

630x  
М61

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 630\*524.4

**МИНКЕВИЧ Сергей Иванович**

**РАЗРАБОТКА ЛЕСОТАКСАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ И НОРМАТИВОВ  
ПО МАТЕРИАЛАМ ВЫБОРОЧНОЙ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЛЕСОВ  
МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

06.03.02 – Лесоустройство и лесная таксация

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Минск 2003

Работа выполнена на кафедре лесоустройства учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»

Научный руководитель      заслуженный лесовод Республики Беларусь, доктор сельскохозяйственных наук, профессор **О. А. Атрошенко**, заведующий кафедрой лесоустройства УО «Белорусский государственный технологический университет»

Официальные оппоненты:      доктор сельскохозяйственных наук, профессор **А. Д. Янушко**, УО «Белорусский государственный технологический университет», кафедра экономики природопользования и менеджмента;

кандидат сельскохозяйственных наук **А. А. Буй**, начальник отдела лесного хозяйства и лесовосстановления Гродненского ПЛХО

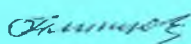
Оппонирующая организация      лесоустроительное республиканское унитарное предприятие «Белгослес»

Защита диссертации состоится 11 декабря 2003 г. в 12.00 часов на заседании совета по защите диссертаций Д 02.08.05 в УО «Белорусский государственный технологический университет» по адресу: 220050, ул. Свердлова, 13а, г. Минск, Республика Беларусь, тел.: (8-017) 226-14-32      факс: (8-017) 227-62-17  
email: root@bstu.unibel.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке УО «Белорусский государственный технологический университет»

Автореферат разослан 11 ноября 2003 г.

Ученый секретарь совета  
по защите диссертаций  
кандидат биологических наук, доцент



А. И. Блищев

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы диссертации.** В соответствии с «Концепцией устойчивого развития лесного хозяйства Республики Беларусь до 2015 года» реализация задач информационного обеспечения лесохозяйственного управления требует повышения точности таксации лесов, получения текущей, достоверной и надежной информации о состоянии лесного фонда, на основе которой возможно принятие оптимальных решений, разработка программ управления лесным хозяйством, снижение стоимости лесоустроительных работ. Актуальной задачей является повышение точности учета лесного фонда и уменьшение затрат учета на основе непрерывной выборочной инвентаризации лесов математико-статистическими методами с использованием методов дистанционного зондирования. Согласно «Стратегическому плану развития лесного хозяйства» (1997), выборочная лесоинвентаризация рассматривается в общей системе лесоустройства страны и включает подсистему лесного мониторинга, что соответствует «Национальной стратегии и плану действий по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия Республики Беларусь» (1997), Государственной программе «Многоцелевое использование лесов на период до 2015 года» (1998). Данные выборочной лесоинвентаризации дают объективную оценку состояния лесов и в условиях интенсивного лесного хозяйства могут служить для контроля результатов лесохозяйственной деятельности, а также для решения практических и научных вопросов лесного хозяйства (О. А. Атрощенко, 1993; Л. П. Толкачев, 1990; В. В. Антанайтис, И. Н. Решшис, 1973; А. Н. Федосимов, 1986; В. В. Антанайтис, В. В. Загребев, 1981; В. Г. Анисочкин, А. Н. Федосимов, 1979; В. С. Чуенков, А. Н. Федосимов, 1967; Е. Томпро, 1993, 1995, 2000 и др.).

Актуальным направлением является использование материалов измерительной таксации на круговых пробных площадках в системе выборочной лесоинвентаризации для разработки лесотаксационных моделей и нормативов для лесоустройства, информационных систем и компьютерных технологий в лесном хозяйстве, математического и программного обеспечения автоматизированных систем управления и планирования.

Актуальность и целесообразность исследования в этой области вытекает также из необходимости корректировки нормативных материалов и более широкого использования в лесоустроительной практике прогрессивных технологий, основанных на выборочных методах лесной таксации.

**Связь работы с крупными научными программами, темами.** Диссертация выполнена в рамках ГНТП «Лес – экология и ресурсы» и является частью темы «Разработать и внедрить технологию выборочной инвентаризации лесов математико-статистическим методом в Гродненской области» по заданию 02. «Разработать систему организации и управления лесными ресурсами, новые методы и технологии лесоустройства, систему лесохозяйственной информации с учетом развития различных форм собственности и формирования рыночных отношений» (БС 97-047, этапы 02.02-02.06), которая выполнялась

537 ап

Гродненский университет

сотрудниками кафедры лесоустройства БГТУ (№ госрегистрации 19973221). Тема и содержание диссертации согласуются с направлениями «Стратегического плана развития лесного хозяйства» (1997) в разделе системы лесоустройства и развитие компьютерных технологий.

**Цели и задачи исследований.** Целью исследования явилось научное обоснование и разработка лесотаксационных моделей и нормативов на основе материалов выборочной инвентаризации лесов математико-статистическим методом.

Программа исследования предусматривает решение следующих задач:

- изучение и обобщение накопленного отечественного и зарубежного опыта проведения выборочных лесоинвентаризаций, использования полученных данных; современных направлений моделирования роста и производительности древостоев;
- сбор, анализ и группировка экспериментального материала;
- разработка программы, методики и алгоритма обработки и статистического анализа материалов выборочной лесоинвентаризации;
- обработка и статистический анализ данных;
- разработка моделей и стандартных таблиц сумм площадей сечений и запасов сосновых древостоев при полноте 1,0;
- исследование взаимосвязей средних таксационных показателей в сосновых древостоях;
- анализ строения страт (совокупностей древостоев);
- разработка моделей и таблиц текущего прироста по запасу сосновых древостоев;
- моделирование производительности модальных сосновых древостоев на типологической основе;
- оценка полученных результатов.

**Объект и предмет исследования.** Объект исследования — сосновые древостои (*Pinus sylvestris* L.) Гродненского ПЛХО. Предмет исследования — закономерности строения, роста и производительности сосновых древостоев.

**Гипотеза:** данные выборочной таксации древостоев и лесоинвентаризации могут быть использованы для изучения и моделирования строения, производительности древостоев и разработки лесотаксационных нормативов.

**Методология и методы проведенного исследования.** Методология основана на системном подходе к сбору, статистическому анализу данных, моделированию строения и производительности древостоев. Основные методы исследований — методы выборочных измерений, лесной таксации и лесной биометрии, лесоустройства, математического моделирования.

**Научная новизна полученных результатов.** Автором впервые для условий Беларуси разработаны лесотаксационные модели и нормативы по данным таксации на круговых пробных площадках в системе выборочной



инвентаризации математико-статистическим методом лесов Гродненского ПЛХО. Научно обоснованы и выдвинуты следующие положения:

- 1) методика, программа и алгоритм обработки, статистического анализа данных выборочной лесоинвентаризации;
- 2) стандартные таблицы сумм площадей сечений и запасов сосновых древостоев и их математические модели;
- 3) регрессионные уравнения взаимосвязи средних таксационных показателей сосновых древостоев;
- 4) таблицы текущего прироста по запасу сосновых древостоев и их математические модели;
- 5) математические модели и программы на ЭВМ моделирования строения совокупностей сосновых древостоев;
- 6) таблицы производительности сосновых древостоев и их математические модели.

