

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ГОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»

На правах рукописи

Батвенкина Татьяна Владимировна

**АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЛЕСОСЕЧНОГО ФОНДА  
(НА ПРИМЕРЕ СОСНЯКОВ КРАСНОЯРСКОГО ПРИАНГАРЬЯ)**

060302 - Лесоустройство и лесная таксация

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук



Красноярск - 2004

Работа выполнена на кафедре лесной таксации, лесоустройства и геодезии  
Сибирского государственного технологического университета

Научный руководитель - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
Гончарук Виктор Владимирович

Официальные оппоненты - доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
Соколов Владимир Алексеевич;  
- кандидат сельскохозяйственных наук, старший  
научный сотрудник Михалев Юрий Акимович

Ведущая организация - Институт повышения квалификации руководящих работников и специалистов лесного хозяйства Сибири и Дальнего Востока  
(г. Дивногорск)

Защита диссертации состоится **11 июня 2004 г. в 10<sup>00</sup> часов** на заседании диссертационного совета Д 212.253.03 при Сибирском государственном технологическом университете по адресу: 660049, г. Красноярск, пр. Мира, 82, СибГТУ

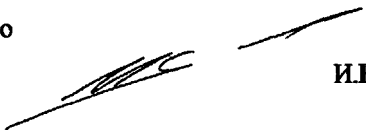
Факс: 660-390

E-mail: [paviov@sibstu.kts.ru](mailto:paviov@sibstu.kts.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке СибГТУ

Автореферат разослан 6 мая 2004 года

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



**И.Н. Павлов**

## Общая характеристика работы

**Актуальность темы.** С переходом к рыночной экономике лесное хозяйство в нашей стране было значительно подорвано реформами, общеэкономическим кризисом и реорганизацией лесного хозяйства в мае 2000 года. Однако, в последнее время проблемы, касающиеся развития лесного комплекса, были рассмотрены Правительством Российской Федерации. Приняты решения, направленные на дальнейшее совершенствование лесного законодательства, улучшение планирования и финансирования лесного хозяйства, уточнение экономических и организационных механизмов лесопользования.

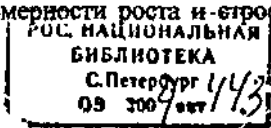
Традиционно важнейшим из лесных ресурсов до настоящего времени считается древесный. Ценность лесов Приангарья, особенно сосновых, известна за пределами нашей страны. Рациональное использование древесного сырья было и остается важнейшей задачей, без решения которой невысказано и решение проблемы устойчивого управления лесным комплексом.

Первым звеном в этой задаче является качественная материально-денежная оценка лесосечного фонда, для чего необходима соответствующая нормативная база. После введения региональных нормативов детальная верификация их нам неизвестна, встречались в печати только частичные замечания. В то же время накопленный опыт составления и проверки нормативов в других регионах страны, научные исследования в области выработки принципов системного подхода к их модификации и совершенствованию подтверждают назревшую необходимость оценки с этих позиций нормативной базы для материально-денежной оценки сосновых древостоев региона.

**Цель работы:** оценить нормативную базу для таксации лесосек сосновых древостоев с точки зрения возможности современной обработки информации и соблюдения системного подхода при их модификации и совершенствовании.

**Задачи исследований:** изучить особенности роста и строения сосновых древостоев региона и выявить степень отражения их в применяемых нормативах для таксации лесосек; выполнить анализ и оценить приемлемость существующей нормативной базы в виде таблиц и математических моделей для таксации лесосечного фонда сосняков Красноярского Приангарья; выявить перспективные научно обоснованные пути совершенствования нормативно-справочных материалов для материально-денежной оценки исследуемых древостоев.

**Научная новизна:** на основе выполненного анализа таксационных нормативных материалов предложены математические модели объемобразующих факторов и строения исследуемых древостоев; научно обоснована нецелесообразность использования норматива, рекомендованного действующим Наставлением по таксации лесосек, для актуализации запасов сосновых древостоев региона; установлено, что объективность, доступность и универсальность моделей нормативов таксации лесосечного фонда будут соблюдаться только при условии, если они отражают о закономерности роста и строения е -



**Практическая значимость.** Результаты исследований могут быть использованы как для непосредственной материально-денежной оценки лесосек, так и при модификации и совершенствовании нормативов, актуализации таксационных показателей сосновых древостоев при повторном лесоустройстве.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Особенности роста и строения исследуемых сосновых древостоев обуславливают целесообразность совершенствования нормативов таксации лесосек.

2. Погрешности в определении запаса древостоя и его товарной структуры при использовании региональных нормативных материалов возникают из-за несоблюдения принципа комплексности их и применения упрощенных моделей объемообразующих факторов.

3; Улучшение качества таксации лесосечного фонда возможно при условии изменения и уточнения ряда положений действующего наставления по таксации лесосек, использования многофакторных математических моделей, отражающих особенности роста и строения древостоев.

**Научная обоснованность и достоверность** выводов и рекомендаций обеспечивается учетом требований системного подхода к решению задач, значительным экспериментальным материалом, использованием современных методов его обработки и анализа, применением научно обоснованных методик, подтверждением выводов на материале других исследователей.

**Личный вклад автора** состоит в непосредственном участии его в сборе, обработке и анализе полевых и камеральных материалов. Ему принадлежит разработка методических положений, алгоритмов расчетов на ПЭВМ и решение всех задач, предусмотренных программой исследований, обобщение результатов и обоснование научных выводов и рекомендаций.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы отражены в материалах Всероссийских, международных, межрегиональных и краевых научно-практических конференций «Химико-лесной комплекс - проблемы и решения» (Красноярск, 2001, 2002, 2003), «Химико-лесной комплекс - научное и кадровое обеспечение в XXI веке. Проблемы и решения» (Красноярск, 2000), «Молодежь и наука - третье тысячелетие» (Красноярск, 2000), «Достижения науки и техники - развитию сибирских регионов» (Красноярск, 2003), «Лес-2003» (Брянск, 2003).

