

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева»



На правах рукописи

Ефремова Марина Николаевна

**СТРУКТУРА И ОСОБЕННОСТИ ТАКСАЦИИ БЕРЕЗНЯКОВ
КАНСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ**

06.03.02 – Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Красноярск, 2018

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 кафедры технология лесопользования и ландшафтного строительства

Кузьмик Наталья Сергеевна, 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 – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН (ИЛ СО РАН), ученый секретарь, старший научный сотрудник

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

Защита диссертации состоится 20.11.2018 г. В 12⁰⁰ ч. 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», на сайте СибГУ: www.sibsau.ru

Автореферат разослан 19 сентября 2018 г.

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



Репях Марина Вадимовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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

В Красноярско-Канско-Ачинском лесорастительном районе [Коротков, 1994], занимающим значительную территорию, она формирует чистые и смешанные с сосной, лиственницей и осиной древостои. Рост, развитие и формирование этих растительных сообществ, в настоящее время обусловлены возрастающими антропогенными и техногенными воздействиями.

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

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

Степень разработанности темы исследования. Несмотря на то, что имеется ряд работ, посвященных закономерностям структуры и роста березняков [Крюденер, 1908, 1913; Тюрин, 1930, 1931; Морозов, 1978; Хлюстов, 2004; Игошин, 2009], березовые насаждения, явившиеся объектом исследования, с таксационных позиций к настоящему времени, изучены достаточно фрагментарно.

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

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

В процессе ее достижения решались следующие задачи:

- рассмотрена структура лесного массива сформированного древостоями березы;
- установлены особенности динамики таксационных показателей березовых древостоев;
- изучены зависимости между средними таксационными показателями березовых древостоев;

- исследованы особенности изменения показателей формы стволов березы района исследования;
- построены математические модели и региональные нормативы для таксации березовых древостоев.

Научная новизна. Впервые для зоны островных лесостепей Средней Сибири:

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

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

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

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

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

Основные положения, выносимые на защиту:

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

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

Результаты исследований доложены и получили одобрение на конференциях:

- XVI международная научно-техническая интернет-конференция «Лесной комплекс: состояние и перспективы развития», г. Брянск, 01-30 ноября 2016 г.

- Всероссийская научно-практическая конференция «Лесной и химический комплексы – проблемы и решения», г. Красноярск, 09 декабря 2016 г.

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

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

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

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

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

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

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

В данном разделе выполнен обзор исследований, посвященных оценке березняков. Первые таксационные исследования были проведены А.А. Крюденером [1908, 1913]. Значительный вклад в изучение березняков сделан А.В. Тюриным [1930, 1931, 1945].

В последствии исследования А.В. Тюрина нашли продолжение и развитие в работах В.И. Галиновского [1938], Ф.В. Кишенкова [1964], А.Ф. Гурова [1965], В.Б. Козловского, В.М. Павлова [1967], В.Д. Волкова [1968], А.Н. Бобко [1969], В.А. Бугаева, М.И. Бузовойрова [1979], В.Л. Черных и др. [1982], И.С. Глушенкова [1984], И.М. Данилина [1987], В.К. Хлюстова [1993], В.Ф. Коновалова, А.С. Магафурова [2003], В.Д. Хлюстова [2004], В.К. Хлюстова, Л.С. Мурачевой [2011], С.А. Демиденко [2011] и др.

Особенности товарной структуры и динамики березняков Восточной и Западной Сибири изложены в работах Э.Н. Фалалеева [1974, 1975], Л.М. Морозова [1974, 1975, 1978], В.В. Кузьмичева, Л.М. Морозова [1977], Э.К. Соколова, Э.Н. Фалалеева [1979], Э.К. Соколова, Г.К. Субочева [1980], Н.В. Выводцева, С.А. Тютрина [2012] и др.

Исследованию лесостепных березняков Сибири посвящены работы Н.Т. Спицыной [1996, 2014], В.Н. Игошина, В.В. Кузьмичева [2008], В.Н. Игошина, А.Г. Неповинных [2008], А.А. Вайса и др. [2012, 2015] и др.

2 ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

Канская лесостепь, вместе с Красноярской и Ачинской относится к островным лесостепям, расположенным среди сплошных лесных массивов. Согласно лесорастительному районированию Института леса СО РАН [Коротков, 1994] они входят в один лесостепной лесорастительный район. Природные условия их очень близки, поэтому представляется возможным использование полученных результатов работы на территорию всего лесорастительного района.