**Практическая значимость полученных результатов.** Программа, методика и алгоритм обработки, математико-статистического анализа материалов выборочной лесоинвентаризации использованы при обработке данных лесоинвентаризации в информационно-вычислительном центре ЛРУП «Белгослес» (акт внедрения от 25.09.03 г.), а также использованы в учебном процессе по лесной таксации (акт внедрения от 23.10.03 г.). Лесотаксационные нормативы — таблицы сумм площадей сечений и запасов, текущего прироста, производительности сосновых древостоев рекомендованы для практики лесоустройства при таксации лесов Гродненского ПЛХО.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту.**

- методика, программа и алгоритм обработки, математико-статистического анализа материалов выборочной лесоинвентаризации;
- математические модели взаимосвязей средних таксационных показателей сосновых древостоев;
- математические модели сумм площадей сечений, запасов, текущего прироста по запасу и производительности сосновых древостоев;
- стандартная таблица сумм площадей сечений и запасов нормальных сосновых древостоев при полноте 1,0;
- таблицы относительного текущего прироста по запасу чистых сосновых древостоев;
- таблицы абсолютного текущего прироста по запасу чистых сосновых древостоев;
- таблицы производительности модальных сосновых древостоев по типам леса.

**Личный вклад соискателя.** Автор принимал личное участие в полевых лесоустроительных работах в Гродненском лесхозе при проведении выборочной лесоинвентаризации математико-статистическим методом. Дополнительно собран экспериментальный материал в виде данных перечислительной таксации древостоев на пробных площадях, заложенных

автором в Негорельском и Столбцовском лесхозах. Автор проиел зарубежную стажировку в Финляндии на кафедре государственной лесоинвентаризации Финского научно-исследовательского института лесного хозяйства (Metla), Хельсинки, июль — сентябрь 2002 г.; в Германии на кафедре лесной биометрии Университета г. Фрайбурга и кафедре лесной биометрии и информационных технологий научно-исследовательского института лесного хозяйства земли Baden-Wuerttemberg, Фрайбург, октябрь 2002 г. — март 2003 г.). Автор принимал участие в полевых работах в составе лесоустроительной партии в системе выборочной лесоинвентаризации в Финляндии, при проведении экспериментальных работ по выборочному методу в Германии. Постановка задачи, разработка программы исследований, обоснование теоретических и методических положений ее реализации, перевод иностранной литературы на русский язык, оформление иллюстраций, составление таблиц и текста диссертации выполнены автором лично. Обработка, статистический анализ и обобщение материала выполнены лично автором под научным руководством доктора сельскохозяйственных наук, профессора О. А. Атропенко. Научные консультации оказывали преподаватели БГТУ.

**Апробация результатов диссертации.** Основные положения, методика, результаты исследований и практические рекомендации обсуждались и получили положительную оценку на ежегодных научных конференциях лесохозяйственного факультета БГТУ (1998—2003); Международной научной конференции молодых ученых «Лес, наука, молодежь» (Гомель, 1999); Международной научно-технической конференции «Ресурсосберегающие технологии в лесном хозяйстве, лесной и деревообрабатывающей промышленности» (Минск, 1999); V Республиканской научной конференции студентов, магистрантов и аспирантов Беларуси (Гродно, 2000); II Пушкинской международной школе-семинаре по экологии «Экология 2002: эстафета поколений» (Пушино, 2001); Международных конференциях молодых ученых (Мытищи, 2001; Беловежская Пуца, Белавежа, 2002; Санкт-Петербург, 2003); Международной конференции «Проблемы лесного комплекса» (Брянск, 2002); Международной конференции «Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения» (Архангельск, 2002); Международной научно-технической конференции «Леса Европейского региона — устойчивое управление и развитие» (Минск, 2002); Международной конференции молодых ученых «Экология 2003» (Архангельск, 2003); Международной молодежной конференции «Лес в жизни восточных славян от Киевской Руси до наших дней» (Гомель, 2003); Международном семинаре «International Frameworks in Forest Politics» (Фрайбург, Германия, 2003); Международной конференции «Международный экологический опыт и его использование в Беларуси» (Витебск, 2003).

**Опубликованность результатов.** По материалам диссертации опубликовано 25 печатных работ, в том числе 11 научных статей, 12 тезисов и

материалов конференций, 1 статья в межотраслевом журнале «Лесное и охотничье хозяйство», 1 статья в «Белорусской лесной газете».

**Объем и структура диссертации.** Диссертационная работа изложена на 218 страницах машинописного текста, в т. ч. основная часть — на 169 страницах и состоит из введения, общей характеристики, пяти глав и заключения, списка литературных источников (228 названия, из них 46 на иностранных языках) и приложений. В тексте помещено 29 таблиц и 38 иллюстраций, в приложении — 15 таблиц, 4 программы статистической обработки экспериментального материала на ПЭВМ, 2 копии актов о внедрении результатов НИР в производство и учебный процесс.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** дано краткое обоснование актуальности темы, научной новизны исследования и практическое значение.

**1. Современное состояние вопроса.** За рубежом в странах с интенсивным ведением лесного хозяйства учет и статистику о лесных ресурсах получают на основе выборочных методов лесоинвентаризации (О. А. Атрошенко, 1989; И. В. Толкач, 1998, 1999; E. Tomppo, 1993, 1995, 2000; E. Tomppo, J. Heikkinen 1999; M. Köhl, 1995; E. Tomppo, K.T. Korhonen, J. Heikkinen, H. Yli-Kojola, 2001; S. M. Tomter, 1993; U. Söderberg, 1997; A. Kuliešis, 1999; D. Pelz, 1985 и др.). Совершенствованием выборочных методов и повышением точности таксации леса на их основе занимались многие ученые мира: А. Н. Федосимов, 1964, 1986; В. Г. Анисочкин, 1974; К. Е. Никитин, А. З. Швиденко, 1978; Н. П. Анучин, 1982; А. З. Швиденко, Ю. Н. Савич, А. А. Строчинский, 1987; О. А. Атрошенко 1989, 1993; Ranneby, 1979; J. Hradetzky, 1995; A. Kuliešis, A. Kasperavičius, 1998 и др.

Современная система лесоинвентаризации, основанная на математико-статистических методах направлена на широкое использование материалов таксации древостоев на пробных площадках, данных дистанционного зондирования и цифровых карт, мобильных лесотаксационных приборов и инструментов для сбора, хранения и передачи данных, специализированного multifunctional программного обеспечения (скандинавские страны, Германия, Австрия, Литва и др.).

Изучением взаимосвязей таксационных показателей в древостоях, строения, роста и продуктивности древостоев в разное время занимались многие известные ученые: В. В. Антанайтис, 1977; О. А. Атрошенко, 1974, 1979, 1976, 1985; А. Д. Янушко, 1963; Н. Ф. Ловчий, 1989; И. Д. Юркевич, Н. Ф. Ловчий, 1984; В. Е. Ермаков, 1967, 1971, 1975, 1978; В. Ф. Багинский, 1972, 1976, 1982, 1984; В. Ф. Багинский, Л. Д. Есимчик, 1996; А. М. Кожевников, 1969, 1970; А. В. Богачев, 1993; В. П. Романовский, 1973 и другие. На различные цели и возможности использования материалов выборочной таксации при решении текущих и перспективных задач лесного



хозяйства и лесопользования указывалось многими исследователями: А. В. Вагин, 1976; В. В. Антанайтис, 1977; В. В. Антанайтис, В. В. Загресв, 1969, 1981; В. В. Антанайтис, И. Н. Репшис, 1973; О. А. Атрошенко, 1993; А. Н. Федосимов, 1986; E. Tomppo, 1996, 1999, 2001; T. Tonteri, 1995, 1996; H. Hirvonen, 1995; J. Rondeux, 1999 и др. Различные авторы (О. А. Атрошенко, 1989; В. В. Антанайтис, 1977; В. В. Антанайтис, В. В. Загресв, 1969, 1981; В. В. Антанайтис, И. Н. Репшис, 1973; J. Laasasenaho, 1982) указывают на возможность использования данных выборочной инвентаризации лесов в качестве экспериментального материала при разработке математических моделей взаимосвязей между таксационными показателями, а также для подготовки таксационных нормативов и другой справочной информации.

