



На правах рукописи

Кулакова Надежда Николаевна
«Структура, динамика и особенности таксации лиственничников в
Нижнем Приангарье»
06.03.02 – Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация

Автореферат
Диссертации на соискание ученой степени кандидата
сельскохозяйственных наук

Красноярск, 2019

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева» г. Красноярск.

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Шевелев Сергей Леонидович

Официальные оппоненты: **Выводцев Николай Васильевич**,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор; ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет», заведующий кафедрой технологии лесопользования и ландшафтного строительства

Иванов Виктор Васильевич,
кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ СО РАН), Институт леса им. В.Н. Сукачева Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН (ИЛ СО РАН), старший научный сотрудник лаборатории лесоведения и почвоведения

Ведущая организация: **ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»**

Защита состоится 19.12.2019 г. в 12⁰⁰ на заседании диссертационного совета Д 212.249.06 при ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева» по адресу :660049 г.Красноярск, пр. Мира, 82.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева» и на сайте СибГУ: www.sibsau.ru

Автореферат разослан 18 октября 2019 г.

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



Репях Марина Вадимовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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 качественное состояние 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 [Тихомиров, Тищенко, 1929].

Однако, на территории Нижнего Приангарья в лиственничных насаждениях исследования велись в основном с позиции лесоводства и лесной типологии [Бузыкин, 1982].

Фрагментарно особенностям таксации, построению таксационных нормативов лиственничников района исследования посвящены работы Э.Н. Фаллалеева [1975], В.С.Полякова [1970,1976], В.И. Пчелинцева [1984,1987] и др.

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

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 Нижнем Приангарье. А также в разработке положения о близости строения лесных массивов Нижнего Приангарья и Республики Тыва.

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 с использованием метода пробных площадей с учетом требований ОСТ-56-69-83 «Пробные площади лесоустроительные. 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 наименований, в том числе 6 на иностранных языках.

Работа включает 56 таблиц, 40 рисунков, 6 приложений.

1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

В данном разделе приведена биолого-экологическая характеристика лиственницы сибирской, а также выполнен обзор таксационных исследований, посвящённых этой породе [Дылис, 1981; Дитрих, 1970; Выводцев, 1984].

Первым исследованием этого направления в Приенисейской Сибири следует считать разработку таблицы хода роста нормальных древостоев лиственницы сибирской в Хакасии, выполненную Б.Н. Тихомировым, А.Н. Тищенко [1929]. Пионерами в области оценки сортиментной структуры лиственничников были Б.Н. Тихомиров [1961] и М.С. Богдашин [1940], разработавшие сортиментные и товарные таблицы для таксации лиственничных древостоев бассейна рек Маны и Кана и Восточного Саяна.

Дальнейшие исследования в области совершенствования базы таксации лиственницы в Приенисейской Сибири осуществлены Б.Н. Тихомировым, М.А. Данилиным [1964]; В.С. Поляковым, П.И. Мачернисом [1974]; Л.В. Донченко [1974]; Э.Н. Фалалеевым, С.Л. Шевелевым [1974]; С.Л. Шевелевым [1986, 1996].

Лиственница является наиболее распространенной на территории России породой, кора которой содержит дубильные вещества, к тому же у этой очень толстокорой породы, кора является фактором, значимо влияющим на форму стволов.

Сведения об объемах коры лиственницы и методах её оценки получены из работ: М.С. Богдашина [1929]; В.И. Дитриха [1970]; П.В. Воропанова [1982]; В.В. Голикова [1982]; С.Л. Шевелева, А.Н. Кучеренко [1988]; В.Н. Евстафьева [2007] и др.

2 ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

Территория Нижнего Приангарья располагается в бассейне нижнего течения реки Ангара и среднего участка Енисея.

Климат района резко континентальный, характеризуется долгой малоснежной зимой и непродолжительным тёплым дождливым летом.

Для района исследования характерно относительно небольшое количество атмосферных осадков – около 300 мм в год, причём на тёплый период (апрель-октябрь) приходится 82,2 % от годовой суммы. Первые осенние заморозки отмечены 12 августа, поздние весенние 26 июня. Отрицательное влияние на растительность низких температур компенсируется большим количеством солнечных дней и большой продолжительностью светового дня в вегетационный период.

Территория исследования расположена в пределах Средне-Сибирского плоскогорья и характеризуется разнообразием видов таежных ландшафтов (горнотаёжных, плоскогорно-таежных, холмисто-грядовых, подтаёжных). Преобладающие высоты 500-600 м. Почвы в основном подзолистого типа.