Главной породой района исследования является береза повислая (*Betula pendula* Roth.). Она формирует березовые, березово-осиновые, березово-сосновые и березово-лиственничные леса. Чистых сосновых и лиственничных лесов сохранилось мало. Древостои у дорог и населенных пунктов носят следы часто возникающих низовых пожаров.

Канская лесостепь является самой крупной из всех лесостепных регионов Средней Сибири, её площадь составляет около 17,0 тыс. кв. км. Вся эта обширная территория представляет холмисто-увалистую равнину с высотами в южной части 400-480 м, а в северной – 300-350 м.

Климат лесостепи резко континентальный. Абсолютный минимум температуры воздуха достигает -51°C , средняя годовая температура: -0.2°C . Период с температурой выше 10°C длится от 106 до 113 дней. За год выпадает 325 мм осадков, из них $2/3$ приходится на теплый период. Характерно преобладание ветров западных и юго-западных направлений.

Территория лесостепи дренируется реками системы р. Кана и Усолки, озер мало. Почвы серые лесные и черноземные.

3 МЕТОДИКА СБОРА ДАННЫХ И ОБЪЕМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

В основу полевых исследований положен метод пробных площадей, закладка которых велась в соответствии с требованиями ОСТ 56-69-83 «Пробные площади лесоустроительные. Методы закладки» [1982].

Были заложены пробные площади двух типов – в средневозрастных, приспевающих, спелых и перестойных березовых древостоях и пробные площади в молодняках березы.

На пробных площадях первой группы производились глазомерная таксация, сплошной пересчет, замеры высот деревьев, описание подроста и подлеска, напочвенного покрова. Затем производился отбор и рубка модельных деревьев, обмер которых осуществлялся по двухметровым секциям. Всего было заложено 6 пробных площадей с рубкой и обмером 147 модельных деревьев.

Пробные площади, заложенные в молодняках, имели размер 0, 25 га (50 х 50 м). Пересчет велся по односантиметровым ступеням толщины. Обмер моделей велся по секциям соответствующим 0.1 высоты ствола. Было заложено 5 пробных площадей с рубкой и обмером на них 125 модельных деревьев.

Таким образом, в основу работы положены материалы 11 пробных площадей, а также данные 596 таксационных выделов с абсолютным преобладанием березы в составе древостоев, из которых 474 были представлены березняками осочково-разнотравными и 114 – березняками вейниково-разнотравными. Кроме них, в незначительном количестве были учтены березняки вейниковые и березняки хвощово-осочковые.

4 СТРУКТУРА БЕРЕЗНЯКОВ

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

В настоящей работе понятие лесной массив соответствует определению С.Л. Шевелева и И.И. Красикова [2009, 2013].

Особенности формирования лесных массивов рассмотрены Н. Grossman [1959, 1963], В.Ф. Лебковым [1965], Н.М. Глазовым [1976], А.Г. Мошкалевым [1982], И.С. Мелеховым [1985].

В работах ряда авторов [Grossman, 1959, 1963; Глазов, 1976; Мошкалев, 1982; Шевелев, Красиков, 2009, 2013] доказывается наличие математического единства в распределении древостоев с различными таксационными характеристиками в пределах ненарушенных лесных массивов.

В период возрастающих нагрузок на лесные экосистемы на первый план выходят вопросы их устойчивости. Это понятие имеет различные трактовки [Демаков, 2000; Стороженко, 2017 и др.] и различающиеся критерии оценки.

Оценка расстроенности (однородности) лесного массива [Grossman, 1959, 1963; Глазов, 1976 и др.] ведется по величине изменчивости средних таксационных характеристик древостоя. Сохранение устойчивости его формирования обуславливается распределением средних таксационных показателей древостоев, слагающих массив, прежде всего запасов, соответствующим нормальному или максимально приближенному к нему, что характерно для ненарушенных лесных массивов.

Для лесного массива, который может рассматриваться в качестве типичного для региона, с абсолютным преобладанием древостоев травяной группы типов леса, была проведена оценка на нормальность [Лакин, 1990] рядов средних диаметров древостоев, средних высот, относительных полнот и запасов. Она показала, что все рассмотренные ряды можно считать нормальными.

Однако основную массу березняков в массиве представляют средневозрастные древостои, на их долю приходится 52,5 % по количеству древостоев и 54,2 % по площади лесного массива. На долю приспевающих, спелых и перестойных древостоев приходится 42,3 % от общего числа

древостоев. Доля молодняков незначительна – менее 10 %. Характер соотношения древостоев различных возрастов в массиве говорит о значительных антропогенных воздействиях в 80-90-е годы прошлого века.