Перспективным является использование материалов массовой таксации на выборочных площадках для уточнения и корректировки действующей нормативной базы.

**2. Программа, методика и объекты исследования.** В соответствии с поставленной задачей, программа исследований предусматривает выполнение следующих этапов: 1) аналитический обзор современных систем выборочной лесоинвентаризации, современных направлений моделирования строения, роста и производительности древостоев; 2) сбор, обработка и статистический анализ экспериментальных данных; 3) моделирование запасов и сумм площадей сечений древостоев; 4) моделирование взаимосвязей между таксационными показателями сосновых древостоев; 5) моделирование текущего прироста по запасу; 6) моделирование производительности модальных сосновых древостоев по типам леса; 7) анализ полученных результатов.

В процессе исследований использован экспериментальный материал: 1) данные выборочной инвентаризации математико-статистическим методом лесов Гродненского ПЛХО (рис. 1) – 7690 круговых пробных площадок (КПП) для целей статистического анализа и 4801 КПП (преобладающая порода сосна, рис. 2) для разработки математических моделей взаимосвязей средних таксационных показателей, лесотаксационных таблиц и их математических моделей; 2) данные перечислительной таксации сосновых древостоев на 32 временных пробных площадях, заложенных автором.

Выборочная лесоинвентаризация была проведена в 10 лесхозах Гродненского ПЛХО в течение полевого сезона в 1998 году. Планирование выполнено по схеме трехэтапной систематической выборки: 1) тракты размером 2×2 км по схеме систематической выборки 4×4 км; 2) вдоль каждой стороны тракта через 100 метров закладывались круговые пробные площадки (в одном тракте 41 КПП, рис. 3). Всего в процессе инвентаризационных работ было заложено 236 трактов и 7891 круговые пробные площадки (реласкопические и постоянного радиуса). На КПП подбирались и обмерялись не менее трех учетных деревьев для главной породы и не менее одного для сопутствующих пород. У учетного дерева измерялись диаметр, высота, диаметр у основания, возраст, толщина коры, радиальный прирост за последние 5 лет.





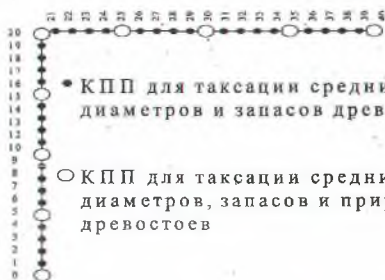
Рис. 1. Объект проведения выборочной лесоинвентаризации



Рис. 2. Лесной фонд Гродненского ПЛХО



а)



б)

Рис. 3. Трехэтапная систематическая выборка:

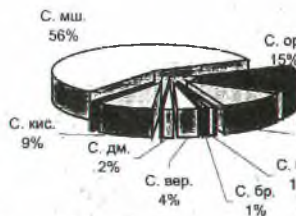
а) схема расположения тракторов; б) схема расположения круговых пробных площадок на тракте



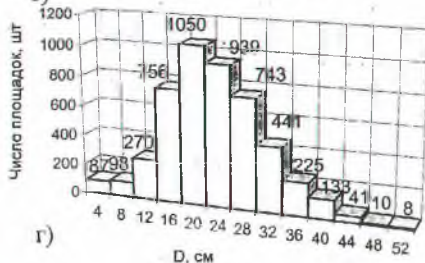
а)



б)



в)



г)

Рис. 4. Распределение общего числа круговых пробных площадок в сосновых древостоях:

а) по классам бонитета; б) по типам леса; в) по классам возраста; г) по средним диаметрам

Также оценивались текущий прирост по высоте, процент протяженности кроны. На каждой пятой КПП для определения прироста учетным являлось каждое второе дерево на площадке.

В экспериментальном материале наиболее представлены древостои I (57,2 %) и II (20,3 %) классов бонитета, мшистого (56 %), орлякового (15 %), черничного (11 %) типов леса, с относительной полнотой 0,6—0,8; средневозрастные и припевающие насаждения составляют 66,3 % (рис. 4).

При обработке данных на языке программирования VBA для прикладной системы Microsoft Excel были написаны программы для обработки данных таксации древостоев с получением средних таксационных показателей. В основе алгоритма обработки данных лежит метод среднего дерева (У. Пвессало, 1932; Е. Томро, 1993). Соответственно, расчет основных таксационных показателей ведется на основе показателей среднего учетного дерева (форма 3 карточки таксации). Объем ствола учетного дерева рассчитан на основе формулы  $v=ghf$ . Видовые высоты (hf) получены по регрессионным уравнениям связи с высотой (h), диаметром (d) и индексом класса бонитета (H100). Средние диаметр и высота для каждой КПП рассчитаны как среднеарифметические величины. Абсолютный текущий периодический прирост по объему древесного ствола рассчитывали как разность объемов ствола в настоящее время и пять лет назад. Процент прироста по объему ствола учетного дерева рассчитывался по формуле сложных процентов. Абсолютный текущий среднепериодический прирост по запасу древостоя для КПП определенной страты рассчитан как средневзвешенная величина через сумму площадей сечений учетных деревьев.

Для каждой КПП по породам вычислялась сумма площадей сечений:

$$G = q \cdot (n / k), \quad (1)$$

где  $G$  – сумма площадей сечений,  $m^2/га$ ;  $q$  – фактор полнотомера (2);  $n$  – число учетных деревьев, шт;  $k$  – фактор учета неполной КПП.

Запас вычисляли по формуле  $M=G \cdot H \cdot F$ .

Для каждой страты рассчитывали средний запас и основные статистические показатели выборки.

Репрезентативность определенной категории земель оценивалась формулой для дисперсии доли при размещении площадок в тракте. Несмещенная выборочная оценка дисперсии определялась формулой

$$\sigma_{P_i}^2 = \frac{\beta (P_{\beta,i} - P_i)^2}{K(K-1)}, \quad (2)$$

где  $i$  – индекс категории земель (страты);  $K$  – число трактов в объекте;  $P_{\beta,i}$  – доля числа площадок в  $\beta$  тракте, характеризующих определенную  $i$ -тую страту;  $P_i$  – доля площади страты в объекте.

Показатель точности ( $P_p$ ) определения площади  $i$ -той страты рассчитывали по формуле

$$P_{P_i} = \frac{100}{P_i} \sqrt{\beta \frac{(P_{\beta,i} - P_i)^2}{K(K-1)}} \quad (3)$$

Исходя из объема и принятой схемы выборки определено, что распределение по категориям земель получено с точностью от 0,7 % (покрытые лесом площади) до 14,5 % (нелесные земли) с достоверностью 0,683. Для насаждений сосны, ели и березы общий запас был оценен с точностью соответственно – 3,3; 7,5; 8,1 %. Для сосновых насаждений средний запас оценен с точностью 1,2 %, для еловых 2,6 %, для березовых 3,3 %. Процент точности оценки средних значений основных таксационных показателей по классам возраста не превышает 5 %.

Статистическая обработка экспериментальных данных отвечает требованиям для решения поставленных задач. Наличие достаточного объема экспериментального материала обеспечивает необходимую точность результатов исследований.