Район обладает густой гидрологической сетью, относящейся к бассейну нижнего течения р. Ангара.

В числе лесообразующих пород преобладает сосна и лиственница, кедровыми насаждениями занято до 10 % покрытых лесом земель. В лесах Нижнего Приангарья выделено 16 типов сосновых лесов, 13 типов лиственничных, 10 еловых, 5 пихтовых, 9 березовых и 6 осиновых. Все выделенные типы леса объединены в 8 групп типов леса. Производительность лиственничный древостоев имеет амплитуду от I до V^a класса бонитета.

3 МЕТОДИКА СБОРА ДАННЫХ И ОБЪЕМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

В основу полевых исследований положен метод пробных площадей, закладка которых велась в соответствии с требованиями ГОСТ 56-69-83 «Пробные площади лесоустойчивые. Методы закладки» [1982]. На пробах производились: сплошной пересчет, замеры высот деревьев, описание подроста и подлеска, напочвенного покрова, а также отбор, рубка и обмер модельных деревьев.

Всего в работе использованы материалы 10 пробных площадей с рубкой и обмером 392 модельных деревьев. Кроме того, были использованы материалы натурные таксации в объеме 858 таксационных выделов с преобладанием лиственницы сибирской, 663 из которых были представлены лиственничниками разнотравной группы типов леса и 183 лиственничниками зеленомошной группы. В незначительном количестве были учтены лиственничники багульниковой группы типов леса.

Согласно лесорастительного районирования Института леса СО РАН им. В.Н. Сукачева регион исследования относится к Нижнеангарскому таежному району.

4 ФОРМИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ МАССИВОВ ЛИСТВЕННИЦЫ В НИЖНЕМ ПРИАНГАРЬЕ

В.Н. Седых [2009] отмечал, что в связи с возникающей потребностью в оценке лесообразовательного процесса обширных лесных территорий целесообразно вернуться к понятию «лесной массив» как части лесного покрова.

Г.Ф. Морозов [1920] выделял шесть факторов, определяющих лесообразовательные процессы, каждый из которых является совокупностью отдельных, индивидуально менее значимых факторов, в своём сочетании создающих природное разнообразие условий среды, определяющих формирование и естественную дифференциацию древостоев в лесных массивах.

Эта дифференциация ограничивается определенными лимитирующими факторами, разграничивающими однородные географические регионы, а в их пределах природные ландшафты определяют границы лесных массивов.

Особенности структуры лесных массивов рассмотрены Н. Grossman [1959, 1963], В.Ф. Лебковым [1965], Н.М. Глазовым [1976], А.Г. Мошкалевым [1982], А.З Швиденко, Л.Н. Ващуком [2006], И.С. Мелеховым [1980], Р.А. Зиганшиным [2014], В.В. Ивановым [2019] и др.

Исследования Н. Grossman [1959, 1963], Н.М. Глазова [1976], А.Г. Мошкалева [1982], И.И. Красикова, С.Л. Шевелева [2009, 2013] доказали наличие определенных закономерности в распределении древостоев с различными таксационными показателями в пределах ненарушенных лесных массивов, которые можно выразить математически.

Анализ структуры, расстроенных в результате антропогенного воздействия или воздействия природных экзогенных факторов, лесных массивов дает возможность судить об их устойчивости как биологической системы.

В настоящей работе лесной массив лиственничников был выделен из лесного фонда Богучанского и Чунского лесничества на базе методических положений, изложенных в работах И.И. Красикова, С.Л. Шевелёва [2009,2013].

Н. Grossman [1959,1963], Н.М. Глазов [1976], оценивали степень однородности (расстроенности) лесного массива по степени варьирования в нём запасов. В основу оценки положен метод так называемых «проб варьирования» [Grossman, 1959,1963].

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

В ходе исследования решались следующие задачи:

- установление структуры массива по основным средним таксационным показателям древостоев;
- установление степени однородности лесного массива;
- выявление особенностей возрастной динамики, отраженных в характере сочетания возрастных групп древостоев;

- сравнительный анализ с целью выявления региональных особенностей структуры массива лиственницы.

Статистическая обработка рядов средних таксационных показателей показала на достаточно большое разнообразие древостоев сформировавших лесной массив, что нашло отражение в величине коэффициентов варьирования (таблица 1).

Таблица 1 – Величина варьирования таксационных показателей

Таксационные показатели	Высота средняя, м	Диаметр средний, см	Полнота	Бонитет	Возраст средний, лет	Запас, м ³ /га
Коэффициент изменчивости, %	27,1	37,7	21,9	23,8	46,0	34,9
Точность опыта, %	0,9	1,3	0,8	0,8	1,6	1,2

При этом величина точности опыта свидетельствует о достаточности и репрезентативности исходных данных. Максимальные значения признаков значительны – средняя высота достигает 35 м, средний диаметр 60 см, полнота 1,0, средний возраст 280 лет запас 400 м³/га.

