

Учреждение образования
«Белорусский государственный технологический университет»

УДК 630*164

Пушкин Андрей Александрович

**ОПТИМИЗАЦИЯ ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ В СОСНОВЫХ
ЛЕСАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ**

06.03.02 – Лесоустройство и лесная таксация

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени кандидата
сельскохозяйственных наук

Минск – 2004

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

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

Официальные оппоненты: доктор биологических наук **Н.Ф. Ловчий**,
ГНУ «Институт экспериментальной ботаники
НАН Беларуси»;
кандидат сельскохозяйственных наук **А.А. Буй**,
Гродненское ПЛХО

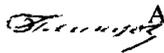
Оппонирующая организация Государственное научное учреждение
«Институт леса НАН Беларуси»

Защита диссертации состоится 23 декабря 2004 г. в 15.00 часов на заседании специализированного Совета по защите диссертаций Д. 02.08.05 в Белорусском государственном технологическом университете по адресу: Республика Беларусь, 220050, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, тел.: (8-017) 226-14-32 факс.: (8-017) 227-62-17 root@bstu.unibel.by

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

Автореферат разослан 23 ноября 2004 г.

Ученый секретарь Совета
по защите диссертаций

кандидат биологических наук, доцент  **А.И. Блинецов**

306 824

2004-4
30230

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации.

В «Стратегическом плане развития лесного хозяйства Республики Беларусь» (1997) предусматривается переход к экологически ориентированному ведению лесного хозяйства и рациональному использованию лесных ресурсов. Разработана государственная программа многоцелевого использования лесов на период до 2015 года (1997). Устойчивое развитие лесов и рациональное использование лесных ресурсов предусматривают оптимизацию лесопользования на основе принципа непрерывного, неистощительного и относительно равномерного лесопользования, усиление экологической устойчивости лесов и сохранение их биологического разнообразия.

Актуальной проблемой является оптимизация размера главного пользования лесом и планирование рубок леса с учетом сохранения биологического разнообразия лесов на основе методов математического программирования и геоинформационных технологий.

В Республике Беларусь создана геоинформационная система «Лесные ресурсы», включающая картографическую и повыведельную базы данных по лесному фонду, использование которых позволяет учитывать не только повыведельную характеристику лесов, но и пространственное расположение участков лесного фонда при оптимизации главного пользования с учетом сохранения биологического и ландшафтного разнообразия лесов.

Актуальность исследования вытекает из необходимости формирования оптимальных планов рубок главного пользования в Информационной системе управления лесным хозяйством Республики Беларусь.

Связь работы с научными программами и темами.

Диссертационная работа выполнена как составная часть научно-исследовательских проектов и заданий:

- задание 1.08 «Разработать автоматизированную систему лесного картографирования на основе технологии базового лесоустройства, материалов аэрофотосъемки и ГИС «Лесные ресурсы» и произвести ее опытно-производственную проверку» (№ госрегистрации 20013817) в рамках ГНТП «Леса Беларуси» (2001-2002 г.г.);

- НИР кафедры лесоустройства БГТУ ГБ 4-01 «Исследование сортиментной структуры лесного фонда в связи с прогнозом размера лесопользования в лесах Беларуси (2001-2005 г.г.);

- «Разработать практические рекомендации по сохранению биологического разнообразия в практике лесного хозяйства на базе концепций ключевых биотопов и ландшафтного планирования» (№ госрегистрации 20013995), в рамках ГНТП «Природопользование и охрана окружающей среды» (2000-2003 г.г.);

РОС НАЦИОНАЛЬНАЯ
БИБЛИОТЕКА
С.Петербург
2004/РК

- «Разработка системы оптимизации главного пользования в сосновых лесах на базе геоинформационных технологий» (№ госрегистрации 20041733).

Цель и задачи исследований. Целью исследования явилось разработка системы и методов оптимизации главного пользования в сосновых лесах с использованием геоинформационных технологий, имеющих практическое значение в рациональном использовании лесных ресурсов и сохранении биологического разнообразия лесов Беларуси.