### 3. Модели запасов и сумм площадей сечений сосновых древостоев.

Под нормативной суммой площадей сечений понимается такая величина, которая принимается за величину наиболее вероятную для полных насаждений, принимаемых за единицу при различных уровнях значимости, вычисляемая на основе средневзвешенной величины абсолютной полноты (условная средняя) для группы древостоев близких по величине средней высоты и среднеквадратического отклонения  $\sigma_G$ , как показателя степени изменчивости сумм площадей сечений многих древостоев данной породы. Математически все сказанное можно выразить формулой

$$G_{\text{норма}} = G_{\text{усл. ср.}} + t\sigma, \quad (4)$$

где  $G_{\text{норма}}$  – нормативная сумма площадей сечений данного древостоя при данной высоте;  $G_{\text{усл. ср.}}$  – условная средняя сумма площадей сечений для средней высоты, объединяющей группу высот;  $\sigma$  – среднеквадратическое отклонение, характеризующее степень изменчивости сумм площадей сечений на 1 га в м<sup>2</sup>;  $t$  – критерий Стьюдента.

По материалам таксации на КПП был произведен анализ влияния условий местопроизрастания на величину  $G$  при равных средних высотах. Как показывает статистический анализ, нулевая гипотеза о том, что класс бонитета не оказывает существенного влияния на ряды регрессии  $G_n$  по  $H_{\text{ср}}$ , отвергается на 5-ти процентном уровне значимости. Разница между соседними классами бонитета составляет в среднем 5—9 %, что подтверждает ранее приведенные литературные данные о зависимости  $G$  от условий произрастания (А. В. Вагин, 1976; В. Ф. Багинский, Л. Д. Есимчик, 1996; В. Л. Черных, 2000 и др.).

На основе экспериментальных данных (данные таксации на реласкопических круговых пробных площадках (РКПП)) составлены таблицы распределения, характеризующие зависимость сумм площадей сечений от средних высот сосновых древостоев. В результате группировки получили 4 бонитетные матрицы и одну общую матрицу без учета класса бонитета. На

основе уравнений связи  $G_{cp}$  и  $H_{cp}$  для всех классов бонитета и средних высот рассчитаны выровненные средние значения сумм площадей сечений на 1 га (рис. 5).

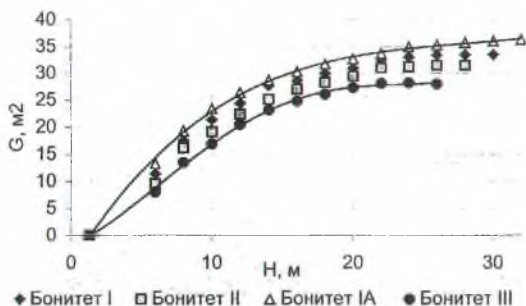


Рис. 5. Аналитическое сглаживание средних значений сумм площадей сечений по классам бонитета

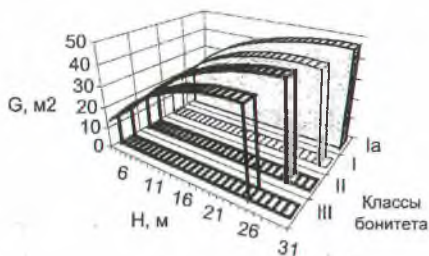


Рис. 6. Максимальные значения абсолютных полнот

Для вычисления максимальных значений сумм площадей сечений при  $t=1,96$  (при вероятности  $P=0,95$ ) вычислены среднеквадратические отклонения абсолютной полноты по условным статистическим рядам сумм площадей сечений при заданном значении высоты. В результате получены значения максимальных абсолютных полнот по классам бонитета (рис. 6). Во всех бонитетах зависимость  $G_{1,0}$  от  $H_{cp}$  может быть отражена уравнениями полиномов четвертого порядка.

Во втором варианте максимальные значения сумм площадей сечений и запасов древостоев при полноте 1,0 получены на основе зависимости  $G=f(H)$  без учета класса бонитета; значения абсолютных полнот сравнивались с данными других авторов (рис. 7).

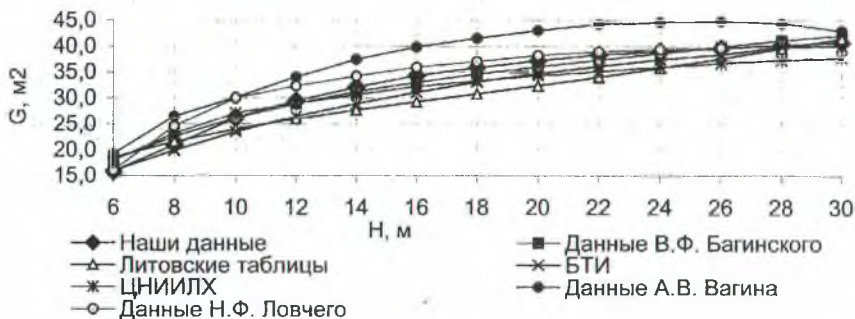


Рис. 7 Зависимость сумм площадей сечений при полноте 1,0 от средней высоты по данным различных авторов

В большей степени наши данные отличаются от данных таблиц А. В. Вагина по второму классу бонитета (в среднем  $-4,8 \text{ м}^2/\text{га}$ ), литовских



авторов (2,4 м<sup>2</sup>/га), таблиц ЦНИИЛХ (Третьякова) (2,0 м<sup>2</sup>/га). Наиболее близки к нашим данным данные таблиц В. Ф. Багинского (1,2 м<sup>2</sup>/га), таблицы БТИ (В. Е. Ермаков, В. С. Мирошников и др.) (1,1 м<sup>2</sup>/га), таблицы Н. Ф. Ловчего (1,6 м<sup>2</sup>/га) (рис. 7).

В диссертации приводится таблица запасов сосновых древостоев в зависимости от высоты и сумм площадей сечений при полноте 1,0.

**4. Моделирование взаимосвязей между таксационными показателями сосновых древостоев.** Путем аналитического анализа моделей связи диаметров и высот деревьев в древостое отобраны уравнения параболического, логарифмического и экспоненциального типов с преобразованием и без преобразования зависимой переменной. Уравнения дают разные результаты и в целом показывают лишь общую тенденцию и общую зависимость D-H. В дальнейшем данные таксации на КИП были сгруппированы в разрезе классов бонитета. По результатам первого этапа анализа отобраны уравнения вида:

$$lgh = b_0 + b_1 \lg d, \quad (5) \quad lgh = b_0 + b_1 \lg d + b_2 \lg^2 d, \quad (6) \quad lgh = b_0 + b_1 d + b_2 \lg^2 d, \quad (7)$$

Результаты регрессионного анализа показали, что в качестве моделей связи высот и диаметров деревьев в сосновых древостоях можно применять данные уравнения в разрезе классов бонитета (стандартная ошибка 1—2 м).

В насаждениях Ia класса бонитета вариация высот выше, чем в насаждениях более низких классов продуктивности, а в целом все уравнения объясняют 70-82 % вариации средних высот. Оценки коэффициентов регрессий, как выборочных показателей, получены с точностью 5—10 %.

Рассмотрена связь текущего прироста по запасу со средними диаметром, высотой и запасом древостоев, абсолютной полнотой для совокупности сосновых древостоев. Изучена множественная регрессия текущего прироста по запасу сосновых древостоев с таксационными показателями. Наибольший интерес представляют связи:  $P_M = f(D, Z_r)$ ;  $P_M = f(D, Z_r, A)$ ;  $P_M = f(Z_r, Z_H)$ ;  $P_M = f(Z_r, Z_H, D)$ ;  $P_M = f(Z_r, Z_H, D, H)$ .