Данные статистической обработки рядов средних таксационных показателей по группам возраста показали высокую (21,3-74,5 %) изменчивость признаков, характерную для молодняков и достаточно умеренную для древостоев остальных возрастных групп. Так для спелых и перестойных древостоев она лежит в пределах 3,7-22,3 %.

Аппроксимация рядов средних высот, средних диаметров и запасов показала, что они с высокой степенью адекватности отображаются функцией Гаусса, вида:

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

Коэффициенты уравнений и показатели их адекватности приведены в таблице 1.

Распределение относительных полнот также соответствует нормальному и отображается уравнением вида:

$$P = 1,076 - 0,085N / 1 - 3,327N + 2,840N^2, \quad (2)$$

где P – относительная полнота;

N – количество выделов, %.

Адекватность соответствует $R^2 = 0,99$; $S = 0,91$.

Анализ состава древостоев по группам возраста показал, что доля березы максимальна в молодняках (8Б1С10с), затем она снижается и стабилизируется до 6 единиц состава.

Таблица 1 – Коэффициенты уравнений и показатели адекватности

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

Распределение запасов в зависимости от среднего диаметра древостоя показало, что 84,9 % запаса березняков в лесном массиве, для возрастных групп приспевающие, спелые и перестойные сосредоточено в древостоях со средними диаметрами 20-24 см.

Полученные результаты позволяют сделать выводы по разделу:

- сочетание древостоев с различными таксационными характеристиками в лесном массиве не случайно, ряды основных таксационных характеристик древостоев подчинены нормальному распределению;
- характер возрастной структуры массива свидетельствует об антропогенных воздействиях на древостои;
- изменчивость средних таксационных показателей древостоев в лесном массиве опосредована возрастом;
- установлено, что древостои со средними диаметрами 20-24 см обладают максимальной долей запаса лесного массива;
- лесной массив сформирован модальными древостоями, средняя относительная полнота 0,59;
- в лесном массиве доминируют смешанные древостои, при преобладании березы;
- на данном временном этапе происходит устойчивое формирование лесного массива.

5 ДИНАМИКА ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕРЕЗОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ И СВЯЗИ МЕЖДУ НИМИ

Для установления особенностей формирования древостоев березы в районе исследования был использован комплексный оценочный показатель, предложенный К.К. Высоцким [1962] и получивший название «коэффициент напряженности роста». Он применяется как критерий формирования древостоев, а также как показатель интенсивности формирования отдельных деревьев [Шульга и др., 2007; Данчева, Залесов, 2016].

Комплексный оценочный показатель (КОП) рассчитывался по формуле:

$$\text{КОП} = \frac{G}{H^2}, \quad (3)$$

где КОП – комплексный оценочный показатель, см/см²;

H – средняя высота древостоя, м;

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

Были получены ряды коэффициентов для лесного массива в целом и для древостоев отдельных возрастных групп. Установлена значительная обратная зависимость (R = -0,57) между КОП и средним возрастом древостоя.

Статистическая обработка рядов коэффициентов для древостоев отдельных типов леса показала на отсутствие значимых различий между ними.

На рисунке 1 показана динамика коэффициента.

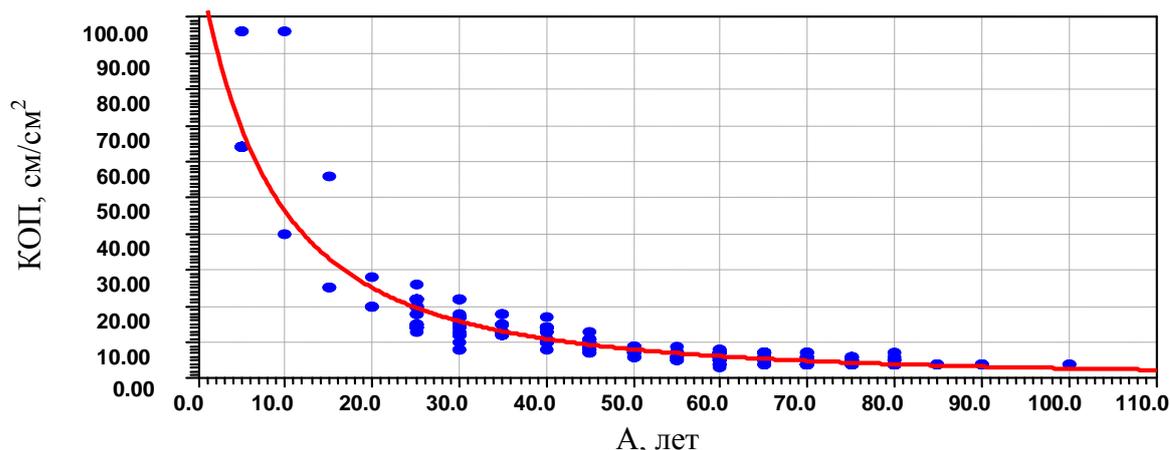


Рисунок 1 – Распределение комплексного оценочного показателя в березовых древостоях в зависимости от среднего возраста древостоя