Программой исследования предусматривалось решение следующих задач:

- 1) разработка методов и моделей оптимизации размера главного пользования с использованием ГИС-технологий;
- 2) расчет размера главного пользования с учетом сохранения биологического разнообразия лесов;
- 3) разработка модели и программного обеспечения оптимизации планирования рубок главного пользования;
- 4) создание имитационной системы для оптимизации главного пользования с формированием планов рубок на основе ГИС «Лесные ресурсы».

Объект и предмет исследования. Объект исследования – сосновые леса Сморгонского лесхоза Гродненского ПЛХО, Вилейского лесхоза Минского ПЛХО и Лепельского лесхоза Витебского ПЛХО. Предмет исследования – главное лесопользование в сосновых лесах с учетом сохранения биологического разнообразия и оптимального планирования рубок леса.

Гипотеза. Оптимизация главного пользования и оптимальные планы рубок леса позволяют увеличить размер лесопользования и размерно-качественные характеристики древесного сырья.

Методология и методы исследования. В исследовании применялся системный подход к решению проблемы оптимизации лесопользования с учетом сохранения биологического разнообразия лесов и использованием ГИС «Лесные ресурсы».

При таксации сосновых древостоев и обработке данных применялись методы лесной таксации, лесоводства и лесной биометрии.

Расчет размера лесопользования и оптимизация планирования рубок главного пользования выполнены по методике лесоустроительного проектирования, моделям математического программирования, имитационного моделирования в геоинформационной системе «Лесные ресурсы».

Научная новизна и значимость полученных результатов.

- 1) Разработаны методы оптимизации главного пользования в сосновых лесах с учетом сохранения биологического разнообразия на основе геоинформационных технологий.

2) Разработаны модели и программное обеспечение для планирования рубок главного пользования с оптимизацией товарности древостоев и таксовой стоимости леса на корню.

3) Создана имитационная система оптимизации главного пользования с учетом сохранения биологического разнообразия лесов на основе геоинформационной системы «Лесные ресурсы».

Практическая значимость полученных результатов. Имитационная система оптимизации главного пользования используется в производственной деятельности Сморгонского опытного лесхоза для планирования рубок главного пользования и сохранения биологического разнообразия при проведении лесохозяйственных мероприятий (акт внедрения от 16.11.2004). Методы, модели и программное обеспечение для планирования рубок главного пользования в сосновых лесах внедрены в учебный процесс БГТУ по дисциплинам «Управление лесными ресурсами», «Информационная система управления лесным хозяйством» (акт внедрения от 14.11.2004).

Оптимизация главного пользования лесом с использованием ГИС-технологий позволяет увеличить размер главного пользования за счет оптимизации планирования лесосечного фонда и улучшить размерно-качественные характеристики древесного сырья, автоматизировать планирование рубок главного пользования по территории лесхоза, прогнозировать продуктивность насаждений.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту.

1) Методы оптимизации главного пользования в сосновых лесах с учетом сохранения биологического разнообразия на основе геоинформационных технологий.

2) Модели и программное обеспечение для планирования главного пользования с оптимизацией товарности древостоев и таксовой стоимости леса на корню.

3) Имитационная система оптимизации главного пользования с учетом сохранения биологического разнообразия лесов и формированием планов рубок леса на основе геоинформационной системы «Лесные ресурсы».

4) Многовариантные расчеты на ПЭВМ для оптимизации планирования рубок главного пользования в сосновых лесах.

Личный вклад соискателя. Автором выполнен анализ литературных источников, постановка задачи, разработка программы исследования, обоснование методических положений ее реализации, сбор, обработка и анализ экспериментального материала по таксации сосновых древостоев, разработка системы, методов, моделей и программного обеспечения оптимизации главного пользования с учетом сохранения биологического разнообразия лесов и формированием планов рубок в ГИС «Лесные ресурсы», внедрение результатов в производство.

Апробация работы. Основные положения, методы, модели и результаты исследований обсуждались и получили положительную оценку на ежегодных научно-технических конференциях лесохозяйственного факультета БГТУ (2001 – 2004); Международной научно-практической конференции «Аэрокосмические методы в лесном комплексе» (Санкт-Петербург, 2002), Международной научно-технической конференции «Лес-2004» (Брянск, 2004); Республиканской конференции студентов и аспирантов «Современные математические методы и компьютерные технологии в проектировании и производстве» (Гомель, 2004); Международной научной конференции молодых ученых «Молодежь в науке – 2004» (Минск, 2004).