Диссертационная работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Государственная поддержка интеграции высшего образования и фундаментальной науки» по теме «Создание нормативной базы таксации древесных и недревесных ресурсов леса, как основы организации многоцелевого лесопользования».

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 11 работ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, 5 разделов и заключения. Список литературы включает 182 наименования, из них 10 работ - иностранных авторов. Объем диссертации - 193 страницы, в том числе 145 страницы текста, 27 таблиц, 14 рисунков, 9 приложений.

## Основное содержание работы

**В первом разделе** рассмотрено развитие методических подходов к таксации лесосек в России. Выделены дореволюционный, советский и современный периоды. Последний рассматривается с 1980 - 1982 годов, то есть с момента утверждения требований к сортиментным и товарным таблицам и принятия указаний по порядку подготовки единой для страны системы общесоюзных и региональных справочников.

Во все периоды развития лесного хозяйства наиболее точным методом таксации лесосек считался метод сплошной перечислительной таксации. Во второй половине XX века получили развитие новые методы таксации (круговых реласкопических площадок, линейной выборки, по материалам глазмерной таксации и другие). Это требовало составления соответствующих нормативных материалов.

Последние два десятилетия прошлого века характеризуются усилением разработки региональных лесотаксационных нормативов. Итогом работы научных коллективов явилось создание серии справочников и нормативов союзного (Общесоюзные нормативы..., 1992) и регионального значения, в том числе и для лесов Западной и Восточной Сибири (Сортиментные и товарные таблицы..., 1991).

Развитие рыночных отношений потребовало не только разработки и внедрения новой законодательной основы, но и разработки нового нормативного базиса по ведению лесного хозяйства. В этот период были подготовлены и утверждены региональные правила рубок главного пользования, наставление по - рубкам ухода, «Наставление по отводу и таксации лесосек в лесах Российской Федерации» (1993), «Инструкция по проведению лесоустройства в лесном фонде России» (1994) и другие.

Сделан вывод, что развитие методических подходов к таксации лесосек в разные исторические периоды всегда происходило с учетом достижений отечественной и зарубежной лесотаксационной науки и лесохозяйственной практики, природных особенностей лесов России.

**Во втором разделе** приведена характеристика природных условий и лесного фонда района исследований. Изложены методические подходы к решению поставленных задач, дана краткая характеристика исходного материала.

Территория района исследований тяготеет к нижнему течению реки Ангары и включает 14 лесхозов с близкими природными и экономическими условиями.

По лесорастительному районированию В.П. Кутафьева (1970) рассматриваемый район относится к Ангарской провинции Среднесибирской лесорастительной области. Согласно исследованиям В.А. Соколова (1997), В.А. Соколова и С.К. Фарбера (1999) он относится к Ангарскому южно-таежному экорегиону (Ангарская провинция сосновых лесов).

Общая площадь лесов составляет 12,4 млн.га, в том числе покрытая лесом - 10,4 млн.га, а запас произрастающих древостоев равен 2,0 млрд.м<sup>3</sup>. Наиболь-

шую площадь занимают сосновые насаждения, составляющие около 40 % от площади и запаса всех, а также спелых и перестойных древостоев. Основная часть их произрастает в Кодинском, Гремучинском, Мотыгинском и Хребтовском лесхозах. Средние таксационные показатели характеризуются следующими величинами: класс бонитета - 3,4; возраст - 135 лет; полнота - 0,66; запас на 1 га спелых и перестойных насаждений - 262 м<sup>3</sup>; доля участия сосны в составе 6-7 единиц.

Около 70 % всех лесозаготовок по краю сосредоточено в районе исследований. Практически во всех лесхозах ведется только сплошнолесосечный способ рубки, что сильно влияет на выбор метода таксации лесосек. Преобладает метод с использованием материалов лесоустройства (80 - 90 %), остальная часть приходится на методы сплошного и ленточного пересчетов.

Предметом исследования являются нормативы, применяемые при таксации лесосек главного пользования в сосновых древостоях Красноярского Приангарья. Они помещены в региональных справочниках (1991, 2002 гг.) и в наставлении по отводу и таксации лесосек (1993). В территориальном аспекте таблицы объемов стволов, сортиментные и товарные таблицы относятся к местным, таблицы годовичного изменения запаса и, в некоторой степени, таблицы средних видовых высот можно отнести к общим. По характеру отражаемых процессов рассматриваемые нормативы характеризуют как статическое состояние таксационного признака, так и динамические ряды. По форме отражения изучаемых процессов предмет исследования представлен как числовыми нормативами, так и математическими моделями.

В качестве теоретической основы исследований приняты понятия элемента леса, предложенное Н.В. Третьяковым (1927), и поколение леса в понимании И.В. Семечкина (2002).

Исходные материалы представлены различными данными:

- массовые наблюдения (таксационная характеристика 3,4 тыс. выделов);
- выборочные первичные данные (41 тренировочная пробная площадь; 7 проб со сплошной рубкой деревьев; 3 пробы со сплошным обмером деревьев; 107 пробных площадей с рубкой более 10 средних по ступеням толщины и учетных деревьев);
- общее количество срубленных и обмеренных модельных и учетных деревьев на пробных площадях составило 3953;
- материалы отвода и таксации 97 лесосек;
- обобщенные и усредненные данные в виде нормативно-справочного материала (таблицы и математические модели), предназначенные для таксации лесного и лесосечного фонда сосновых древостоев Приангарья.

Наши исследования являются ретроспективными, а, следовательно, обсервационными. Чтобы избежать ловушек этих методов, стремились задать критерии группировки материала не только в явном виде, но и с учетом уже установленных закономерностей роста и строения древостоев.

Задачи исследований и разнородность исходных данных также требовали сочетания индуктивного и дедуктивного подходов к изучению рассматриваемых явлений. Этому в большой степени помогло использование методических

рекомендаций различных авторов по сбору и обработке исходных данных, описанию зависимостей между таксационными показателями деревьев и древостоев, составлению и анализу лесотаксационных нормативов (Антайитис, 1977; Богачев, Свалов, 1978; Горский, 1962; Загреев, 1978; Козловский, 1965; Кузьмичев, 1977; Лебков, 1973; Лиёпа, 1980; Моисеев, 1968; Мошкалев и др., 1982; Никитин, Швиденко, 1978; Семечкин, 1962; Третьяков, 1950; Чуенков, 1999; Giurgiu, 1965 и др.).