На основе аналитического обзора литературных источников для расчетов величины текущего прироста были оценены ряд регрессионных уравнений с несколькими переменными. Для расчета относительного текущего среднепериодического прироста по запасу сосновых древостоев в результате множественного регрессионного анализа получена математическая модель следующего вида:

$$P_M = 0,261971 Z_r + 3,799929 / D + 56,92024 / A - 68,2447 / AD + 25,99918 Z_r / D - 3,87344 Z_r / D + 5,055368 Z_r / AD - 0,01882, \quad (8)$$

$$S_{PM} = 0,38; F = 4274; R^2 = 0,89.$$

Во втором варианте показатель возраста был заменен показателями средней высоты и прироста по высоте.

На основе выявленных связей ставилась задача разработать таблицы текущего прироста сосновых древостоев по запасу с учетом возраста, среднего диаметра и средней ширины годичного слоя по типам леса и оценить их

практическое значение. Включение в качестве одного из входов в таблицы величины ширины годичного слоя позволяет учитывать большинство факторов, влияющих на прирост. Данные таблицы строились в двух вариантах: по классам возраста и по типам леса. В данном случае относительный текущий среднепериодический прирост по запасу можно представить как функцию среднего диаметра и средней ширины годичного слоя. Для каждого класса возраста и каждого типа леса в отдельности получены уравнения, при вычислении параметров которых и для целей их статистической проверки использованы методы множественного регрессионного анализа. В пределах конкретных данных дополнительно произведено аналитическое сглаживание, для чего использована парабола второго порядка, целесообразность использования которой обосновали в своей работе А. А. Антанайтис и В. В. Загреев (1969). Таблица относительного текущего среднепериодического прироста сосновых древостоев по запасу (на примере сосняков мшистых) приводится в табл. 1.

Таблица 1

**Относительный текущий среднепериодический прирост чистых  
сосновых древостоев по запасу, %**

D, см (в коре)	При средней ширине годичного слоя, мм								
	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
10	4,40	4,88	5,36	5,84	6,31	6,79	7,27	7,75	8,23
12	3,76	4,17	4,58	4,99	5,40	5,81	6,22	6,63	7,04
14	3,30	3,66	4,02	4,38	4,74	5,10	5,46	5,82	6,18
16	2,95	3,27	3,60	3,92	4,25	4,57	4,90	5,22	5,54
18	2,68	2,98	3,27	3,57	3,86	4,16	4,46	4,75	5,05
20	2,47	2,74	3,01	3,28	3,56	3,83	4,10	4,38	4,65
22	2,29	2,54	2,80	3,05	3,31	3,56	3,82	4,07	4,32
24	2,14	2,38	2,62	2,86	3,10	3,34	3,58	3,81	4,05
26	2,02	2,24	2,47	2,70	2,92	3,15	3,37	3,60	3,82
28	1,91	2,13	2,34	2,56	2,77	2,98	3,20	3,41	3,63
30	1,82	2,03	2,23	2,43	2,64	2,84	3,05	3,25	3,46
32	1,74	1,94	2,13	2,33	2,52	2,72	2,92	3,11	3,31

В сравнении с данными таблиц относительного текущего прироста сосновых насаждений О. А. Трулля, данные наших таблиц при меньших диаметрах (до 18—20 см) дают меньшие значения. Данные таблиц абсолютного прироста сравнивались с данными аналогичных таблиц В. Ф. Багинского из сборника нормативных материалов. Большей величины расхождения характерны для молодняков второго класса возраста, в большей степени наши данные приближаются к данным таблицы В. Ф. Багинского при больших полнотах для средневозрастных, припевающих и спелых древостоев.

5. Моделирование строения и производительности модальных сосновых древостоев. По экспериментальным данным случайной многоступенчатой выборки и структуре вычисленного запаса по стратам составлены ряды распределения числа стволов, высоты и запаса в стратах по ступеням толщины (табл. 2).

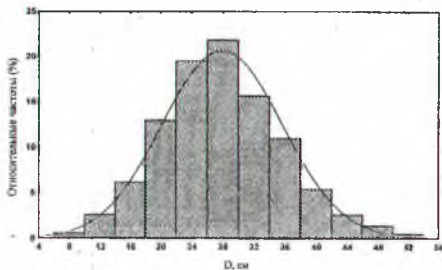
Таблица 2

Строение стратов по диаметру исходя из числа деревьев (третий класс возраста, также исходя из запаса и высоты), %

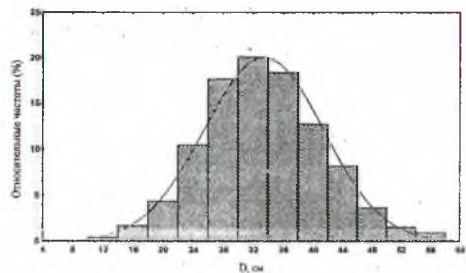
Класс возраста	D, см	Строение стратов по ступеням толщины, см													
		4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56
II	16,1	1,4	12,4	26,3	26,9	18,2	8,9	3,6	1,3	0,8	0,2				
III	N		1,8	8,2	17,8	23,7	21	14,1	7,8	3,4	1,5	0,5	0,2		
	M		0,1	1,4	6,7	15,7	21,7	21,4	16	8,9	5	1,9	1,2		
	H	22,4	0,2	4,6	19,8	28,9	26	14,7	5,6	2,4	0,4	0,3	0,2		
IV	27,9		0,5	2,6	6,1	13	19,5	21,8	15,6	11	5,4	2,6	1,3	0,5	
V	33,4			0,5	1,7	4,3	10,5	17,7	20,1	18,4	12,7	8,2	3,6	1,5	0,9

В молодняках II класса возраста среднее дерево по диаметру находится от самого тонкого ствола на 75 %, по высоте — на 70 %. Пределы статистического ряда с увеличением среднего диаметра уменьшаются — II класс возраста — 0,3—2,5; II, III и IV классы возраста 0,3—2,2; 0,3—2,0; 0,3—1,9 соответственно, т.е. увеличивается число стволов в средних ступенях толщины.

Для второго класса возраста лучшие результаты показала функция гамма-распределения (критерий согласия  $\chi^2$  равен 18,731), для третьего класса возраста достаточно точно опытные данные аппроксимированы функцией нормального распределения (критерий согласия  $\chi^2$  равен 17,303). Функция нормального распределения показала хорошие результаты и при аппроксимации числа стволов по ступеням толщины для совокупности сосновых древостоев IV и V класса возраста (рис. 8).



IV класс возраста



V класс возраста

Рис. 8. Опытные и теоретические распределения деревьев по диаметру (по классам возраста). Сосняки мшистые

При разработке таблиц производительности модальных сосновых древостоев группировка данных выполнена по типам леса: сосняк кисличный (298 РКП), сосняк орляковый (505 РКП) и сосняк мшистый (2090 РКП). Динамика класса бонитета и относительной полноты устанавливалась по регрессии логарифмического вида  $Lg y = a + b Lg A$ . Аналитическое выравнивание средних высот, диаметров, сумм площадей сечений и запасов древостоев выполнялось по функции роста Бакмана. В основе расчета величины отпада и общей производительности используется разработанная модель относительного текущего среднепериодического прироста вида (8). Обоснование расчетов общей производительности через показатели текущего прироста приводится в работах П. В. Воропанова (1966); В. В. Антайтиса, В. В. Загрева (1969). Разница между текущим приростом по запасу и текущим изменением запасов составляет запас выбираемой части (за 10 лет), табл. 3.