Древостой лесного массива достаточно продуктивен для условий Приенисейской Сибири, средняя величина класса бонитета менее III (2,7). В незначительном количестве учтены древостоя лиственницы I класса бонитета.

Массив представлен, в основном спелыми и перестойными древостоями 69,9%, что является свидетельством его ограниченной нарушенности. Доля молодняков незначительна – менее 10% от общего числа древостоев.

Аппроксимация рядов среднего возраста древостоя, средних диаметров, средних высот и запасов показала, что они с достаточной степенью адекватности отображаются уравнением Гаусса:

$$y=a*\exp(-(b-x)^2)/(2*c^2)) \quad (1)$$

Коэффициенты уравнений и показатели адекватности приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Коэффициенты уравнений и показатели адекватности

Таксационный показатель древостоя	Коэффициенты уравнений			Коэффициент детерминации (R ²)	Стандартная ошибка (S)
	a	b	c		
Высота средняя, м	27,949	25,427	2,496	0,96	1,66
Диаметр средний, см	18,829	26,798	7,524	0,79	3,33
Полнота	32,915	0,620	0,115	0,96	2,75
Запас, м ³ /га	34,835	214,248	53,099	0,96	3,06

Ряды относительных полнот и запасов были стратифицированы по возрастным группам, объединяющим два двадцатилетних класса возраста.

Изменчивость запасов лиственничников в пределах страт лежит в пределах 19,5 - 30,6 %.

Определенной закономерности в изменении коэффициента вариации не наблюдалось. Можно отметить только некоторую тенденцию к снижению величины этого показателя с увеличением возраста древостоя. К аналогичному выводу пришли В.В. Антанайтис и И.Н. Репшис [1973] при анализе опыта инвентаризации лесов Литвы математико-статистическим методом.

Сопоставление данных показало, что полученные коэффициенты вариации запасов лиственничников значительно ниже, чем в лесах Литвы, где в среднем этот показатель равен 57,9 %, что вполне закономерно и обусловлено разницей в интенсивности ведения лесного хозяйства.

Анализ распределения запасов между древостоями различного среднего диаметра показал, что основная часть запаса лесного массива 67,1 % сосредоточена в древостоях со средними диаметрами 24-36 см.

Устойчивые закономерности в структуре лесных массивов являются основой прогнозов путей динамики их товарной структуры. Методика товаризации запасов лесных массивов без оценки товарной структуры отдельных древостоев разработана А.Г. Мошкалевым [1983].

Н.М. Глазов [1976] отмечал, что «...для каждой лесной формации можно составить таблицы строения лесных массивов».

На рисунке 1 показано сопоставление полученного ряда распределения древостоев по величине среднего диаметра с аналогичным рядом распределения, взятым из нормативной таблицы для оценки не нарушенных лесных массивов лиственницы Республики Тыва (по И.И. Красикову, С.Л. Шевелеву, 2013).