При обработке данных, выявлении закономерностей в них, описании парных и множественных зависимостей широко применялись статистические методы и методические разработки разных авторов (Гланц, 1998; Дрейпер, Смит, 1973; Кивисте, 1988; Кузьмичев, 1977, 1994; Лакин, 1973; Львовский, 1982; Никитин, Швиденко, 1978; Тюрин, Макаров, 1998; Франс, Торнли, 1987; Четыркин, 1977 и др.).

Проведенный математико-статистический анализ позволил придать выводам форму наиболее вероятных количественных соотношений, а применение персональных компьютеров (ПЭВМ) - сократить затраты времени и интеллектуальных усилий.

**В третьем разделе** при изучении особенностей роста и строения сосновых древостоев Красноярского Приангарья было выявлено следующее.

Изучением возрастной и товарной структуры сосновых древостоев, строением и ростом их занимались многие исследователи (Тихомиров, 1956, 1957; Шанин, 1959, 1965; Фалалеев, 1959, 1977, 1985; Савин, 1963; Побединский, 1965; Верхунов, 1966, 1976, 1980; Михеев, 1966; Лебков, 1973; Семечкин, 1976, 1978; Суприянович, 1978; Гончарук, 1985; Немич, 1995 и др.).

Противоречивые выводы исследователей о распространении разновозрастных насаждений объясняются тем, что они основаны на различных данных: либо на материалах пробных площадей, или же на материалах глазомерной таксации. Поскольку первые три типа возрастной структуры (одновозрастные, условно одновозрастные и условно разновозрастные) таксируются без выделения поколений, то доля разновозрастных составляет 12-15%.

С усложнением возрастной структуры древостоев возрастает варьирование диаметров, высот, видовых высот и видовых чисел. Наоборот, с увеличением возраста в пределах типа возрастной структуры, изменчивость этих показателей снижается. Во всех типах возрастной структуры теснота связей между таксационными показателями закономерно снижается по мере старения древостоев.

Для сосняков района исследований характерна значительно большая продолжительность роста по высоте и диаметру, чем это отражено в общих таблицах хода роста (А.В. Тюрина, В.В. Загреева), что определяет и особенность изменения с возрастом видовых чисел, что нашло отражение в моделях запаса и видовых высот древостоев. Устойчивость сосновых древостоев региона подтверждается и наступлением возраста естественной спелости в 180 - 230 лет. Выход деловой древесины понижается с увеличением среднего возраста дре-

востоя, более значительно с 220 лет. Это связано с развитием пороков древесины.

Установленные исследователями закономерности роста и строения сосновых древостоев Приангарья в различной степени нашли отражение в современных нормативах для таксации лесного и лесосечного фонда.

В четвертом разделе работы изложены результаты анализа современных таксационных нормативов, применяемых для материальной оценки сосновых древостоев.

Применительно к методам сплошного и ленточного пересчетов выявлено следующее:

- большинство древостоев относится к III-V разрядам высот. Математическая модель (2002) хорошо аппроксимирует стандартные кривые высот II-IX разрядов. Незначительная неадекватность ранее выявленным закономерностям наблюдается только в самых крупных ступенях толщины II-IV разрядов высот;

- во всех вариантах объемных таблиц и в модели объемов лежит одна и та же закономерность зависимости видовой высоты стволов от их высоты, описанная предложенным Н.Е. Суприяновичем уравнением:

$$HF = 0,916722 + 0,440996H. \quad (1)$$

Это подтверждается сравнением линий регрессии в пределах одноименных ступеней толщины: по сдвигу, наклону и критерию F линии регрессии совпадают (рисунок 1). Сопоставление объемов стволов, рассчитанных по уравнению (2) и уравнению (3) норматива 2002 года, с табличной формой модели, показало, что различия лежат в пределах точности выравнивания объемообразующих факторов различными функциями:

$$V = 7,854 \cdot 10^{-5} \cdot d^2(0,916722 + 0,440996h), \quad (2)$$

$$V = 5,0822 \cdot 10^{-5} \cdot \exp(357,5482 \cdot \ln(d) + 356,4727 \cdot \ln(h) - 355,556 \cdot \ln(d \cdot h)); \quad (3)$$

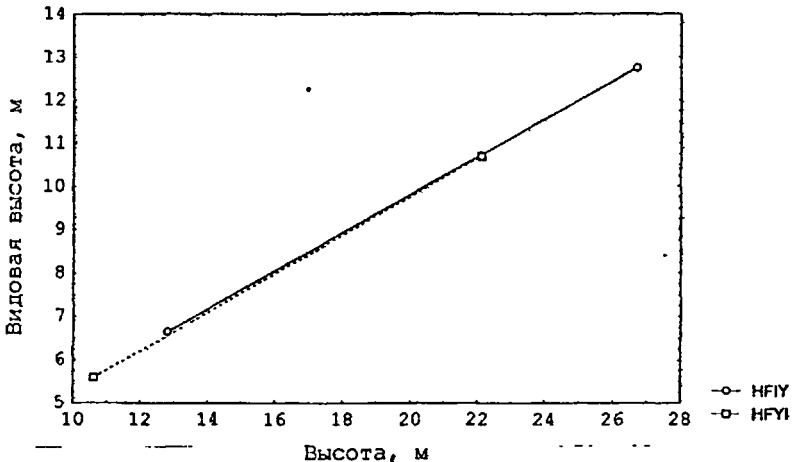


Рисунок 1 -Линии регрессии hfIV и VI разрядов высот



- при моделировании сортиментных таблиц в качестве зависимых переменных целесообразно принимать итоги последовательного накопления деловой древесины различных групп крупности и товарной древесины, то есть К, КС, КСМ, КСМД. Увеличение степени полинома выше седьмой существенных преимуществ не дает. Параметры и погрешности регрессионных моделей приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Параметры и погрешности регрессионных моделей вида  

$$y = a_0 + a_1 * x + a_2 * x^2 + a_3 * x^3 + a_4 * x^4 + a_5 * x^5 + a_6 * x^6 + a_7 * x^7 \quad (4)$$