Таблица 3

## Таблицы производительности сосновых древостоев (сосняк мшистый)

Возраст, лет	Полнота	Бонитет	Средние		Число стволов, шт	Сумма площадей сечений, м <sup>2</sup> /га	Видовое число	Запас стволовой древесины, м <sup>3</sup>	Текущий прирост, м <sup>3</sup> /га	Запас отпада, м <sup>3</sup> /га	Общая производительность, м <sup>3</sup> /га
			высота, м	диаметр, см							
20	0,78	I, 4	9,5	8,3	3202	17,6	0,559	88	7,8	25	113
30	0,75	I, 4	12,8	11,9	1810	20,0	0,517	135	9,0	44	204
40	0,72	I, 5	15,7	15,3	1208	22,0	0,500	176	9,3	52	297
50	0,71	I, 6	18,2	18,5	883	23,6	0,489	212	9,1	55	388
60	0,68	I, 7	20,3	21,5	683	24,9	0,483	243	8,5	54	473
70	0,67	I, 8	22,0	24,3	550	25,7	0,478	268	7,2	47	546
80	0,64	I, 9	23,4	27,0	456	26,2	0,474	288	5,8	38	603
90	0,60	II	24,4	29,5	386	26,3	0,471	299	4,5	34	648
100	0,57	II, 1	25,0	31,8	333	26,1	0,463	308	4,0	31	688

Полученные таблицы производительности сосновых древостоев сравнивались с данными таблиц хода роста различных авторов. Показано, что на определенных отрезках данные сразу нескольких авторов близки между собой. В то же время по некоторым таксационным показателям наблюдаются значительные расхождения, что объясняется как различиями в методике сбора и обработки данных, так и самим экспериментальным материалом, лежащим в основе таблиц. Простое редуцирование значений таксационных показателей при приведении их к единой полноте для целей сравнения не всегда приемлемо (В. Ф. Багинский, 1984). Средние высоты древостоев по нашим данным близки по своим значениям средним высотам из таблиц динамики таксационных показателей модальных сосновых древостоев В. Ф. Багинского. В сравнении с данными других исследователей средние высоты из наших таблиц начиная с



возраста 40—50 лет меньше. По общей производительности в сравнении с данными В. Ф. Багинского, И. В. Толкача, О. А. Атрощенко, Ф. П. Михневича по нашим данным получены меньшие значения.

На основе данных разработанных таблиц рассчитан возраст количественной спелости, который для сосняков кисличных установлен в 61 год, сосняков орляковых — в 62 года, сосняков мшистых — в 65 лет.

В системе лесного кадастра объектом оценки должны быть лесные земли, используемые непосредственно для лесовыращивания, и древесный запас на корню. Экономическая оценка лесных земель характеризует их производительную способность как средства производства с помощью системы стоимостных показателей. Для качественной оценки лесных земель по потенциальной продуктивности выращиваемых древесных пород в качестве критерия оценки используют экономическую продуктивность единицы площади лесных земель в среднем за год в течение принятой продолжительности оборота рубки. Экономическая продуктивность для сосновых древостоев определенного типа леса определялась по методике проф. А. Д. Янушко. Балл качественной оценки для сосняков мшистых составил 18,4; сосняков орляковых — 23,9; сосняков кисличных — 29,6. Отношение данных фактической оценки к потенциально возможной характеризует коэффициент использования потенциального плодородия лесных земель (табл. 4).

Таблица 4

**Расчет коэффициента использования потенциального плодородия лесных земель**

Тип леса	Экономическая продуктивность, руб/га		Качественная оценка, баллов		Коэффициент использования потенциального плодородия
	фактическая	потенциальная	фактическая	потенциальная	
Сосняк мшистый	17 168	23 512	18,4	25,3	0,73
Сосняк орляковый	22 204	30 764	23,9	33,0	0,72
Сосняк кисличный	27 557	39 407	29,6	42,3	0,70

Для сосняков мшистых коэффициент использования потенциального плодородия лесных земель составил 0,73, для сосняков орляковых — 0,72, сосняков кисличных — 0,70 (табл. 4). Потенциальное плодородие лесных земель Гродненского ПЛХО (на примере сосновых насаждений) используется на 70 — 73 %. В работе приведено сопоставление запасов эталонных сосновых древостоев по основным типам леса (по В. Е. Ермакову) с фактическими запасами из таблиц производительности модальных сосновых древостоев. Потенциальное плодородие лесных земель (приспевающие и спелые сосновые древостои) Гродненского ПЛХО используется в среднем на 73 %.

## Заключение

- Данные выборочной лесоинвентаризации широко используются для получения лесной статистики, разработки и корректировки лесотаксационных моделей и нормативов [1–3, 8, 9, 11–15, 17–25]. При выборочной инвентаризации лесов Гродненского ШЛХО средние таксационные показатели сосновых древостоев оценены с точностью 3–5 % с вероятностью 0,683 [7, 18, 21]. Полученные данные достоверны и надежны для моделирования строения, производительности сосновых древостоев по типам леса и классам бонитета.

- Разработаны методика, алгоритм обработки и математико-статистического анализа данных выборочной лесоинвентаризации при трехэтапной выборке по трактам, которые внедрены в лесостроительную практику (акт внедрения от 25.09.03 г.), учебный процесс лесохозяйственного факультета по дисциплине лесная таксация (акт внедрения от 23.10.03 г.) [5, 16].

- Разработанные регрессионные модели связи средних диаметров и высот сосновых древостоев по классам бонитета объясняют 70–82 % значений средних высот древостоев со стандартной ошибкой оценки 2–3 м с вероятностью 0,683 [6, 17]. Установлены закономерности динамики таксационных показателей сосновых древостоев с возрастом по типам леса, классам бонитета и относительным полнотам. Разработаны лесотаксационные модели сумм площадей сечений, запасов и текущего прироста по запасу сосновых древостоев. Изучено строение древостоев по диаметру, выполнено аналитическое описание опытных распределений теоретическими моделями распределения случайных величин [6, 8, 10, 12, 15, 17]. Разработанные лесотаксационные модели могут использоваться в системе обработки данных выборочной лесоинвентаризации, информационных системах лесного хозяйства, автоматизированных системах обработки данных.

- Стандартные таблицы сумм площадей сечений и запасов составлены по классам бонитета и в целом для сосновых древостоев Гродненской области. Таблицы рекомендованы для использования при таксации лесов и проектировании лесопользования [4, 6, 15].

- Таблицы производительности модальных сосновых древостоев показывают фактическую производительность сосняков Гродненской области и потенциал повышения продуктивности сосновых лесов региона. Составленные таблицы производительности модальных сосновых древостоев по типам леса имеют практическое значение при планировании лесохозяйственных мероприятий по повышению продуктивности лесов, установлении возраста количественной спелости, экономической оценке лесов и лесных земель. Экономическая оценка сосновых лесов Гродненской области показывает, что сосняки мшистые оцениваются в 18,4 баллов, сосняки орляковые — 23,9 баллов, сосняки кисличные — 29,6 баллов. Потенциальная производительность лесных земель в сосновых лесах области используется на 70 % [8, 12, 14, 23].