Опубликованность результатов. По материалам диссертации опубликовано 10 научных работ, в том числе 7 научных статей, 3 тезисов и материалов конференций. Общий объем опубликованных работ составляет 65 страниц.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа изложена на 200 страницах машинописного текста, в т. ч. основная часть — на 155 страницах и состоит из введения, общей характеристики, четырех глав и заключения, списка литературных источников (184 названия, из них 36 на иностранных языках) и приложений. В тексте помещено 33 таблицы и 21 иллюстрация, в приложении – 4 таблицы, исходный код программы оптимизации планирования рубок главного пользования на ПЭВМ, планово-картографические материалы, акты о внедрении результатов НИР в производство и учебный процесс.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Современное состояние вопроса

В практике ведения высокоинтенсивного лесного хозяйства зарубежных стран для оптимизации проектирования и планирования лесохозяйственных мероприятий широко используются современные информационные технологии (Атрощенко О.А., 1989; 2002; Lin С., 2000; Jolly A., Hablot L., 2000). Вопросы использования геоинформационных систем в управлении лесами и лесном хозяйстве рассмотрены в работах Атрощенко О.А., 1995; Кулакина А.П., 1997; Алексеева А.С., 2002; Hofle Н.Н., 2000.; Fried J.S., 2000.

При решении проблемы оптимизации главного пользования лесом необходимо выделить несколько направлений: оптимизация возраста вырубаемых древостоев и размера главного пользования, оптимизация планирования рубок (Анучин Н.П., 1986; Атрощенко О.А., 1990; Ермаков В.Е., 1996; Багинский В.Ф., Есимчик Л.Д., 1996; Буй А.А., 1997; Синицин С.Г., 1974; Лямеборшай С.Х., 1975; Kilkki P., 1985). При этом основной целью оптимизации является достижение максимального размера лесопользования и оптимальной товарной структуры лесосечного фонда.

Устойчивое развитие лесов, выполнение ими в настоящем и будущем экономических, экологических и социальных функций предусматривает

сохранение биологического разнообразия лесов (Рожков Л.Н., Юшкевич Н.Г., 2000; Петров Е.Г., 2000; Пугачевский А.В., 2002; Алексеев А.С., 2000).

В современных условиях концепция развития лесного хозяйства предусматривает баланс экономического и экологического подходов к управлению лесами и лесными ресурсами. Оптимизация лесопользования с учетом сохранения биологического разнообразия на современном этапе возможна с применением методов имитационного моделирования и математического программирования на основе геоинформационных систем, позволяющих учитывать не только повидельные характеристики лесных насаждений, но и их пространственное расположение.

Программа, методика и объекты исследования

Программа исследования предусматривает выполнение следующих основных задач: 1) анализ научных и практических направлений по оптимизации лесопользования, сохранению биологического разнообразия лесов и применению геоинформационных технологий в управлении лесами и лесопользовании; 2) планирование и сбор опытных данных; 3) разработка картографической и атрибутивной баз данных для оптимизации главного пользования лесом на основе ГИС «Лесные ресурсы»; 4) определение размера главного пользования в сосновых лесах с учетом сохранения биологического разнообразия лесов; 5) построение математической модели оптимизации планирования рубок главного пользования; 6) исследование моделей прогноза текущего изменения запасов, средних диаметров и высот сосновых древостоев; 7) создание имитационной системы и разработка программного обеспечения для оптимизации главного пользования на основе ГИС «Лесные ресурсы» и ArcView GIS 3.2; 8) анализ результатов оптимизации при различных критериях оптимальности и вариантах планирования главного пользования лесом; 10) Оценка эффективности функционирования системы оптимизации главного пользования.

Объектами исследования являются сосновые леса Сморгонского, Вилейского и Лепельского лесхозов. В процессе исследований использован экспериментальный материал: 1) данные оценки биологического разнообразия сосновых лесов Сморгонского опытного лесхоза (обследовано 12935 выделов); 2) данные перечислительной таксации сосновых древостоев на 32 временных пробных площадях – лесосеках главного пользования; 3) данные таксации эксплуатационного фонда при базовом лесоустройстве. В работе использовались пространственные и повидельные базы данных геоинформационной системы «Лесные ресурсы» Сморгонского, Вилейского и Лепельского лесхозов.