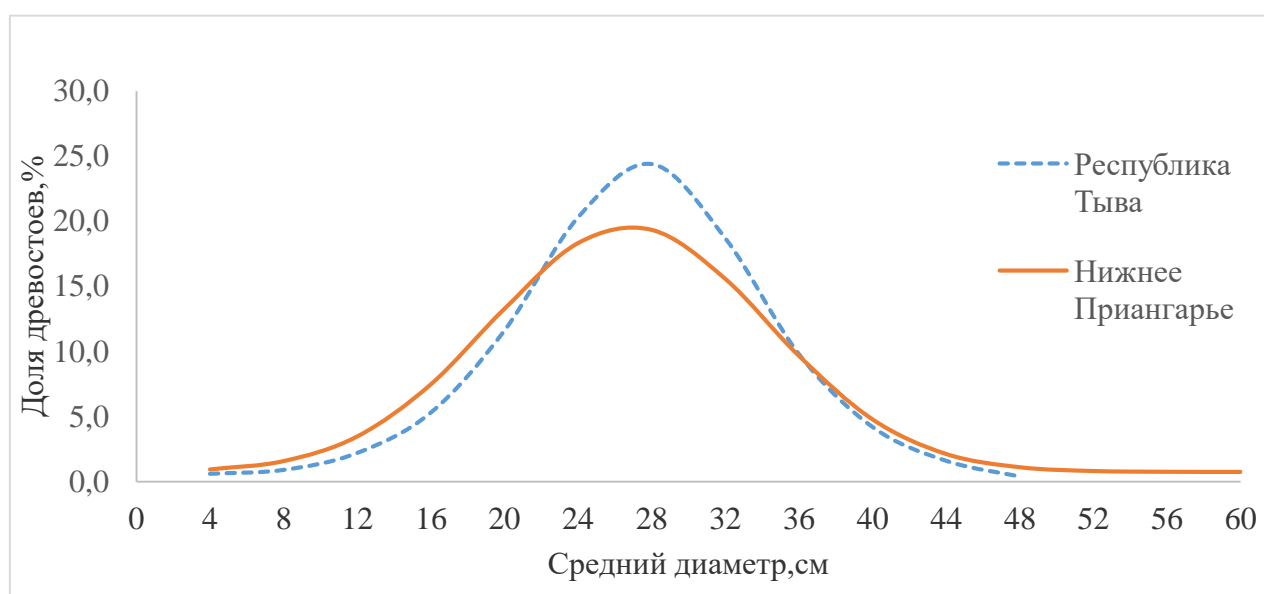


Рисунок 1 – Сопоставление рядов распределения по средним диаметрам древостоев в массивах лиственницы сибирской

Оценка степени согласованности рядов распределения с применением непараметрического критерия согласия Колмогорова-Смирнова (λ) показала, что расхождение между рядами можно расценивать как несущественные. Однако, несмотря на относительно высокую степень согласованности рядов распределения древостоев в лесных массивах в достаточно удаленных друг от друга регионах, различающихся условиями местопроизрастания данный вопрос требует более глубокого изучения. И в тоже время полученные данные позволяют предположить возможность создания комплекса нормативов, отражающих структуру лесных массивов с целью совершенствования методов товаризации 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 лиственницы различных регионов, позволяет совершенствовать методы их таксации.

5 ДИНАМИКА ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

В разделе приведен сравнительный анализ данных динамики таксационных показателей лиственничников. Анализировались данные 21 таблицы хода роста – три таблицы построены для нормальных древостоев, остальные характеризуют динамику таксационных показателей модальных древостоев. Только небольшая часть нормативов представляет из себя таблицы хода роста, отражающие полную динамику древостоев включая отпад, большая часть характеризует только динамику наличного древостоя.

В настоящее время для лиственничников Нижнего Приангарья построена только одна таблица [Фалалеев,1975] на бонитетной основе для древостоев зеленомошной группы типов леса. Для достаточно обширной травяной группы лиственничников таблицы хода роста отсутствуют.

Чтобы восполнить этот пробел была построена на типологической основе таблица хода роста. Древостои травяной группы характеризуются продуктивностью соответствующие III классу бонитета. Ход роста древостоев по средней высоте, среднему диаметру и запасов с высокой степенью адекватности аппроксимируется функцией Вейбула:

$$y=a(1-\exp(-bA)), \quad (2)$$

где a , b – коэффициенты уравнения;

A – возраст древостоев, лет.

В таблице 3 приведены коэффициенты уравнений и показатели их адекватности.

Таблица 3 – Коэффициенты уравнений и показатели адекватности

Таксационный показатель	Коэффициент уравнений		Коэффициент детерминации (R^2)
	a	b	
Средняя высота, м.	28,63	0,015	0,994
Средний диаметр, см.	57,32	0,006	0,995
Запас, m^3	236,5	0,02	0,962

В таблице 4 показан эскиз таблицы хода роста древостоя лиственницы сибирской травяной группы типов леса в Нижнем Приангарье.

Таблица 4 – Динамика таксационных показателей лиственничников травяной группы

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

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

6 ОСОБЕННОСТИ ФОРМЫ СТЕЛОВ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ

6.1 Коэффициенты формы стелов лиственницы сибирской

Особенности формы стелов лиственницы сибирской в Нижнем Приангарье до сих пор детально не изучены. Некоторые сведения можно почерпнуть из работ В.И. Пчелинцева [1984].

Им приведены средние значения старых видовых чисел и данные по относительному сбегу стелов лиственницы сибирской для укрупненных биологических формаций (притундровые лиственничники, северные лиственничники, южные лиственничники равнин и межгорных долин, горные лиственничники).

Форма стелов лиственницы притундровых редколесий рассмотрена в работах А.И. Бондарева [1995, 2019].

Из публикаций ряда исследователей (В.С. Поляков, П.И. Мачернис [1974]; Л.В. Донченко [1974] и др.), разрабатывавших таксационные нормативы для этого региона, получить сведения о форме стелов лиственницы сибирской можно только опосредованно, путём перерасчета приводимых ими данных.