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

## Статьи в периодических изданиях

1. Минкевич С. И. Полевые лесотаксационные работы в системе государственной выборочной лесоинвентаризации в Финляндии // Лесное и охотничье хозяйство. – 2002. – №4. – С. 8–11.
2. Мінкевіч С. І. Досвед фінскіх лесаводаў // Белорусская лесная газета. – 2002. – №40. – С. 2–3.

## Статьи в сборниках

3. Толкач И. В., Минкевич С. И. Выборочная инвентаризация лесов Австрии // Сборник трудов БГТУ. Серия лесное хозяйство. – Минск, 1998. – Вып. 6. – С. 80–83.
4. Минкевич С. И. Моделирование зависимостей запасов и высот древостоев по материалам выборочной лесоинвентаризации математико-статистическим способом // Сборник трудов БГТУ. Серия лесное хозяйство. – Минск, 1999. – Вып. 7. – С. 57–59.
5. Атрощенко О. А., Минкевич С. И., Правосуд И. И. Программа и алгоритм обработки данных выборочной инвентаризации лесов Гродненской области математико-статистическим методом // Сборник трудов БГТУ. Серия лесное хозяйство. – Минск, 2000. – Вып.8. – С. 139–145.
6. Минкевич С. И. Моделирование взаимосвязей таксационных показателей сосновых древостоев // Сборник трудов БГТУ. Серия лесное хозяйство. – Минск, 2001. – Вып. 9. – С. 119–122.
7. Минкевич С. И. Статистический анализ данных выборочной инвентаризации лесов // Сборник трудов БГТУ. Серия лесное хозяйство. – Минск, 2002. – Вып.10. – С. 139–145.
8. Минкевич С. И. Разработка лесотаксационных нормативов по материалам выборочной инвентаризации лесов Беларуси // Проблемы лесного комплекса. Сборник научных трудов БГИТА. – Брянск, 2002. – Вып. 5. – С.48–51.
9. Томпо Е., Атрощенко О. А., Минкевич С. И. Финский опыт проведения выборочных лесоинвентаризаций // Сборник трудов БГТУ. Серия лесное хозяйство. – Минск, 2003. – Вып.11. – С. 75–81.
10. Минкевич С. И., Ковалевский С. В. Анализ таксационного строения сосновых древостоев по материалам выборочной лесоинвентаризации // Сборник трудов БГТУ. Серия лесное хозяйство. – Минск, 2003. – Вып.11. – С. 95–99.
11. Минкевич С. И. Новые технологии в лесоустройстве европейских стран // Лес в жизни восточных славян от Киевской Руси до наших дней. Сборник научных трудов ИЛ НАН РБ. – Гомель, 2003. – Вып.57. – С. 82 – 84.
12. (Минкевич С. И.) Minkevich S. I. Main trends in Belarusian forestry according to the international forest policy // International Frameworks in Forest Politics:

53706

БІБЛІАТЭКА  
Беларускага дзяржаўнага  
Тэхналагічнага ўніверсітэта

Proceeding of the International Seminar, Freiburg, Germany, June 25-28, 2003. / IFSA Freiburg, Freiburg University. – Freiburg, 2003. – P. 74–78.

13. Минкевич С. И. Система лесоустройства и лесного мониторинга в Германии // Міжнародны экалагічны досвед і яго выкарыстанне на Беларусі. Зборнік навуковых артыкулаў Віцебскага філіялу Інстытута сучасных ведаў. – Віцебск, 2003. – С. 151-156.

### Тезисы докладов и материалы конференций

14. Атрощенко О. А., Ермаков В. Е., Демид Н. П., Минкевич С. И., Гоч В. В. Опыттно-производственные работы по участковому методу лесоустройства в Беларуси // Лес – экология и ресурсы: Материалы международной научно-технической конференции, Минск, 17–18 ноября 1998 г. / БГТУ. – Минск, 1998. – С. – 52–56.

15. Минкевич С. И. Моделирование связей сумм площадей сечений и средних высот сосновых древостоев по материалам выборочной лесоинвентаризации математико-статистическим способом // Лес, наука, молодежь: Материалы международной научной конференции молодых ученых, Гомель, 5–7 октября, 1999 г. / ИЛ НАНБ. – Гомель, 1999. – Т. 1. – С. 78–80.

16. Атрощенко О. А., Минкевич С. И. Методика обработки данных выборочной лесоинвентаризации // Ресурсосберегающие технологии в лесном хозяйстве, лесной и деревообрабатывающей промышленности: Материалы международной научно-технической конференции, Минск, 24–25 ноября 1999 г. / БГТУ. – Минск, 1999. – С. 30–32.

17. Минкевич С. И. Разработка регрессионных моделей связи диаметров и высот деревьев в сосновых древостоях // V Республиканская научная конференция студентов, магистрантов и аспирантов Республики Беларусь (НИРС – 2000): Материалы конференции, Гродно, 5–7 апреля 2000 г. / ГрГУ. – Гродно, 2000. – Ч. 2. – С. 290–293.

18. Минкевич С. И. Выборочная лесоинвентаризация в Беларуси — информационная система оценки, контроля состояния, использования и воспроизводства лесных ресурсов // Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения: Материалы международной конференции, Архангельск, 17-22 июня 2002 г. / Институт экологических проблем Севера УрО РАН. – Архангельск, 2002. – Т. 1. – С. 684–687.

19. Минкевич С. И. Контроль и обработка данных в системе государственной выборочной лесоинвентаризации в Финляндии // Леса Европейского региона – устойчивое управление и развитие: Материалы международной научно-технической конференции, Минск, 4–6 декабря 2002 г./ БГТУ. – Минск, 2002. – Ч.1. – С 185–189.

20. Минкевич С. И. Лесной мониторинг в системе государственной выборочной лесоинвентаризации в Финляндии // Леса Европейского региона – устойчивое управление и развитие: Материалы международной научно-технической конференции, Минск, 4–6 декабря 2002 г./ БГТУ. – Минск, 2002. – Ч.2. – С 52–55.



21. Минкевич С. И. Инвентаризация лесов в Беларуси математико-статистическим методом // Леса Евразии в III тысячелетии: Материалы международной конференции молодых учёных, Мытищи, 26–29 июня 2001 г. / МГУЛеса. – Москва, 2001. – С. 53–54.
22. Минкевич С. И. Лесной мониторинг в системе выборочной лесоинвентаризации Беларуси // Экология 2002: эстафета поколений: Материалы II Пущинской международной школы–семинара по экологии, Пущино, 23–26 апреля 2002 г. / МГУЛеса. – Пущино, 2001. – С. 33.
23. Минкевич С. И. Использование материалов выборочной лесоинвентаризации математико-статистическим методом // Леса Евразии в XXI веке: восток – запад: Материалы II международной конференции молодых учёных, Беловежская Пуца, Белавежа (Беларусь – Польша), 1–5 октября 2002 г. / МГУЛеса, БГТУ. – Каменюки, 2002. – С. 50–52.
24. (Минкевич С. И.) Minkevich S. I. Forest inventories and biodiversity // Ecology 2003: Proceeding of the international young scientists conference, Archangelsk, June 17–19, 2003. / Institute of ecological problems in the north Ural Branch of Russian Academy of Sciences. – Archangelsk, 2003. – P 221–222.
25. (Минкевич С. И.) Minkevich S. I. Sampling forest inventory in Belarus. Eurasian forests – white nights: Proceeding of the III International conference of young scientists, Saint Petersburg, Joensuu (Russia – Finland), June 23–29, 2003. / Saint Petersburg State Forest Technical Academy, European Forest Research Institute. – Saint Petersburg, Joensuu, 2003. – P. 73–75.