Оценка биологического разнообразия лесов выполнена на территории Сморгонского опытного лесхоза сотрудниками Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси. Выделены следующие категории участков:

1) ключевые биотопы (КБ); 2) потенциально-ключевые биотопы (ПКБ); 3) экологические коридоры (ЭК); 4) участки, предназначенные для ведения лесного хозяйства, ориентированного на сохранение биологического и биотопического разнообразия (БОЛХ); 5) участки с элементами ведения лесного хозяйства, ориентированного на сохранение биологического и биотопического разнообразия (ЭБОЛХ); 6) участки, предназначенные для продуктивного лесовыращивания (ПЛ). Четыре первых категории формируют собственно экологический каркас территории и им придается статус особо защитных участков (А.В. Пугачевский, 2002).

Выдела ключевых и потенциально ключевых биотопов полностью исключались из расчета главного пользования, в выделах категорий «экологические коридоры» и «участки, предназначенные для ведения лесного хозяйства, ориентированного на сохранение биологического и биотопического разнообразия» проектировались выборочные и постепенные рубки леса, а в выделах категорий «участки с элементами ведения лесного хозяйства, ориентированного на сохранение биологического и биотопического разнообразия» и «участки, предназначенные для продуктивного лесовыращивания» – сплошнолесосечные рубки главного пользования.

Для сплошнолесосечных рубок производилось исчисление следующих видов лесосек: равномерного пользования, первая возрастная, вторая возрастная, третья возрастная, четвертая возрастная, интегральная, по спелости, Самгина, ограничения (по сроку использования эксплуатационного фонда на 10 лет). Выбор оптимальной лесосеки осуществлялся на основе критерия оптимальности по С.Р. Силицину (1978).

Модель оптимизации планирования рубок главного пользования разрабатывалась на основе математической модели линейного программирования при заданных ограничениях и критериях оптимальности (Kilki P., 1975; Бочков, И.М., Силицин, Н.Г., 1978; Таха Х., 1985; Атрошенко О.А., 1992; Буй А.А., 1997; Ашманов С.А., 1981; Кузнецов А.В., 2001).

Оптимизация главного пользования лесом на основе ГИС-технологий

Разработка системы оптимизации главного пользования лесом производилась на основе геоинформационных технологий, что позволяет производить оптимизацию во времени (на ревизионный период) и в пространстве (по территории лесхоза).

В качестве основных программных компонентов системы оптимизации главного пользования лесом использованы геоинформационная система «Лесные ресурсы» в Formar и ArcView GIS 3.2, система управления базами данных ORACLE, программное обеспечение расчета размера главного лесопользования, а также дополнительно разработанные программные модули ArcView GIS 3.2 для проведения поведельной актуализации основных