$$\text{КОП} = (0,080 + 0,005A)^{-1/0,533}, \quad (4)$$

$$R^2 = 0,92; S = 3,48.$$

Сравнение величины комплексного оценочного показателя с данными, полученными В.Д. Шульгой и др. [2007] не выявило наличие значительных различий обусловленных региональными особенностями произрастания березняков.

В ходе построения таблицы хода роста для древостоев березы травяной группы типов леса установлено, что кривые хода роста, по основным таксационным показателям аппроксимируются функцией Вейбулла вида:

$$y = a - b * \exp^{-cx^d}, \quad (5)$$

где y – величина таксационного показателя;

x – возраст древостоя, лет.

Коэффициенты уравнений приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Коэффициенты уравнений и показатели их адекватности

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

Фрагмент таблицы хода роста, отражающий динамику наличного древостоя приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Ход роста модальных березовых древостоев – травяная группа типов леса

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

Далее был установлен ряд взаимосвязей между таксационными показателями древостоев березы. На типологической основе были рассмотрены множественные зависимости, имеющие практическое значение при применении дистанционного мониторинга лесов.

Рассмотрена обусловленность формирования запаса древостоя (M) величинами средних диаметров (D), средних высот (H) и полнот (P). Характер формирования поля данных показан на рисунке 2.

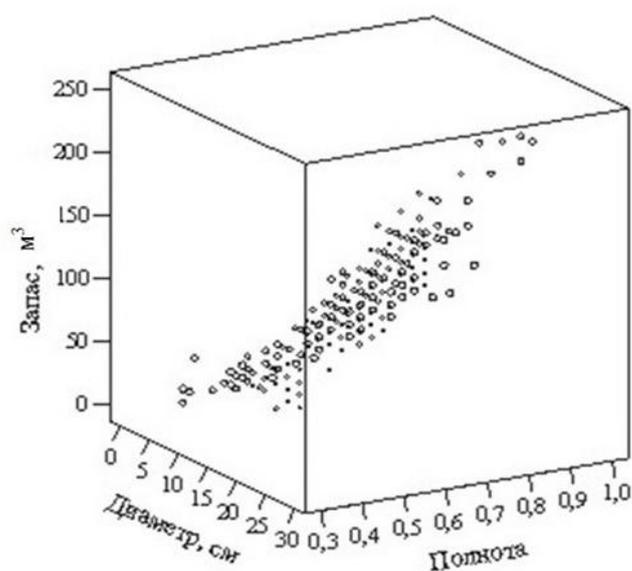


Рисунок 2 – Запасы древостоев травяной группы типов леса различных средних диаметров и полнот

Были найдены следующие зависимости:

$$M = -105,107 + 5,693D + 197,254P \quad (6)$$

Адекватность уравнения характеризуется коэффициентом множественной корреляции $R = 0,92$. Это говорит о том, что 84,6 % дисперсии зависимой переменной обусловлено влиянием среднего диаметра и относительной полноты. Стандартизованные коэффициенты регрессии (β) равны для диаметра 0,90 и для полноты 0,59. Проверка работы уравнения по материалам шести пробных площадей показала ошибку – 3,6 %.

Аналогичным порядком была получена зависимость запаса от средней высоты и полноты древостоя.

Установлено, что введение в полученные уравнения дополнительных предикторов не влечет за собой значимого увеличения точности.

Таким образом, по результатам раздела сделаны выводы:

- березовые древостои травяной группы типов леса, в районе исследования, не имеют значимых региональных особенностей в общей интенсивности роста;
- ход роста древостоев березы по основным таксационным показателям с высокой степенью адекватности аппроксимируется функцией Вейбулла;
- использование полученных математических моделей дает возможность совершенствования процесса дешифрирования для лесостепной зоны Средней Сибири.

