
	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52
<i>q_{0в} коре</i>	1,81	1,68	1,64	1,57	1,63	1,47	1,53	1,36	1,39	1,32	1,31	1,24
<i>q_{0без} коры</i>	1,59	1,67	1,55	1,41	1,51	1,25	1,37	1,26	1,34	1,28	1,26	1,12
<i>q_{1в} коре</i>	0,91	0,89	0,87	0,83	0,83	0,82	0,79	0,81	0,76	0,79	0,77	0,75
<i>q_{1без} коры</i>	0,91	0,92	0,87	0,86	0,84	0,85	0,81	0,83	0,79	0,81	0,81	0,75
<i>q_{2в} коре</i>	0,73	0,71	0,71	0,67	0,67	0,67	0,64	0,65	0,63	0,62	0,64	0,59
<i>q_{2без} коры</i>	0,73	0,75	0,72	0,70	0,68	0,69	0,66	0,67	0,66	0,65	0,67	0,62
<i>q_{3в} коре</i>	0,52	0,47	0,48	0,46	0,43	0,45	0,41	0,44	0,41	0,41	0,45	0,43
<i>q_{3без} коры</i>	0,50	0,48	0,49	0,46	0,43	0,45	0,42	0,47	0,43	0,44	0,48	0,45
<i>f_c в коре</i>	0,55	0,51	0,52	0,49	0,49	0,50	0,46	0,48	0,46	0,43	0,44	0,40
<i>f_c без коры</i>	0,55	0,54	0,54	0,52	0,51	0,52	0,48	0,50	0,49	0,45	0,44	0,43

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(обязательное)

Корреляционный анализ основных параметров модельных деревьев

Таблица Г.1 – Корреляционный анализ основных параметров модельных деревьев

Параметры	H, м	A, лет	D _{1,3BK} , см	D _{1/2BK} , см	V _{CTBK} , м ³	q _{2BK}	f _{CBK}
H, м	1						
A, лет	0,388	1					
D _{1,3BK} , см	0,791	0,462	1				
D _{1/2BK} , см	0,786	0,422	0,955	1			
V _{CTBK} , м ³	0,772	0,425	0,946	0,943	1		
q _{2BK}	-0,264	-0,298	-0,392	-0,129	-0,254	1	
f _{CBK}	-0,380	-0,117	-0,343	-0,186	-0,199	0,606	1

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

(обязательное)

Корректировка объемов комлевых сортиментов различной длины

Таблица Д.1– Корректировка объемов комлевых сортиментов длиной 3 м

$D_{в.о.}, \text{ см}$	$Z, \%$	Доля	Объем исходный по ГОСТ 2708-75, м^3	Объем корректированный, м^3
4	1,2	1,01	0,0065	0,007
5	1,3	1,01	0,0088	0,009
6	1,4	1,01	0,012	0,012
7	1,5	1,01	0,015	0,015
8	1,6	1,02	0,017	0,017
9	1,6	1,02	0,021	0,021
10	1,7	1,02	0,026	0,026
11	1,8	1,02	0,032	0,033
12	1,9	1,02	0,038	0,039
13	2,0	1,02	0,045	0,046
14	2,1	1,02	0,052	0,053
16	2,2	1,02	0,069	0,071
18	2,4	1,02	0,086	0,088
20	2,6	1,03	0,107	0,110
22	2,7	1,03	0,13	0,134
24	2,9	1,03	0,157	0,162
26	3,1	1,03	0,185	0,191
28	3,2	1,03	0,22	0,227
30	3,4	1,03	0,25	0,259
32	3,6	1,04	0,28	0,290
34	3,7	1,04	0,32	0,332
36	3,9	1,04	0,36	0,374
38	4,1	1,04	0,39	0,406
40	4,3	1,04	0,43	0,448
42	4,4	1,04	0,47	0,491
44	4,6	1,05	0,52	0,544
46	4,8	1,05	0,57	0,597
48	4,9	1,05	0,62	0,650
50	5,1	1,05	0,67	0,704
52	5,3	1,05	0,73	0,768
54	5,4	1,05	0,8	0,843
56	5,6	1,06	0,86	0,908

Таблица Д.2– Корректировка объемов комлевых сортиментов длиной 8 м.