Результаты анализа рядов коэффициентов формы дал следующее (таблица 5).

Таблица 5 – Статистическая характеристика рядов коэффициентов формы

Показатели	q _{0в} коре	q _{0без} коры	q _{1в} коре	q _{1без} коры	q _{2в} коре	q _{2без} коры	q _{3в} коре	q _{3без} коры
Среднее	1,55	1,41	0,83	0,85	0,67	0,69	0,45	0,46
W, %	19,7	24,6	9,4	10,8	11,7	12,3	21,4	25,6
P, %	1,09	1,72	0,52	0,60	0,65	0,68	1,19	1,42

На основе данных модельных деревьев установлены взаимосвязи коэффициентов формы с диаметром стелов на высоте 1.3 м. Они с достаточной степенью адекватности ($R^2=0,39-0,93$) отображаются уравнениями линейного вида.

6.2 Видовые числа

Средние значения старых видовых чисел:

$$f_{вк} = 0,49 \quad f_{бк} = 0,51$$

Парная связь старого видового числа и второго коэффициента формы отображается как:

$$f_c = 0,0072 + 0,716 * q_2 \quad (3)$$

При $R^2=0,68$ и $S=0,063$.

6.3 Влияние коры на форму и полнодревесность стволов лиственницы

Лиственница обладает наибольшим объемом коры среди хвойных лесообразующих пород России. Кора лиственницы имеет свойства, дающие возможность её использования для получения ряда ценных компонентов, обеспечивает значительную устойчивость деревьев от воздействия низовых лесных пожаров, а также оказывает существенное влияние на форму стволов и величину приростов по диаметру (И.И. Гусев [1981]; П.В. Воропанов [1982]; В.В. Гончарук [1982], В.В. Антанайтис [1977] и др.).

При использовании перечислительного метода таксации неизбежным является измерение диаметра на высоте 1,3 м, поэтому практический интерес представляют размеры коры на этой высоте и их связь с диаметром ствола.

Проанализированы аналогичные уравнения, построенные для лиственничников Архангельской области [Калинин, 1966], Иркутской области [Дитрих, 1970], Среднесибирского подтаежно-лесостепного района [Шевелев, 1988].

На основе исходных данных получено уравнение связи двойной толщины коры ($2T_{1,3}$) с диаметром ствола на высоте 1.3 м:

$$2T_{1,3}=0,0944*D_{1,3}+0,6041 \quad (4)$$

Была установлена средняя толщина коры на различных участках древесных стволов (0; 0,1Н; 0,25Н; 0,5Н и 0,75Н), построены линейные уравнения отражающие изменения этого показателя у деревьев различного диаметра.

Относительные размеры коры приведены в таблице 6.

Таблица 6 – 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

Для детализации формирования коры в древостоях совокупность модельных деревьев была поделена на три разряда по толщине коры. Оказалось, что основная масса стволов 47 % – это деревья со средней толщиной коры, на долю толстокорых приходится 12,7 % стволов и соответственно тонкокорых 43,4 %. Средняя двойная толщина коры на высоте 1,3 м составила для древостоев первого разряда 5,2 см, 2 разряда 3,3 см и третьего 2,3 см.

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

Динамика прироста коры анализировалась путём расчёта относительного среднего прироста ($\Delta 2T_{1,3от}$), который находился как доля

абсолютного прироста коры ($\Delta 2T_{1,3} = \frac{2T_{1,3}}{A}$) в среднем приросте ствола в коре ($\Delta D_{1,3в.к.} = \frac{D_{1,3 в.к.}}{A}$):

$$\Delta 2T_{1,3от} = \frac{\Delta 2T_{1,3}}{\Delta D_{1,3}} * 100\% \quad (5)$$

Динамика относительного среднего прироста коры отображается уравнением:

$$\Delta 2T_{1,3от} = 13,36 - 0,031 * A \quad (6)$$

$$R^2 = 0,98$$

Величина относительного прироста коры значительна, она изменяется от 15,5 до 24,3 %.

Таким образом можно утверждать, что фактор коры оказывает существенное влияние на величину и структуру приростов запасов древостоев и это следует учитывать при анализе их динамики.

Кора влияет на форму древесных стволов, особенно у толстокорых пород [Лебков, Каплина, 2001 и др].

Расчёт коэффициентов формы и видовых чисел показал на увеличение полндревесности стволов лиственницы без коры.

Для оценки изменения второго коэффициента формы стволов рассчитывался коэффициент:

$$Q = \left(\frac{q_{2б.к.}}{q_{2в.к.}} * 100 \right) - 100 \quad (7)$$

Результаты статистической обработки ряда коэффициента показан таблицы 7.