6 ФОРМА СТВОЛОВ БЕРЕЗЫ

Расчеты основных средних характеристик формы стволов березы в коре показали на их значительную сбежистость. Коэффициент формы (q_2) равен $0,62 \pm 0,01$. В работе В.Н. Игошина и В.В. Кузьмичева [2008], посвященной исследованию березняков Барабинской лесостепи также указывается на большую сбежистость лесостепных березняков по сравнению с таежными.

В связи с этой особенностью объемобразующего признака, оказывающего влияние на многие таксационные нормативы был рассмотрен ряд характеристик, в числе которых: видовая высота (H_f), видовой диаметр (D_f), видовая площадь (g_f).

Для установления особенностей изменения видовых высот были построены линейные уравнения, характеризующие связь этого признака с высотой у деревьев входящих в отдельные четырехсантиметровые ступени толщины. Линии сформировали два поля – первое включало данные ступеней от 8 до 20 см, второе со ступени 24 см и выше. Граница между полями соответствует высотам деревьев – 22 м.

Наличие двух областей в размещении линий графиков, вероятнее всего, обусловлено особенностями пространственной структуры березняков. Деревья, имеющие большее жизненное пространство более интенсивно прирастают по диаметру при снижении прироста по высоте.

Зависимость между высотой (H) и видовой высотой (H_f) характеризуется уравнением (рисунок 3):

$$H_f = 45,077 * H / (80,254 + H) \quad (7)$$

При $R^2 = 0,81$ и $S = 1,16$.

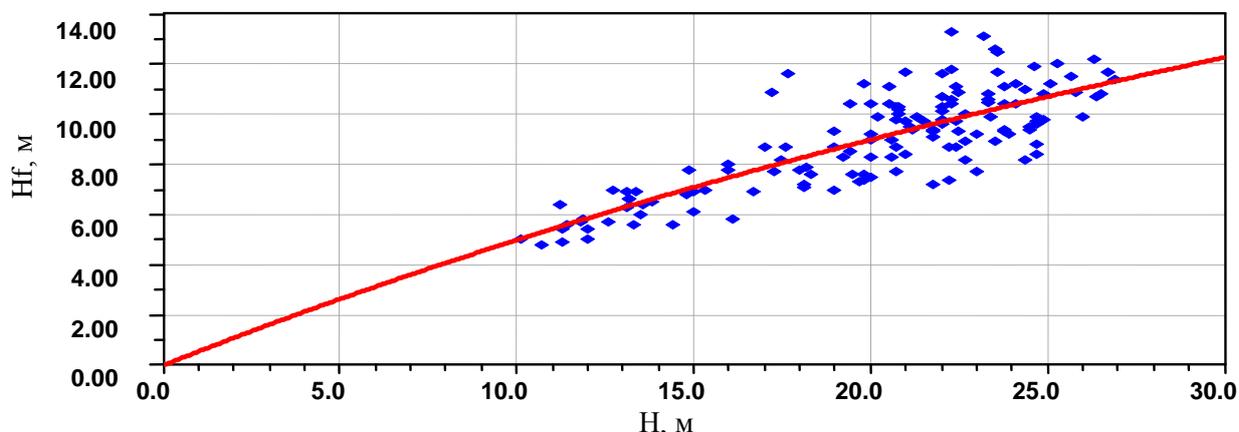


Рисунок 3 –Зависимость видовой высоты от высоты у деревьев березы

Это уравнение позволило построить таблицу видовых высот деревьев березы.

Наряду с видовой высотой при построении таксационных нормативов используется произведение диаметра на видовое число (D_f) – видовой диаметр. Установлены связи между этой характеристикой с диаметрами и высотами стволов березы.

Уравнение (8) при $R^2 = 0,85$ и $S = 1,56$ явилось математической моделью таблицы видовых диаметров.

$$D_f = 1,687 * 1,080^H \quad (8)$$

Произведение площади поперечного сечения (gf) – величина тесно связанная с высотой ($R = 0,71$), диаметром ($R = 0,96$) и умеренно с возрастом дерева ($R = 0,53$) и видовой высотой ($R = 0,47$).

Было получено уравнение:

$$gf_{1.3} = 63 \cdot 10^{-6} * D_{1.3}^{1,797} \quad (9)$$

При $R^2 = 0,98$ и $S = 0,02$.

Это выражение можно использовать в качестве составной части формулы для определения объемов стволов березы, однако большее практическое значение могут иметь упрощенные формулы для определения стволов растущих деревьев.