$D_{в.о.}, \text{ см}$	$Z, \%$	Доля	Объем исходный по ГОСТ 2708-75, м^3	Объем корректированный, м^3
4	-9,3	0,91	0,026	0,024
5	-8,5	0,92	0,036	0,033
6	-7,6	0,92	0,047	0,043
7	-6,8	0,93	0,058	0,054
8	-6,0	0,94	0,071	0,067
9	-5,2	0,95	0,084	0,080
10	-4,5	0,96	0,1	0,096
11	-3,7	0,96	0,12	0,116
12	-3,0	0,97	0,138	0,134
13	-2,4	0,98	0,158	0,154
14	-1,7	0,98	0,179	0,176
16	-0,4	1,00	0,22	0,219
18	0,7	1,01	0,28	0,282
20	1,8	1,02	0,33	0,336
22	2,8	1,03	0,4	0,411
24	3,6	1,04	0,47	0,487
26	4,4	1,04	0,54	0,564
28	5,1	1,05	0,63	0,662
30	5,7	1,06	0,72	0,761
32	6,2	1,06	0,82	0,871
34	6,7	1,07	0,92	0,981
36	7,0	1,07	1,02	1,091
38	7,2	1,07	1,13	1,212
40	7,4	1,07	1,25	1,342
42	7,4	1,07	1,38	1,483
44	7,4	1,07	1,51	1,622
46	7,3	1,07	1,65	1,770
48	7,0	1,07	1,8	1,927

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

(обязательное)

Статистическая характеристика рядов отклонений объемов сортиментов

Таблица Е.1 – Статистическая характеристика рядов отклонений объемов сортиментов длиной 8 м (%).

Отклонение, %													
Ступени толщины	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56
Среднее	-3,3	-9,9	-7,6	-5,5	-0,2	-0,5	5,9	6,9	4,2	10,4	5,1	5,4	5,1
Стандартная ошибка	5,00	5,48	2,23	1,71	1,82	1,66	2,19	1,65	2,70	2,60	2,59	2,28	2,86
Медиана	-9,12	-18,57	-8,02	-5,24	-1,09	0,27	4,39	7,50	4,71	9,80	4,90	3,56	6,59
Мода	-	-	-	-7,5	16,4	0,7	-	-	-	-	-	-	-
Стандартное отклонение	12,3	22,6	13,0	11,6	12,1	10,7	12,2	7,2	14,0	10,1	7,8	7,2	6,4
Дисперсия выборки	150,18	510,18	168,55	133,88	145,42	115,33	148,43	51,51	196,72	101,14	60,19	52,16	40,90
Экцесс	-0,64	1,06	1,05	0,00	3,15	0,88	-0,04	0,26	0,01	-0,23	-1,16	0,69	-0,01
Асимметричность	1,10	1,42	0,87	0,03	1,13	0,44	0,45	0,67	0,21	0,31	-0,40	1,27	-0,33
Интервал	29,18	76,24	54,78	52,21	66,85	53,98	49,25	27,01	60,26	35,04	21,89	22,26	16,97
Предельные значения	-12,9-16,3	-34,6-41,7	-28,5-26,3	-32,3-19,9	-22,7-44,1	-21,4-32,5	-15,4-33,9	-2,6-24,4	-25,0-35,2	-6,8-28,2	-7,5-14,4	-3,1-19,2	-3,9-13,1

Таблица Е.2 – Статистическая характеристика рядов отклонений объемов сортиментов длиной 3 м (%).

Ступени толщины	Отклонение, %												
	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56
Среднее	-0,5	4,6	2,6	2,6	3,8	2,7	6,0	-3,0	1,6	-1,0	3,2	8,4	8,1
Стандартная ошибка	4,2	2,6	2,7	1,4	2,0	2,0	2,2	2,9	3,0	2,0	2,3	2,1	3,3
Медиана	-1	3,61	1,5	3,9	-0,2	1,18	5,63	-5,6	0,33	-0,8	1,59	6,81	8,86
Мода	-	-	-	2,6	6,6	-1,1	-	-8,4	-	-0,8	-3,3	-	-
Стандартное отклонение	10,2	10,8	15,7	9,6	13,0	13,1	12,3	12,5	15,7	7,7	6,9	6,5	7,3
Дисперсия выборки	104,69	116,99	246,65	91,40	169,12	172,35	152,13	155,79	245,93	59,67	47,37	42,29	53,24
Экцесс	0,48	0,86	0,67	0,75	5,39	0,88	-0,04	1,47	2,59	3,51	-1,10	-1,82	-0,96
Асимметричность	0,56	0,84	0,52	-0,34	1,98	0,64	0,08	-0,71	0,83	1,59	0,60	0,08	-0,41
Интервал	29,40	42,04	77,67	45,60	70,13	60,68	51,51	53,45	82,04	29,89	18,38	16,82	18,39
Предельные значения	-13,5-16,0	-12,1-30,0	-30,9-46,8	-20,8-24,8	-13,9-56,2	-20,1-40,6	-17,9-33,6	-36,2-17,3	-35,1-47,0	-9,4-20,5	-3,3-15,0	0,3-17,1	-2,0-16,4