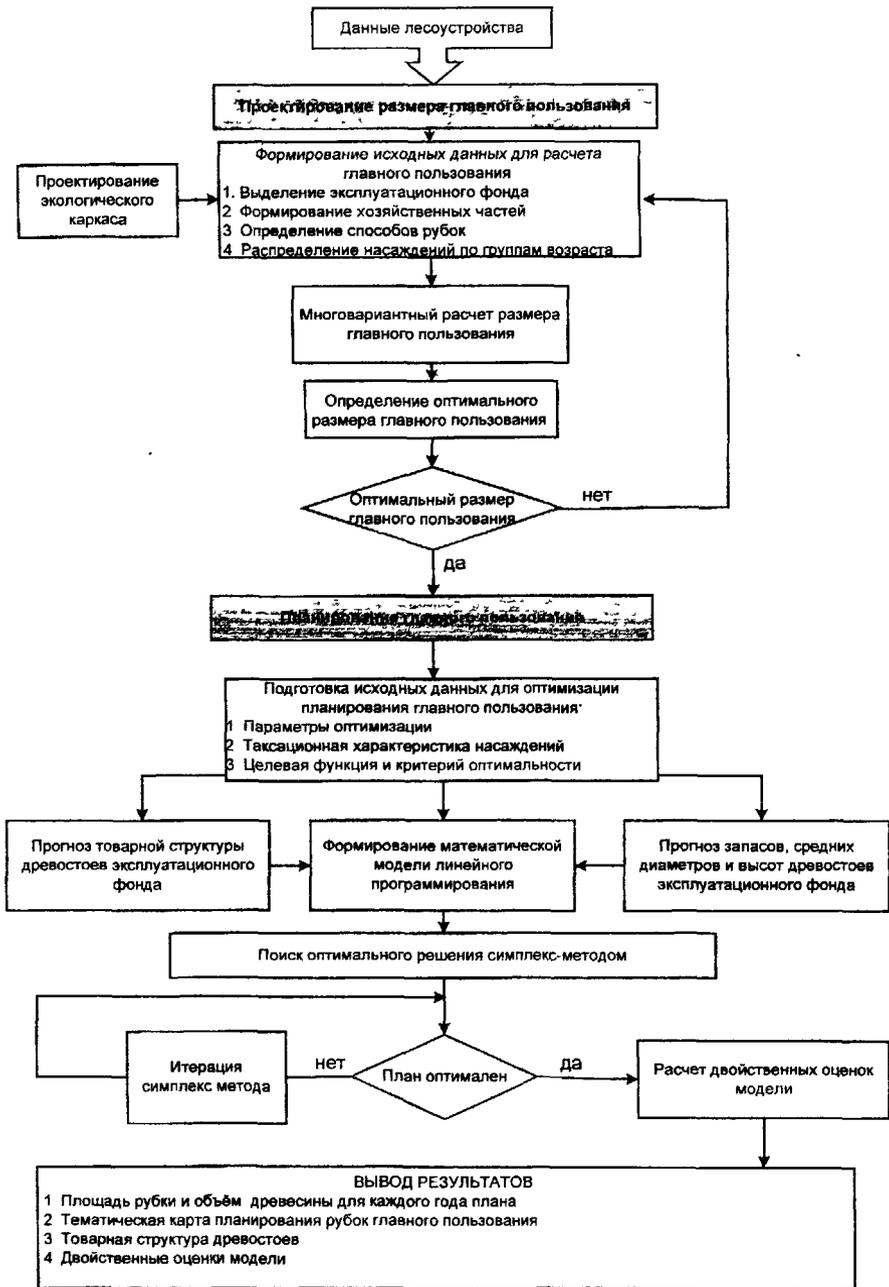


Рис. 1 Блок-схема имитационной системы оптимизации главного пользования лесом

Для выполнения прогноза используется информация из повыведельной базы данных. Определение товарной структуры древостоев выполняется по товарным таблицам В.Ф. Багинского и А.Г. Костенко, представленных в электронной форме.

В качестве исходных данных для оптимизации планирования рубок главного пользования используются: 1) параметры оптимизации – период планирования, значения ограничений, вариант планирования, критерий оптимальности; 2) прогнозные значения запасов и товарной структуры древостоев по выделам на каждый год периода планирования.

Для поиска оптимального решения в программном модуле используется алгоритм симплекс-метода. Результатом проведения оптимизации планирования рубок главного пользования является: 1) план очередности назначения лесосек в рубку; 2) объемы деловой древесины по категориям крупности и древесным породам, планируемых к рубке по годам плана; 3) значение целевой функции; 4) динамика размера лесопользования (по площади и массе) по годам планирования; 5) двойственные оценки ресурсов модели, т.е. увеличение размера лесопользования на дополнительный гектар площади лесов.

Для оптимизации планирования рубок главного пользования, разработана модель линейного программирования:

Целевая функция:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{z=1}^k x_{ij} M_{ij}^k C_k \rightarrow \max \quad (1)$$

при ограничениях:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq S, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{z=1}^k x_{ij} M_{ij}^k \leq b_{\max} \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{z=1}^k x_{ij} M_{ij}^k \geq b_{\min} \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq S \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{z=1}^k x_{ij} M_{ij}^k = L \sum_{i=1}^m \sum_{z=1}^k x_{ij+1} M_{ij+1}^k \quad (6)$$

где Z – значение целевой функции; x_{ij} – искомая площадь насаждения, вырубаемая в i -м выделе в j -й год плана; M_{ij}^k – запас k -ой древесной породы в i -м выделе в j -год плана; C_k – таксовая стоимость k -ой древесной породы; S_i – общая площадь i -го выдела; b_{\max} и b_{\min} – соответственно максимальный и минимальный объем вырубki по всем выделам за один год; S – площадь лесопользования за весь период планирования; L – коэффициент, указывающий во сколько раз должно увеличиться лесопользование в $j+1$ -ом

году по отношению к j -му году; m — количество выделов участвующих в оптимизации; n — число лет планирования; k — число древесных пород на выделе.