Параметры уравнений	Категории древесины			
	К	КС	КСМ	КСМД
$a_0$	2,610761	-6,81781	0,326093	0,637087
$a_1$	-57,1572	100,1872	7,514233	3,725493
$a_2$	340,4588	-574,948	-53,8276	-26,6538
$a_3$	-804,926	1859,092	233,1866	112,1642
$a_4$	687,5064	-3631,14	-608,887	-284,024
$a_5$	317,2371	4252,014	914,0239	420,842
$a_6$	-887,868	-2746,59	-720,955	-333,479
$a_7$	406,738	751,4848	230,8251	108,5657
Стандартная ошибка, % ( $\pm$ )	0,9	0,5	0,5	0,4
Пределы $d$ , м	0,28 - 0,80	0,16 - 0,80	0,08 - 0,80	0,08 - 0,80

Ни в одном лесхозе региона не применяется метод таксации лесосечного фонда круговыми реласкопическими площадками. Причиной этого, по нашему мнению, является недостаточная подготовка работников лесхозов и в меньшей степени - наличие густого подроста и подлеска в насаждениях. Подтверждением служат данные анализа материально-денежной оценки запаса десяти лесосек Нижне-Енисейского лесхоза Красноярского края: товаризация запаса произведена по сортиментным таблицам.

Применяя указанный метод таксации лесосек, не имеет смысла использовать таблицу НГ по разрядам высот (1993), поскольку выявлено, что результаты не улучшаются по сравнению с уравнением (1). Кроме того, подтверждено, что характер распределения дровяных стволов по ступеням толщины влияет не только на правильность определения класса товарности, но и обуславливает погрешность установления запаса этих стволов от 4 до 18 % по единой для древостоя средней видовой высоте.

Принимаемый коэффициент выхода деловой древесины из деловых стволов  $K = 90$  % явно завышен: в региональных сортиментных таблицах только в двух ступенях толщины он достигает 85 %. Последняя величина его соответствует общесоюзным нормативам (1992).

Выход деловой древесины в товарных таблицах сосны (85 %) первого класса товарности находится в явном противоречии с данными соответствующими

щих сортиментных таблиц и принятыми критериями для отнесения древостоя к этому классу товарности по проценту деловых стволов в нем.

В лесхозах Приангарья широко используется метод таксации лесосеченого фонда по материалам лесоустройства. Однако актуализация запаса не производится. Рекомендованный действующим Наставлением норматив годичного изменения запаса сосновых древостоев ограничен пределами возрастов 60-160 лет, что не учитывает особенности роста сосновых древостоев района исследования. Кроме того, в нем допущена методическая неточность, состоящая в том, что процент среднепериодического текущего изменения запаса по ТХР В.В. Загреева рассчитан по отношению к конечному, а не к начальному значению его величины в пределах периода. Отпуск леса производится со ступени 16 см. Норматив для уменьшения общего запаса отсутствует, либо он принимается волевым порядком на несколько процентов ниже.

В пятом разделе рассматриваются некоторые вопросы совершенствования нормативно-справочных материалов в направлении необходимости учета особенностей роста и строения сосновых древостоев; соблюдения условий взаимосвязи различных нормативов между собой и возможности их использования в обстановке современного лесного хозяйства; создания комплекса программного обеспечения для материально-денежной оценки лесосек на ПЭВМ.

На вопрос: нужны ли вообще кривые высот, улучшают ли они оценку запаса и сокращают ли объем вычислений? прежде всего, необходимо согласиться с мнением, что проблемы трудоемкости подобных расчетов уже не существует (Верхунов, 2001; Швиденко, 2002). Строить график высот только для того, чтобы с его помощью установить разряд высот, как это рекомендовано действующим Наставлением (1993), нецелесообразно. В этом случае для расчета запаса по ступеням толщины следует использовать одну из моделей вида  $V = \Psi(d, h)$ . Аналитическое выравнивание высот может быть выполнено по уравнению, предложенному А.А. Макаренко (2001):

$$h = \frac{d^2}{b_0 + b_1 d + b_2 d^2} \quad (5)$$

Тогда даже при обмере 15 учетных деревьев, представляющих все ступени толщины древостоя элемента леса, погрешности определения запаса ниже, чем при использовании стандартных кривых по разрядам высот. Последние следует использовать, когда график высот не строится.

Анализ факторов, влияющих на форму древесных стволов, подтвердил, что моделирование объемов стволов, в конечном счете, сводится к модели зависимости видового числа в прямом или трансформированном виде. Погрешность определения его прямо отражается на точности установления объема ствола.

По данным пробных площадей со сплошной рубкой выявлено, что уравнение зависимости видового числа от таксационных показателей более адекватно отражает динамику видовых чисел по ступеням толщины.

Исходя из положения, что модель функционирует по объективным законам математических отношений (Лиёпа, 1980), и объектом хозяйственной

деятельности является насаждение, то модель объемов стволов должна отражать связь объемообразующих факторов в отдельном древостое. Это обусловило целесообразность сформировать совокупность стволов из древостоев 79 пробных площадей, в которых моделями и учетными деревьями были представлены практически все ступени толщины. ( $N = 1826$  шт.,  $a = 35 + 350$  лет,  $d = 4 \div 77,5$  см,  $h = 7,2 \div 35,9$  м). Наилучшие результаты по величине  $R^2$ , относительной стандартной ошибке и, характеру распределения остатков и достоверности всех коэффициентов уравнения ( $P < 0,05$ ) обеспечили следующие модели:

$$hf = 0,8001 + 0,3986h + 0,0067A - 1,2585 \frac{d}{D} + 1,2474 \left( \frac{h}{H} \right)^2, \quad (6)$$

$$R^2 = 0,847, \mu = \pm 8,2 \%;$$

$$f = 0,398 + \frac{1,1299}{d} - \frac{2,20497}{d^2} + 0,00032A - 0,0102 \frac{d}{h}, \quad (7)$$

$$R^2 = 0,206, \mu = \pm 8,1 \%;$$

$$f = 0,3428 + \frac{3,1877}{d} - \frac{27,123}{d^2} + 0,00034A - \frac{5,7213}{dh} + \frac{156,934}{d^2h}, \quad (8)$$

$$R^2 = 0,222, \mu = \pm 8,0 \%;$$

где А, Н, D - средние таксационные показатели древостоя.