Таблица 7 – Статистическая обработка ряда Q

Статистический показатель	$\bar{X} \pm M_x$	Me	Mo	$\pm \delta_x$	E_x	As	W, %	P, %
Величина Q	13,2±0,25	12,38	-	4,9	-0,38	0,39	37,3	1,9

Корреляционный анализ показал, что на величину Q значимо оказывает влияние только толщина коры, причём у деревьев первого разряда по толщине коры величина коэффициента достигает 17,4 %.

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

В настоящее время, связь видовой высоты (Hf) и высоты (H) в работах различных исследователей чаще всего отображается уравнением линейного вида. Однако существует и другое мнение. В работах Н.П. Курбатского,

Г.А. Мокеева [1937], А.Е. Тетенькина [1991] и др. указывается на то, что этот процесс целесообразно отражать уравнениями кривой.

Некоторые исследователи [Гончарук, 1982] предлагают делить ряд видовых высот в зависимости от высоты деревьев и возраста на части и аппроксимировать их отдельными уравнениями.

Для установления особенностей изменения видовых высот стволов лиственницы (H_f) они были сгруппированы в зависимости от диаметров стволов по четырехсантиметровым ступеням толщины (рисунок 2).

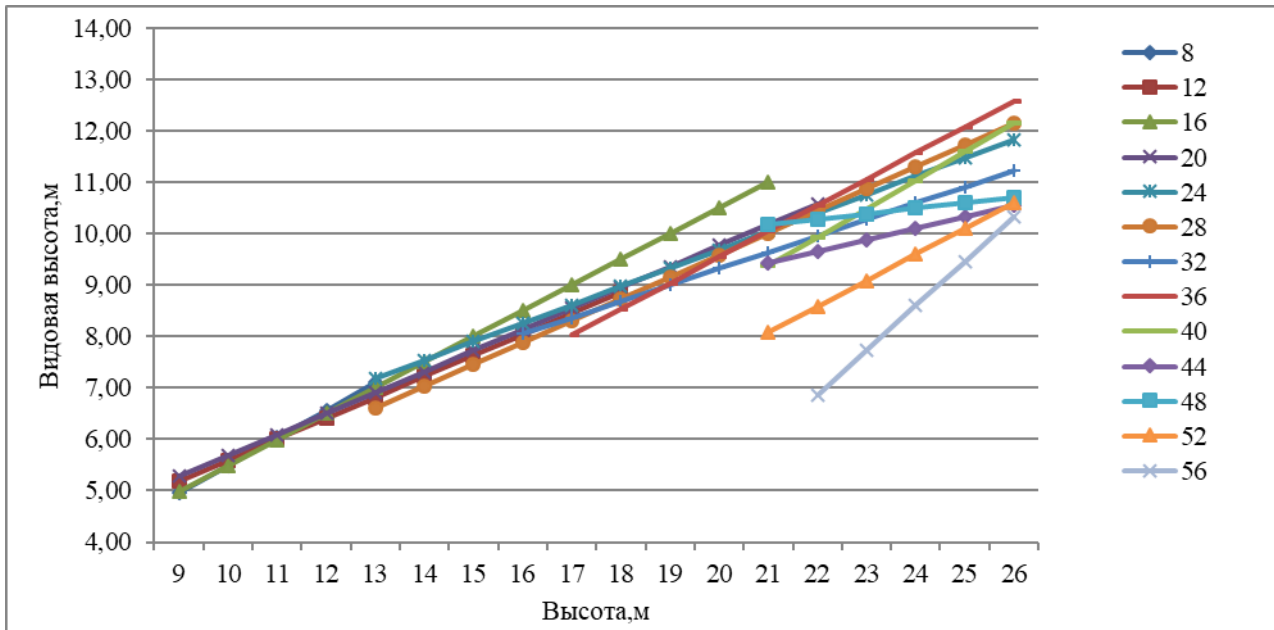


Рисунок 2 – Связь видовой высоты с высотой ствола по ступеням толщины

Линии, аппроксимирующие изменение видовых высот условно можно разделить на 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 является отражением прекращения роста в высоту крупномерных деревьев значительного возраста и особенностями их размещения на относительно свободных территориях в меньшей конкурентной борьбе за свет и жизненное пространство, что безусловно оказывает влияние на показатели формы стволов и характер аппроксимации связи.