*Минкевич*

*Минкевич Сергей Иванович*

**РАЗРАБОТКА ЛЕСОТАКСАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ И НОРМАТИВОВ ПО МАТЕРИАЛАМ ВЫБОРОЧНОЙ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЛЕСОВ МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

Ключевые слова: выборочная лесоинвентаризация, сосновые древостои, статистический анализ, суммы площадей сечений и запасов древостоев, текущий прирост, производительность модальных сосновых древостоев.

Объектом исследования являются сосновые древостои Гродненского ПЛХО. Предмет исследования – закономерности строения, роста и производительности сосновых древостоев.

Цель работы. Разработка лесотаксационных моделей и нормативов по материалам выборочной инвентаризации лесов математико-статистическим методом.

Методология основана на системном подходе; использованы общепринятые в лесной таксации, лесной биометрии, экологии и экономике методики с учетом цели исследования.

Полученные результаты и их новизна. Впервые для условий Беларуси разработаны лесотаксационные нормативы и их модели на основе данных таксации на круговых пробных площадках в системе выборочной лесоинвентаризации. В результате проведенных исследований разработаны таблицы сумм площадей сечений и запасов сосновых древостоев при полноте 1,0 (при вероятности 0,95) по классам бонитета и без учета класса бонитета; таблицы текущего прироста по запасу чистых сосновых древостоев, таблицы производительности модальных сосновых древостоев. Представлены взаимосвязи между таксационными показателями в сосновых древостоях в виде регрессионных уравнений, которые рекомендованы к использованию при обработке данных в системе выборочной лесоинвентаризации.

Степень использования: программа, методика и алгоритм обработки и статистического анализа данных внедрены в информационно-вычислительном центре ЛРУП «Белгослес» при обработке данных таксации на круговых пробных площадках в системе выборочной лесоинвентаризации Гродненского ПЛХО.

Область применения. Результаты исследования предназначены для использования лесоустроительным республиканским унитарным предприятием «Белгослес», а также лесохозяйственными предприятиями Гродненского ПЛХО.

*Мінкевіч Сяргей Іванавіч*

**РАСПРАЦОЎКА ЛЕСАТАКСАЦЫЙНЫХ МАДЭЛЯЎ І НАРМАТЫВАЎ ПА  
МАТЭРЫЯЛАХ ВЫБАРКАВАЙ ІНВЕНТАРЫЗАЦЫІ ЛЯСОЎ МАТЭМАТЫКА-  
СТАТЫСТЫЧНЫМ МЕТАДАМ**

Ключавыя словы: выбаркавая лесаінвентарызацыя, сасновыя дрэвастой, статыстычны аналіз, сумы плошчаў папярочных сечываў і запасаў дрэвастояў, бягучы прырост, прадукцыйнасць мадальных сасновых дрэвастояў.

Аб'ектам даследавання з'яўляюцца сасновыя дрэвастой Гродзенскага ВЛГА. Прадмет даследавання – заканамернасці будовы, росту і прадукцыйнасці сасновых дрэвастояў.

Мэта працы. Распрацоўка лесаітаксацыйных мадэляў і нарматываў па матэрыялах выбаркавай інвентарызацыі лясоў матэматыка-статыстычным метадам.

Метадалогія грунтуецца на сістэмным падыходзе; выкарыстаны агульнапрынятыя ў лясной таксацыі, лясной біяметрыі, экалогіі і эканоміцы метадыкі з улікам мэты даследавання.

Атрыманыя вынікі і іх навізна. Упершыню распрацаваны лесаітаксацыйныя нарматывы і мадэлі на падставе даных таксацыі на кругавых пробных пляцоўках у сістэме выбаркавай лесаінвентарызацыі. У выніку праведзеных даследаванняў распрацаваны табліцы сум плошчаў папярочных сечываў і запасаў сасновых дрэвастояў пры паўнаце 1,0 (пры верагоднасці 0,95) па класам банітэту і без уліку класа банітэту; табліцы бягучага прыросту па запасу чыстых сасновых дрэвастояў, табліцы прадукцыйнасці мадальных сасновых дрэвастояў. Прадстаўлены ўзаемасувязі паміж таксацыйнымі паказчыкамі ў сасновых дрэвастоях у выглядзе рэгрэсійных ураўненняў, якія рэкамендаваны да выкарыстання пры апрацоўцы даных у сістэме выбаркавай лесаінвентарызацыі.

Ступень выкарыстання: праграма, метадыка і алгарытм апрацоўкі і статыстычнага аналізу даных выкарыстаны ў інфармацыйна-вылічальным цэнтры ЛРУП «Белдзяржлес» пры апрацоўцы звестак таксацыі на кругавых пробных пляцоўках у сістэме выбаркавай лесаінвентарызацыі Гродзенскага ВЛГА.

Вобласць выкарыстання. Вынікі даследавання прызначаны для выкарыстання лесаўпарадчым рэспубліканскім унітарным прадпрыемствам «Белдзяржлес», а таксама лесагаспадарчымі прадпрыемствамі Гродзенскага ВЛГА.

*Minkevich Siarhei Ivanavich*

**DEVELOPING OF FOREST MENSURATION MODELS AND STANDARDS ON THE BASIS OF DATA OF SAMPLING FOREST INVENTORY BY MATHEMATICAL-STATISTICAL METHOD**

Key words: sampling forest inventory, pine stands, statistical analysis, basal areas and volumes of pine stands, current increment, yield of modal pine stands.

The object of the research is pine stands of Grodno forestry region. The subject of the research – regularities of structure, growth and yield of pine stands.

The purpose of the research is developing and scientific interpretation of forest mensuration models and standards on the basis of sampling forest inventory data. The models and standards are required for forest resources management and their assessment for Grodno forestry region.

Methodology is based on a system approach. Therefore well known methodic of forest mensuration, forest biometry, economy and ecology according to the purpose of the research have been used.

Received results and novelty. For the first time for the conditions of Belarus the forest mensuration standards and models on the basis of sampling forest inventory data have been carried out. As a result of the research tables of basal areas and volumes of normal pine stands on density level 1,0 (probability level 0,95) on site classes' base (and without site class) were developed. Also both current increment tables of clear pine stands and tables of yield of modal pine stands were proposed. The regression equations showing the relations between pine stands indexes (diameter, height, increment, volume etc.) were carried out. Obtained equations are recommended for Grodno region forest inventory data processing.

Level of using: program, methodic and algorithm of processing and statistical analysis of sampling forest inventory data are utilized for circular sample plots Grodno region forest inventory data processing by Information-Assessment Center of Forest Inventory and Planning Institute «Belgosles» («Belarusian State Forest»).

The field of using. The results of the research are supposed for using by Forest Inventory and Planning Institute «Belgosles» as well as forest management enterprises of Grodno forestry region.



**МИНКЕВИЧ Сергей Иванович**

**РАЗРАБОТКА ЛЕСОТАКСАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ И НОРМАТИВОВ  
ПО МАТЕРИАЛАМ ВЫБОРОЧНОЙ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЛЕСОВ  
МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

Подписано в печать 06.11.2003. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 1,4. Усл. кр.-отт. 1,4. Уч.-изд. л. 1,2.

Тираж 100 экз. Заказ № 461.

Учреждение образования

«Белорусский государственный технологический университет».

220050, Минск, Свердлова, 13а. Лицензия ЛВ №276 от 15.04.03.

Отпечатано на ротапринтере Белорусского государственного  
технологического университета.

220050, Минск, Свердлова, 13.