Для верификации видовых чисел по моделям (2), (3), (6)-(8) использованы пробные площади со сплошной рубкой деревьев, которые не включались в исходную совокупность (7 шт.) и дополнительно пробная площадь М.Г. Семечкиной (1978). Результаты по формулам (2) и (3) отличаются в пределах  $\pm 1 \%$ , что подтверждает ранее сделанные выводы о единстве формул. Кроме того, они завышают показатели в крупных ступенях толщины, а также в древостоях моложе 100 лет, занижают - в древостоях старше 200 лет. Это является результатом выравнивания hf моделей без учета закономерностей строения и возраста древостоев. Более стабильные результаты обеспечивают модели (8), (7) и (6). Аналогичные выводы получены и при определении общих запасов древостоев, причем дополнительно использованы шесть пробных площадей М.Л. Дворецкого (1964).

Анализируя современный уровень нормативной базы, П.М. Верхунов (2001) подчеркивает необходимость составления многофакторных уравнений зависимости видовой высоты древостоев HF. Для сосняков региона уже изучена зависимость HF от Н - уравнение (1); от А, Н, D - уравнение (9) В.В. Гончарука (1985), уравнение (10) В.Н. Немича (1995); от процента протяжения кроны Р - уравнение (11) В.В. Гончарука (1985). Ранее А.З. Богачев (1978) получил уравнение (12) и пришел к выводу, что в этом случае влияние возраста не проявляется:

$$HF = 1,965 \left( 0,3358 + 0,014914 \frac{A}{D} \right) \cdot (H - 1,6), \quad (9)$$

$$HF = -0,15 + 0,3699H + 0,000034H^3 - 0,955 \ln \left( \frac{D}{A} \right) + 0,337 \frac{D}{H}, \quad (10)$$

$$HF = 4,332 + \frac{P}{3,412P - 37,44} \cdot (H - 8), \quad (H)$$

$$HF = 0,379H - 5,4P + 4,0. \quad (12)$$

По данным 37 пробных площадей со сплошной рубкой деревьев и рубкой 20 - 50 модельных и учетных деревьев рассчитаны погрешности определения HF по таблице Наставления (1993) и уравнениям (1), (9) - (12). Соответственно обозначение ошибок принято  $E, E_1, E_9 - E_{12}$ . В таблице 2 приведена матрица коэффициентов корреляции зависимости погрешностей от средних таксационных показателей и между собой. Подтверждается, что, кроме H, существенное влияние на HF оказывают D, A, P и что никакого преимущества определение HF по разрядам высот не имеет перед общим уравнением (1).

Таблица 2 - Статистические показатели и коэффициенты корреляции между изучаемыми признаками

Переменные и статистические показатели	Переменные									
	A	H	D	PK	E	E <sub>1</sub>	E <sub>9</sub>	E <sub>10</sub>	E <sub>11</sub>	E <sub>12</sub>
A	1,00	0,60*	0,74*	-0,24	-0,48*	-0,48*	0,06	-0,26	-0,41*	-0,65*
H	0,60*	1,00	0,84*	-0,05	-0,03	-0,04	-0,13	-0,01	-0,05	-0,37*
D	0,74*	0,84*	1,00	0,13	0,05	0,05	0,10	0,14	-0,16	-0,35*
PK	-0,24	-0,05	0,13	1,00	0,75*	0,76*	0,57*	0,72*	-0,24	0,19
E	-0,48*	-0,03	0,05	0,75*	1,00	1,00*	0,62*	0,92*	0,43*	0,70*
E <sub>1</sub>	-0,48*	-0,04	0,05	0,76*	1,00*	1,00	0,64*	0,93*	0,42*	0,69*
E <sub>9</sub>	0,06	-0,13	0,10	0,57*	0,62*	0,64*	1,00	0,84*	0,13	0,41*
E <sub>10</sub>	-0,26	-0,01	0,14	0,72*	0,92*	0,93*	0,84*	1,00	0,34*	0,63*
E <sub>11</sub>	-0,41*	-0,05	-0,16	-0,24	0,43*	0,42*	0,13	0,34*	1,00	0,72*
E <sub>12</sub>	-0,65*	-0,37*	-0,35*	0,19	0,70*	0,69*	0,41*	0,63*	0,72*	1,00
$\bar{x}_{ср}$	169,5	24,2	31,4	36,1	3,4	2,8	0,6	-0,7	-0,2	-0,2
$\sigma$	68,8	3,3	8,8	6,0	5,2	5,3	3,3	3,7	3,6	3,8

Примечание: \* - показатель достоверен при  $P < 0,05$ .

Модель упрощенных сортиментных таблиц для материально-денежной оценки лесосечного фонда можно рассматривать как таксационную индуктивно-эмпирическую модель, отражающую выход из делового ствола древесины различной технической годности и крупности. Анализ литературных данных, материалов пробных площадей, составленных ранее нормативов показывает, что важнейшим фактором, косвенно влияющим на выход указанной древесины, является возраст древостоев. Влияние различных пороков древесины проявляется сильнее с повышением возраста древостоя (Верхунов, 1979; Татаринцев, 1994; Тихомиров, 1953; Фалалеев, 1985; Шанин, 1965 и др.). Для сосняков Сибири П.М. Верхунов (1979) еще ранее обосновал и реализовал целесообразность составления сортиментных таблиц не только по типам возрастного строения древостоев, но и с учетом групп типов леса и онтогене-

тических этапов развития. В настоящее время он считает необходимым количество входных признаков даже увеличить (2001).