Таким образом можно утверждать, что целесообразно аппроксимировать связи видовой высоты с высотой уравнением нелинейного вида, что обусловлено изменением интенсивности хода роста деревьев по высоте:

$$H_f = 19,9(1 - \exp(-0,034H)) \quad (8)$$

В разделе рассмотрены возможности использования уравнения линейного вида и его недостатки, а также возможности использования совокупности двух линейных уравнений, аппроксимирующих связь между видовой высотой и высотой для групп деревьев разной величины и возраста.

Далее в работе рассмотрены изменение видовых диаметров (D_f) и видовых площадей поперечного сечения (g_f). Рассчитаны уравнения связи этих характеристик с диаметрами и высотами стволов лиственницы.

На основе установленных особенностей в изменении видовых площадей для практического использования предлагается упрощенное уравнение определения объёмов стволов лиственницы сибирской:

$$V_{ст} = (0,2 * D_{1,3-2}) * 0,01h \quad (9)$$

Сопоставление полученных результатов с данными модельных деревьев и объемными таблицами показало на достаточную точность уравнения.

6.5 Таксация комлевых сортиментов стволов лиственницы сибирской

Определение объема лесоматериалов круглых в соответствии с требованиями ГОСТ 332594-2013 (введен в действие 2015 году) можно осуществлять семью различными способами, одним из которых является использование таблиц объемов по диаметру верхнего отруба и длине сортимента (ГОСТ 2708-75). Такие таблицы объема бревен впервые были составлены А.А. Крюденером и переведены в метрическую систему Г.И. Турским.

Таблицы неоднократно подвергались проверке. Точность определения объемов сортиментов зависит от величины сбега так как таблицы ориентированы на средний сбег. Для сильносбежистых вершинных сортиментов Н.П. Анучиным [1981] построены отдельные таблицы.

Лиственница сибирская характеризуется достаточно частой встречаемостью закомелестости стволов, влияющей на точность определения объемов сортиментов из комлевых частей. Для установления характера отклонений было отмерено 305 комлевых сортиментов, полученных из стволов, относящихся к ступеням толщины 8-56 см, длина сортимента – 6 м. За «истинное» значение приняты объемы сортиментов, определенные по сложной формуле Губера.

Статистическая обработка ряда отклонений показала, что среднее значение отклонений отрицательны для низших ступеней толщины, то есть истинные значения объемов сортиментов меньше, чем полученные по таблицам ГОСТ 2708-75. Они достигают -28,2 %. В центральных ступенях толщины они стабилизируются по величине и становятся положительными. У крупномерных стволов их величина возрастает и превышает 7,5 %. В то же время отклонение объемов для отдельных сортиментов характеризуется значительной изменчивостью – предельные значения отклонений соответствуют +30,4 и -46,6 %.

Изменение средних отклонений объемов двух сортиментов показано на рисунке 3.

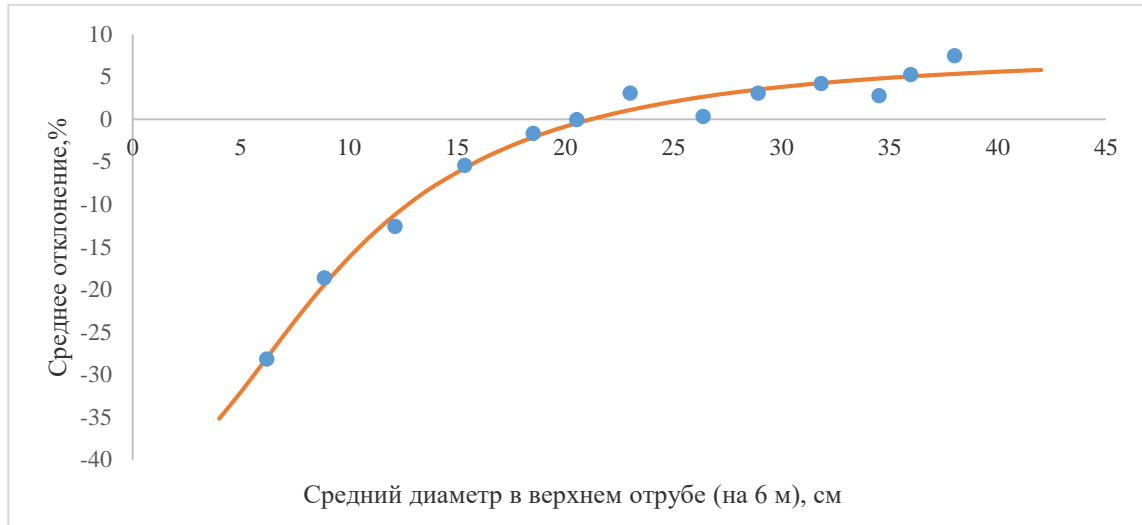


Рисунок 3 – Изменение средних отклонений (m) объемов комлевых сортиментов длиной 6 м

Изменения средних отклонений аппроксимируется уравнением:

$$m=(a*b+c*D^d)/(b+D^d) \quad (10)$$

где $a = -41,397$ $b = 137,697$ $c = 7,834$ $d = 2,158$
 При $R^2=0,99$ и $S=1,52$.