Упрощенные формулы для определения объема растущих деревьев, обычно включающие 2-3 значения, легко запоминающиеся и вычисляющиеся даже без калькулятора, позволяют контролировать глазомерную таксацию, выявлять грубые ошибки. Такими формулами являются формулы Денцина, Н.Н. Дементьева, Н.В. Третьякова и др.

Упрощение формул достигается путем сильного округления констант;

заменой переменных величин их средними значениями, принимаемыми за постоянные коэффициенты; заменой криволинейных зависимостей прямолинейными и т. п.

Применение упрощенных формул расширяет пределы ошибок, однако, с увеличением числа наблюдений величина ошибок снижается пропорционально корню квадратному из числа наблюдений, что делает приближенные формулы весьма рентабельными и обеспечивает заданную точность.

Был применен следующий прием – вместо уравнения криволинейной зависимости между видовой площадью поперечного сечения и диаметром использовались два линейных уравнения, характеризующих связь между показателями в диапазонах диаметров 12-22 см и 23-36 см. Адекватность уравнений соответствует: $R^2_{12-22} = 0,95$ и $S_{12-22} = 0,001$; $R^2_{23-36} = 0,94$ и $S_{23-36} = 0,002$.

После преобразования уравнений получены упрощенные формулы для определения объемов стволов растущих деревьев:

$$V_{12-22} = (D_{1.3} - 7) * 0,001H, \quad (10)$$

$$V_{23-36} = (2D_{1.3} - 27) * 0,001H, \quad (11)$$

где H – высота ствола, м;

D – диаметр на высоте груди, см.

Проверка точности уравнений показала величину систематической ошибки: для (10) -3,5 %, для (11) +9,4 %.

Далее были рассмотрены особенности формирования коры и степень влияния ее на форму стволов березы и выход сортиментов.

Получено уравнение связи между двойной толщиной коры ($2T$) и диаметром ствола в коре на высоте 1.3 м:

$$2T_{1.3} = 0,092D_{1.3 \text{ в.к}} - 0,218 \quad (12)$$

При $R^2 = 0,80$ и $S = 0,54$.

Рассмотрена динамика двойной толщины коры, рассчитаны средние величины ее абсолютных и относительных приростов. Оказалось, что доля среднего прироста коры в среднем приросте диаметра достаточно значима и достигает 9 %.

Получены математические модели, по которым рассчитаны величины двойной толщины коры на относительных высотах стволов различного диаметра.

В таблице 4 показана относительная толщина коры по относительным высотам стволов.

Сопоставление полученных данных с данными А.В. Тюрина [1956] показало на наличие региональных особенностей в формировании коры березы.

В.Ф. Лебков, Н.Ф. Каплина [2001] отмечали, что форма древесного ствола в коре определяет только объем ствола, в то время как форма ствола без коры,

наряду с объемом, определяет и его сортиментную структуру. Иными словами можно сказать, что форма ствола без коры, по сути, определяет выход деловой древесины.

Таблица 4 – Относительная величина двойной толщины коры (%)

Статистические показатели	Относительная двойная толщина коры				
	0	0.1	0.25	0.5	0.75
Среднее значение	180,8	100,0	76,9	66,5	47,0
Коэффициент варьирования, (%)	44,2	-	35,1	34,8	34,0
Точность опыта, (%)	2,2	-	2,6	3,0	2,1

льшая полндревесность стволов без коры обуславливает перераспределение относительной доли различных сортиментов в общем объеме ствола. Все это достаточно наглядно иллюстрирует анализ влияния параметров древесной коры на форму стволов толстокорых пород [Гончарук, 1980; Евстафьев, 2007]. Однако береза – тонкокорая порода и встает вопрос о значимости влияния коры на полндревесность стволов, а, следовательно, и на определение объема деловых сортиментов.

Были рассчитаны и сопоставлены ряды коэффициентов формы и старых видовых чисел стволов в коре и без коры, была проведена оценка достоверности различия средних величин показателей формы ствола. Оказалось, что различия статистически незначимы. Таким образом, влияние коры на форму ствола у деревьев березы не существенно, от него не зависит точность определения объема деловых сортиментов и им можно пренебречь.

В заключение раздела следует отметить:

- рассмотренные особенности видовых высот, видовых диаметров и видовых площадей, упрощенные формулы для определения объема стволов растущих деревьев, особенности формирования коры могут быть использованы в практике таксации и при построении таксационных нормативов;
- недооценка фактора коры, при установлении приростов древостоев может повлечь за собой значительные ошибки, так как доля коры в среднем приросте по диаметру ствола достигает 9 %;
- формирование коры у стволов березы в районе исследования имеет свои особенности;
- кора не оказывает значимого влияния на форму стволов березы и точность определения сортиментов.