Вариант товарных таблиц для деловых стволов в региональных нормативах не содержится. Они составлены по классам товарности. А именно таблицы предыдущего варианта нужны при таксации лесосек методом реласкопических площадок. Товарные таблицы второго варианта должны быть уточнены в отношении выхода деловой древесины (85 %) для первого класса товарности, что отмечалось выше, и процента выхода отходов для древостоев одинакового среднего диаметра при различных классах товарности, так как в нормативе он одинаков.

Кроме того, для материально-денежной оценки форма товарных таблиц, предложенная Н.П. Анучиным, более удобная. Анализ региональных нормативов подтвердил возможность принятия единых величин процентов выхода древесины различных групп крупности по отношению к запасу деловой древесины для всех классов товарности при прочих равных условиях (рисунок 2). Средние линии регрессии выхода крупной ( $P_K$ ) и крупной + средней деловой древесины ( $P_{KC}$ ) описываются уравнениями:

$$P_K = -2,653512 + 5,51294D - 1,002336D^2 + 0,065903D^3 - 0,00182994D^4 + 2,321848 \cdot 10^{-5} D^5 - 1,116863 \cdot 10^{-7} D^6, \quad (13)$$

$$R^2 = 0,9998, \mu = \pm 0,7 \%;$$

$$P_{KC} = -84,2697 + 13,39591D - 0,369155D^2 + 0,0044078D^3 - 1,8549 \cdot 10^{-5} D^4, \quad (14)$$

$$R^2 = 0,9995, \mu = \pm 0,4 \%.$$

Указанные уравнения могут быть использованы как при частных расчетах, так и при составлении алгоритма программы для ПЭВМ.

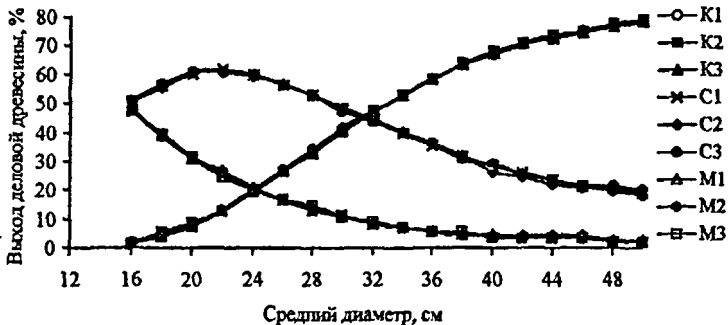


Рисунок 2 - Выход деловой древесины по товарным таблицам: крупная - K1 - 1 класс товарности, K2 - 2, K3 - 3; средняя - C1 - 1, C2 - 2, C3 - 3; мелкая - M1 - 1, M2 - 2, M3 - 3 класс товарности

При изучении строения спелых и перестойных древостоев по диаметру, площади сечения и запасу в качестве математической модели для выравнивания сумм накопленных частот, выраженных в относительных долях единицы,

принято двухпараметрическое уравнение интегральной функции распределения Вейбулла:

$$F(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x}{b}\right)^c\right).$$

Параметр масштаба «b» почти функционально зависит от среднего диаметра древостоя, что подтверждает выводы и других ученых (Танина, 1984; Каплунов, 1987; Лебков, 1992; Little, 1983).

$$b = -0,38032 + 1,065724D, \quad (16)$$

$$R^2 = 0,998, \mu = \pm 1,1 \%$$

На величину коэффициента формы «с» значимое влияние оказывают средний возраст, высота и диаметр древостоя:

$$c = 1,0374 + \frac{D}{16,415 - 0,01845A - 0,4125H + 0,00632D^2}, \quad (17)$$

$$R^2 = 0,41, \mu = \pm 17,8 \%$$

Для древостоев со средним диаметром 30 см в возрасте 110 лет (P110), 200 лет (P200) и по данным А.В. Тюрина (PT) это иллюстрируется рисунком 3. Параметры кривых распределения по диаметру коррелируют с соответствующими параметрами ( $b_1$  и  $c_1$ ) кривых распределения по запасу, что позволяет решать ряд практических задач.

$$b_1 = 3,9004 + 1,0269 \cdot b, \quad (18)$$

$$R^2 = 0,954, \mu = \pm 5,3 \%$$

$$c_1 = -0,9032 + 2,1914 \cdot c - 0,16035 \cdot c^2, \quad (19)$$

$$R^2 = 0,791, \mu = \pm 8,1 \%$$

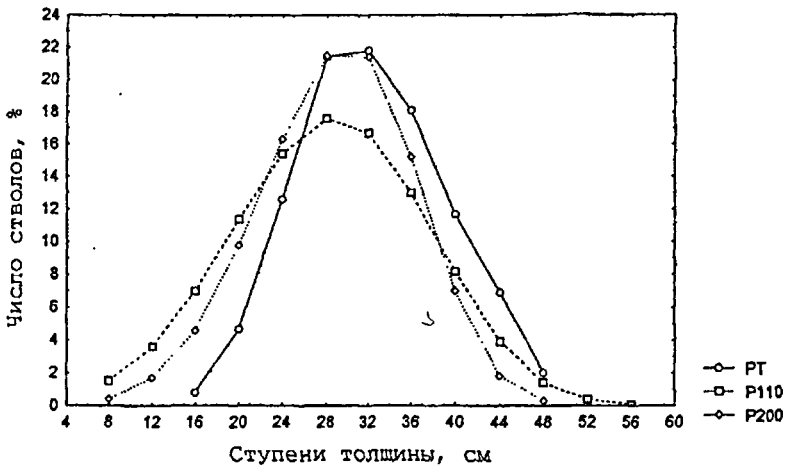


Рисунок 3 - Плотность распределения стволов, D = 30 см

Актуализация древесного запаса - это его прогнозирование. Процесс накопления запаса описывается функциями роста. Тогда кривая приростов опи-

сывается первой производной, что позволяет определить относительную скорость роста и выразить ее в процентах. Но относительная скорость роста отражает темп, является функцией состояния в конкретный момент (год), точечной оценкой. При актуализации таксационных показателей необходимо учитывать темп за определенный период, причем разной продолжительности, то есть нужна интервальная оценка.