В соответствии с полученной моделью изменения отклонений в таблицу объемов сортиментов (ГОСТ 2708-75) внесены корректировки.

Фрагмент корректировки для лесоматериалов круглых длиной 6м показан в таблице 8.

Таблица 8 – Корректировка объемов комлевых сортиментов длиной 6 м

D в верхнем отрубе на 6 м, см	Отклонение (Z), %	Объем исходный по ГОСТ 2708-75, м ³	Объем скорректированный, м ³
4	-35,2	0,016	0,010
5	-32,1	0,023	0,016
6	-28,7	0,028	0,020
7	-25,4	0,036	0,027
8	-22,1	0,045	0,035
9	-19,0	0,055	0,045
10	-16,3	0,065	0,054
11	-13,7	0,08	0,069
12	-11,5	0,093	0,082
13	-9,5	0,108	0,098
14	-7,8	0,123	0,113
16	-4,9	0,155	0,147

Окончание таблицы 8

18	-2,6	0,194	0,189
20	-0,9	0,23	0,228
22	0,5	0,28	0,281
24	1,6	0,33	0,335
26	2,5	0,39	0,400
28	3,2	0,45	0,464
30	3,8	0,52	0,540
32	4,3	0,59	0,615
34	4,7	0,66	0,691
36	5,0	0,74	0,777
38	5,3	0,82	0,864
40	5,6	0,9	0,950
42	5,8	1,0	1,058

Аналогичные расчеты были выполнены для таблиц определения объема бревна длиной 3 и 8 м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И 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 РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. S Shevelev. The structure of the regulatory framework for the assessment of forest resources in Yenisei Siberia and the ways to improve it / S Shevelev, A Vais, N Kulakova// IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science– 316 – 2019. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/316/1/012062> (международная цитирований база Scopus)
2. Кулакова Н.Н. Закономерности изменения видовых высот лиственницы сибирской / Н.Н. Кулакова, С.Л. Шевелёв, М.Н. Ефремова// Хвойные бореальной зоны – Красноярск, СибГТУ, 2015. - Т. XXXIII. – № 5-6. – С. 221-223. (по списку ВАК)
3. Кулакова Н.Н. Формирование лесных массивов лиственницы в Нижнем Приангарье/ Н.Н. Кулакова, С.Л. Шевелёв, И.И. Красиков // Хвойные бореальной зоны. – 2016. – Т. XXXIV. –№ 5-6. – С. 237-240. (по списку ВАК)
4. Кулакова Н.Н. Динамика таксационных показателей модальных древостоев лиственницы сибирской в Нижнем Приангарье /Н.Н. Кулакова, С.Л. Шевелёв // Хвойные бореальной зоны. – 2017. – Т. XXXV. – № 1-2. – С. 41-45. (по списку ВАК)
5. Кулакова Н.Н. Динамика таксационных показателей модальных древостоев лиственницы сибирской в Нижнем Приангарье/ Н.Н. Кулакова //Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – Красноярск: КрасГАУ. – 2017. – № 6 (129). – С. 155-160. (по списку ВАК)
6. Кулакова Н.Н. Некоторые особенности показателей формы древесных стволов/ Н.Н. Кулакова, М.Н. Ефремова, С.Л. Шевелёв // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения. Красноярск, 2015. – С. 29-31.
7. Кулакова Н.Н. Динамика таксационных показателей лиственничников в Нижнеангарском таежном районе/ Н.Н. Кулакова, С.Л. Шевелёв// Лесной и химический комплексы – проблемы и решения. Красноярск: СибГУ, 2016. – С. 13-16.

8. **Кулакова Н.Н.** Динамика прироста коры лиственницы сибирской в условиях Нижнего Приангарья/ Н.Н. Кулакова // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки. – Красноярск: СибГУ. 2017. – С. 33-35.

Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять по адресу: 660049, г. Красноярск, проспект Мира, 82, ученому секретарю диссертационного совета Д 212.249.06.

В отзыве просим указать почтовый адрес организации, телефон и электронную почту лица, представившего отзыв.

Факс: (391) 266-03-90

E-mail: nvn@sibstu.kts.ru