7 НОРМАТИВЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОБЪЕМОВ СТВОЛОВ И ЗАПАСОВ ДРЕВОСТОЕВ

В процессе выполнения работы с учетом установленных особенностей в форме стволов березы района исследования были построены таблицы объема и сбega. Для этой цели были найдены числа сбega [Захаров, 1961].

В результате обработки данных рассчитаны числа сбega для

крупномерных (ступень толщины 8 см и более) стволов и маломерных (до ступени толщины 8 см) стволов (коэффициент точности опыта лежит в пределах 0,5-2,8 %).

Оказалось, что числа сбega крупномерных стволов, несмотря на отклонения на относительных высотах 0, 0.7-0.9 достаточно близки к полученным В.К. Захаровым [1961], а числа сбega, рассчитанные для маломерных стволов имеют значительные отличия.

Был применен метод разрядности, при этом использованы методические положения А.Г. Мошкалева [1982] в соответствии с которыми разница в высотах соседних разрядов высот составляет $9,0 \pm 0,5$ %. Разряды были аппроксимированы уравнением Вейбулла.

Ниже приведен фрагмент таблицы объема и сбega (таблица 5).

Таблица 5 – Фрагмент таблицы объема и сбega. III разряд высот

D _{1.3} , см	H, м	V ст., м ³		1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	% ко- ры
		в коре	без коры											
20	18	0,280	d	23,2	19,0	17,2	14,8	13,0	10,2	7,8	4,9	3,4	-	15
			v	0,085	0,057	0,047	0,034	0,027	0,016	0,010	0,004	0,002	-	
		0,237	d	21,2	17,5	15,9	13,8	12,1	9,4	7,1	4,3	2,9	-	
			v	0,071	0,048	0,040	0,030	0,023	0,014	0,008	0,003	0,001	-	
24	20	0,447	d	27,8	22,8	20,6	18,7	16,7	14,6	12,2	9,3	5,9	4,0	15
			v	0,121	0,082	0,067	0,055	0,044	0,034	0,023	0,014	0,006	0,003	
		0,380	d	25,4	21,1	19,1	17,4	15,5	13,5	11,3	8,5	5,1	3,3	
			v	0,101	0,070	0,057	0,048	0,038	0,029	0,020	0,011	0,004	0,002	
28	21	0,609	d	32,4	26,6	24,1	21,8	19,5	17,0	14,3	10,9	6,8	4,7	15
			v	0,165	0,111	0,091	0,075	0,060	0,045	0,032	0,019	0,007	0,004	
		0,519	d	29,7	24,6	22,4	20,3	18,1	15,8	13,2	9,9	6,0	3,9	
			v	0,139	0,095	0,079	0,065	0,052	0,039	0,027	0,015	0,006	0,002	

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

В настоящее время при сортировании запасов используются сортиментные и товарные таблицы, ограничивающие конечный результат выходом круглых деловых сортиментов, а также дров и отходов. В практике лесопиления используются «Нормативы выхода обрезных пиломатериалов» [Варфоломеев и др., 1991]. Эти нормативы стандартизируют выход пилопродукции в зависимости от породы, категории крупности и сорта бревен пиловочного сырья.

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

Выход пиловочника аппроксимируется уравнением вида:

$$V_{\text{п}} = -140,383 + 10,452D_{1,3} / 1 - 0,131D_{1,3} + 0,007D_{1,3}^2 \quad (13)$$

При $R^2 = 0,97$ и $S = 2,56$.

На основе полученных данных были построены прогнозные модели выхода пилопродукции (таблица 6).

Таблица 6 – Прогнозные модели выхода пилопродукции (%) из стволов березы повислой

Вид пилопродукции	Уравнение	Показатели адекватности	
		R^2	S
Общий выход пиломатериалов	$V_1 = -74,631 + 5,538D_{1,3} / 1 - 0,133D_{1,3} + 0,007D_{1,3}^2$	0,99	0,06
Выход пиломатериалов длиной более 1 м	$V_2 = -70,106 + 5,218D_{1,3} / 1 - 0,131D_{1,3} + 0,007D_{1,3}^2$	0,99	0,06
Выход пиломатериалов длиной 0,5...0,9 м	$V_3 = -0,566 + 0,043D_{1,3} / 1 - 0,104D_{1,3} + 0,003D_{1,3}^2$	0,99	0,03

Таблицы выхода пилопродукции выполнены в двух вариантах – в процентах от объема ствола и в м^3 . В таблице 7 приведен фрагмент норматива.