Для этого предлагается использовать способ откорректированной оценки, основанный на параллельности линий регрессии (Kujala, 1980). В этом случае алгоритм расчета будет иметь вид:

$$M_p \approx M_{плу} \cdot \frac{M_{AK}}{M_{AH}}, \quad (20)$$

где  $M_p$ ,  $M_{плу}$ ,  $M_{AH}$ ,  $M_{AK}$  – соответственно запас на 1 га расчетный, по данным лесоустройства в начале периода, рассчитанный по принятой модели для возраста древостоя на начало и на конец учитываемого периода.

При удачном подборе функции роста аналогичным способом могут быть актуализированы и другие таксационные показатели древостоя. Анализ темпов изменения их ( $T_{uz} = T_{AK} / T_{AH}$ ) по таблицам хода роста различной полноты и густоты (Евдокименко 1968, Луганский, Нагимов, 1994; Рубцов, 1964; Смолоногов, 1970; Суприянович, 1977; Тшук, 1967; Тябера, 1982) показал, что при актуализации таксационных показателей может быть принят средний темп изменения их с возрастом в однородных лесорастительных условиях.

Возможность использования таксационных описаний насаждений как информационной комбинации признаков для составления динамики таксационных показателей древостоев подтверждена многочисленными исследованиями. Устройство объекта по ГИС-технологии позволяет осуществлять выборку показателей различной тематики и убеждаться в репрезентативности ее. Для этих целей также могут быть использованы и ведомости итогов таблиц классов возраста (рисунок 4).



Рисунок 4 - Динамика средних запасов сосновых древостоев Кординского лесхоза, тип леса –  $C_{бгг}$

При разработке программного обеспечения должны быть предусмотрены варианты увязки технологии натурных работ по таксации лесосек с моделями применяемых нормативов для материальной оценки запаса. Рассчитывать и выводить на печать необходимо не только конечные результаты (запас, его породная, товарная и стоимостная структура), но и необходимые промежуточные показатели - средний диаметр и высота древостоя элемента леса, разряд высот, высоты по ступеням толщины, поправка при актуализации запаса и так далее. Необходимо обеспечить визуальный контроль вводимых и полученных данных. В качестве примера такая программа составлена для древостоя элемента леса сосны при таксации лесосек сплошным и ленточным пересчетом. Блок-схема алгоритма показана на рисунке 5.

### Заключение

1. Основными методами таксации лесосечевого фонда в регионе являются метод таксации лесосек по материалам лесоустройства (80-90 %) и ленточного и сплошного пересчетов (10-20 %).

2. Рост сосновых древостоев продолжается даже после 200-220 лет. На полндревесность стволов их оказывают влияние средние таксационные показатели (A, H, D). С увеличением возраста повышается встречаемость пороков древесины. В то же время наблюдается высокая устойчивость сосновых древостоев, подтверждающаяся не только величиной запасов с большими диаметрами, высокой товарной структурой, но и наступлением возраста естественной спелости в 180-240 лет. Установленные исследователями закономерности в недостаточной степени нашли отражение в современных нормативах.

3. Анализ применяемых нормативных материалов выявил, что в основе таблицы объемов стволов по разрядам высот лежит единое уравнение (4) зависимости видовой высоты от высоты древостоев. Это приводит к завышению запасов в древостоях моложе 100 лет, к занижению их в древостоях старше 200 лет, а также к завышению запасов в крупных ступенях толщины для древостоев всех возрастов. Использование предлагаемых моделей (6)-(8) позволяет получить более стабильные результаты как при определении запасов отдельных ступеней толщины, так и запаса древостоев в различных возрастах

4. Товарная таблица выхода деловой древесины из деловых стволов в справочных материалах отсутствует, что приводит к излишним расчетам при таксации лесосек методом круговых реласкопических площадок. Коэффициент  $K = 0,90$ , характеризующий выход деловой древесины из деловых стволов явно завышен: по общесоюзным нормативам  $K = 0,85$ , по региональным сортиментным таблицам для отдельных ступеней толщины выход деловой древесины не превышает 85 %. Расчет выхода деловой древесины по сортиментным таблицам для древостоев первого класса товарности даже при 100 %-м количестве деловых стволов сосны подтвердил, что он не может составлять 85 %. Применение моделей (13) и (14) упрощает расчеты при материальной оценке лесосек без снижения их точности.



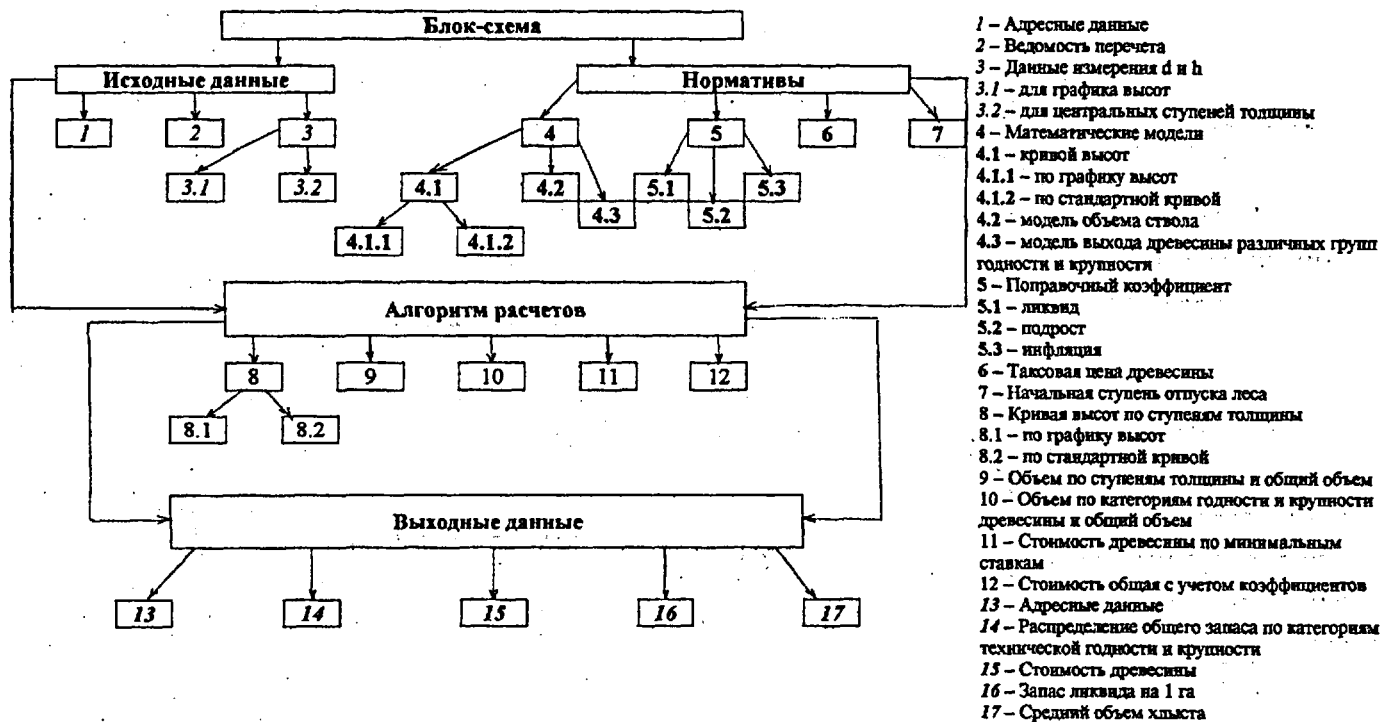


Рисунок 5 - Блок-схема материально-денежной оценки лесосек

5. Норматив актуализации запаса древостоя для сосняков региона не может использоваться как в силу ограниченных предельных возрастов, так и из-за методических особенностей его составления. Предлагаемая методика и алгоритм актуализации запаса древостоя (20) отражают темп изменения его до и после наступления возраста естественной спелости и позволяют использовать для расчетов как таблицы хода роста основных насаждений, так и материалы глазерной таксации лесного фонда.

6. Выявленные взаимосвязи между соответствующими параметрами интегральной функции Вейбулла для кривых распределения по диаметру и по запасу (18), (19) позволяют использовать их для решения ряда практических задач.

7. Полученные результаты могут быть использованы при разработке программного обеспечения материально-денежной оценки лесосек, что позволит улучшить качество таксации лесосечного фонда сосновых древостоев.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1 Батвенкина Т.В. Регрессионные модели динамики таксационных показателей древостоев Козьмодемьянского лесхоза // Молодежь и наука - третье тысячелетие: Сб. матер, науч. фестиваля / Под ред. В.В. Сувейзда; КРО НС «Интеграция». - Красноярск, 2000. - С. 210-212.

2 Батвенкина Т.В, Гончарук В.В., Немич В.Н., Немич Н.С. Некоторые закономерности строения сосновых древостоев Красноярского Приангарья // Химико-лесной комплекс - научное и кадровое обеспечение в XXI веке. Проблемы и решения: Сб. статей по матер, конф. - Красноярск: СибГТУ, 2000. - С. 82-85.

3 Батвенкина Т.В., Гончарук В.В., Немич В.Н., Гурин И.А. Актуализация запаса древостоя // Лесная таксация и лесоустройство: Межвуз. сб. науч. тр. - Красноярск: СибГТУ, 2000. - С. 131-136.

4 Батвенкина Т.В. Анализ метода таксации лесосек с использованием материалов лесоустройства // Химико-лесной комплекс - проблемы и решения: Сб. статей по матер. Всеросс. науч.-практ. конф. Том 1. - Красноярск: СибГТУ, 2001. - С. 26-29.

5 Гончарук В.В., Батвенкина Т.В., Немич В.Н., Немич Н.С. Актуализация таксационных показателей древостоев при повторном лесоустройстве // Химико-лесной комплекс - проблемы и решения: Сб. статей по матер. Всеросс. науч.-практ. конф. Том 1. - Красноярск: СибГТУ, 2001. - С. 173-176.

6 Батвенкина Т.В. Исследование темпа изменения средних таксационных показателей основных древостоев различной полноты и густоты // Лесная таксация и лесоустройство. - 2001. - № 1 (30). - С. 33-36.

7 Гончарук В.В., Батвенкина Т.В., Немич В.Н., Гурин И.А. Регрессионные модели объемных и сортиментных таблиц среднетаежных и южнотаежных основных лесов Западной и Восточной Сибири // Лесная таксация и лесоустройство. - 2001. - № 1(30). - С. 37-38.

8 Батвенкина Т.В. Анализ метода таксации лесосек круговыми реласкопическимл площадками // Химико-лесной комплекс - проблемы и решения: Сб. статей по матер. Всеросс. науч.-практ. конф. 11-12 апреля 2002 г. Том 1. - Красноярск: СибГТУ, 2003. - С. 8-13.

9 Гончарук В.В., Батвенкина Т.В., Немич В.Н. Исследование видовой высоты, видового диаметра и скользящего диаметра как объемобразующего фактора объемных таблиц сосняков Приангарья // Химико-лесной комплекс - проблемы и решения: Сб. статей по матер. Всеросс. науч.-практ. конф. 11-12 апреля 2002 г. Том 1. - Красноярск: СибГТУ, 2003. - С. 326-331.

10 Батвенкина Т.В., Гончарук В.В. Некоторые аспекты таксации лесосек в связи с особенностями роста, строения и состояния сосняков Красноярского Приангарья // Актуальные проблемы лесного комплекса: Сб. науч. тр. по матер. конф. - Выпуск 7. - Брянск, 2003. - С. 3-5.

11 Батвенкина Т.В. О целесообразности определения видовых высот сосновых дрствостоев Приангарья по единой формуле // Достижения науки и техники - развитию сибирских регионов: Матер. Всеросс. науч.-практ. конф.: В 3 ч. Ч. 1. - Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2003. - С. 283-284.

**Подписано в печать 26.04.04. Сдано в производство 5.05.04.  
Формат 60x84 1/16. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 1,0. Изд. № 159. Тираж 100 экз. Заказ № 740.  
Лицензия ИД № 06543 16.01.02.**









11069