Таблица 7 – Выход пилопродукции из деловых стволов березы. I разряд ВЫСОТ

Ступень толщины, см	Объем ствола, м^3	Вид продукции	Выход пилопродукции из деловой древесины, м^3			
			1 сорта	2 сорта	3 сорта	Итого
22	0,4137	V пиловочника	0,0837	0,0745	0,0722	0,2304
		V пиломатериалов	0,0470	0,0393	0,0323	0,1186
		Vп. длиной 1 м и	0,0455	0,0380	0,0308	0,1143
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,0014	0,0013	0,0016	0,0043
24	0,5116	V пиловочника	0,1022	0,0910	0,0882	0,2814
		V пиломатериалов	0,0574	0,0479	0,0395	0,1448
		Vп. длиной 1 м и	0,0556	0,0464	0,0376	0,1396
		Vп. длиной 0,5...0,9 м	0,0017	0,0015	0,0019	0,0052

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

Для этой цели были построены таблицы по своему содержанию

дополняющие товарные. Были использованы ряды распределения числа стволов березы по диаметру. Нормативы построены по 3 сортам и по 4 классам товарности.

Следует отметить, что актуальность построенных нормативов обусловлена необходимостью отказа от торговли круглым лесом и переходом на продукцию глубокой переработки. Существует достаточно широкий выбор путей совершенствования предлагаемых нормативов – возможна детализация при условии получения различных видов пиломатериалов, при варьировании параметров в технологическом процессе пиления, возможно районирование по выходу пилопродукции из древостоев и т. п.

Завершающей частью раздела явилось построение вспомогательной таблицы для установления диаметра на высоте 1.3 м ($D_{1.3}$) по диаметру ствола на пне (D_0). Такой норматив весьма актуален и востребован при оценке ущерба от незаконных рубок. Математической моделью таблицы явилось уравнение:

$$D_{1.3} = 0,233 + 0,778D_0 \quad (14)$$

Подводя итог раздела можно отметить, что применение предлагаемых региональных нормативов позволит повысить точность таксации древостоев в районе исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Березовые леса лесостепной зоны Средней Сибири, куда относится Красноярско-Ачинско-Канский лесостепной лесорастительный район, играют значительную средообразующую и сырьевую роль.

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

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

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

- построение таблицы хода роста березняков травяной группы типов леса и математические модели, отражающие взаимообусловленность средних таксационных показателей позволят усовершенствовать процессы проектирования лесохозяйственных мероприятий и дешифрирования

аэрофотоснимков для лесостепной зоны Средней Сибири;

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

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

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

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

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. **Ефремова, М.Н.** Особенности строения лесных массивов в Красноярско-Ачинско-Канском лесостепном районе / М.Н. Ефремова, С.Л. Шевелев // Хвойные бореальной зоны. – 2016. – Том XXXVII. – № 5-6. – С. 298-302 (по списку ВАК).

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

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

4. Шевелев, С.Л. Особенности объемообразующих показателей в древостоях Красноярско-Ачинско-Канской лесостепи / С.Л. Шевелев, **М.Н. Ефремова** // Хвойные бореальной зоны. – 2018. – Том XXXVI. – № 1. – С. 97-101 (по списку ВАК).

5. **Ефремова, М.Н.** Упрощенные формулы для определения объемов стволов березы / М.Н. Ефремова, С.Л. Шевелев // Лесохозяйственная информация : электрон. сетевой журн. – 2018. – № 3. – С. 81-86 (по списку ВАК).

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

7. Шевелев, С.Л. Рост и формирование древостоев березы в лесостепной

зоне Средней Сибири / С.Л. Шевелев, **М.Н. Ефремова** // Лесной и химический комплексы: проблемы и решения. – Красноярск: СибГАУ, 2016. – Том I. – С. 74-77.

8. **Ефремова, М.Н.** Особенности формирования коры березовых древостоев в лесостепной зоне Средней Сибири / М.Н. Ефремова // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки. – Красноярск: СибГУ, 2017. – С. 30-32.

9. **Ефремова, М.Н.** Взаимосвязи объемообразующих показателей стволов березы в Красноярско-Ачинско-Канском лесостепном районе / М.Н. Ефремова, С.Л. Шевелев // Лесной и химический комплексы: проблемы и решения. – Красноярск: СибГУ, 2017. – С. 72-73.

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.