Модель оптимизации обеспечивает максимизацию целевой функции при заданном критерии оптимальности. Критерием оптимальности могут быть: максимум размера лесопользования, объема крупной деловой древесины, объема крупной и средней деловой древесины, таксовой стоимости леса на корню.

Параметры b_{\max} и b_{\min} модели определяют промежуток, в котором может находиться годичная расчетная лесосека по запасу и учитывают необходимость равномерного планирования лесопользования. Неравенства (3) и (4) обеспечивают составление плана рубки по годам лесопользования с учетом заданного коэффициента равномерности. Для расчета строго равномерного, равномерно возрастающего или равномерно убывающего размера лесопользования вместо неравенств (3) и (4) вводится уравнение (6). Неравенство (5) ограничивает площадь лесопользования за весь период планирования (расчетная лесосека по площади).

Применение модели линейного программирования для оптимизации планирования рубок главного пользования предполагает, что запас насаждения, его средний диаметр и средняя высота ежегодно увеличиваются в соответствии с определенными функциями роста.

Прогноз запасов, средних диаметров и высот сосновых древостоев выполнен по регрессионным моделям проф. О.А. Атрощенко (1987).

$$\lg P_{\Delta M} = b_0 + b_1 \lg A + b_2 \lg M \quad (7)$$

$$\lg P_{D,H} = b_0 + b_1 \lg A + b_2 \lg^2 A + b_3 \lg H_{100} \quad (8)$$

где $P_{\Delta M}$ — процент текущего изменения запасов древостоев; b_0, b_1, b_2, b_3 — коэффициенты регрессий в зависимости от древесной породы; A — возраст насаждения, лет; M — запас древостоя на выделе, m^3 ; $P_{D,H}$ — процент текущего изменения среднего диаметра и средней высоты соответственно; H_{100} — индекс класса бонитета.

Определение прогнозных таксационных показателей выполняется по формулам:

$$D_{A+n} = D_A + D_A P_D n \quad (9)$$

$$H_{A+n} = H_A + H_A P_H n \quad (10)$$

$$M_{A+n} = M_A + M_A P_M n \quad (11)$$

где D_{A+n} , H_{A+n} , M_{A+n} – прогнозные значения среднего диаметра, высоты и запаса древостоя соответственно; D_A , H_A , M_A – значения среднего диаметра, высоты и запаса древостоя в начале прогноза; n – период прогноза, лет.

Модели повыведельной актуализации лесного фонда оценивались по систематическим и среднеквадратическим ошибкам путем сравнения данных прогноза с данными переписи таксации на пробных площадях. Анализ результатов расчетов показал, что отклонения по основным таксационным показателям древостоев находятся в пределах установленных лесоустроительной инструкцией нормативов. Систематическая ошибка прогноза средней высоты сосновых древостоев составила +0,4 %, среднего диаметра – +2,6 %, запаса древостоев – -1,9 %. Среднеквадратическая ошибка прогноза средней высоты составила $\pm 3,2$ %, среднего диаметра – $\pm 4,0$ %, запаса – $\pm 4,3$ %.

Оптимизация главного пользования в сосновых лесах.

Произведен расчет и сравнительный анализ размера главного пользования в сосновых лесах второй группы Сморгонского опытного лесхоза в соответствии с данными непрерывного лесоустройства 2002 года и материалами оценки биологического разнообразия сосновых лесов.

Расчет главного лесопользования выполнен для двух уровней сохранения биологического разнообразия:

- сохранение биологического разнообразия только в ключевых биотопах, потенциально-ключевых биотопах и экологических коридорах (минимальный уровень сохранения биоразнообразия);

- сохранение биологического разнообразия во всех категориях экологического каркаса – ключевые биотопы, потенциально-ключевые биотопы, экологические коридоры, а также участки, предназначенные для ведения лесного хозяйства, ориентированного на сохранение биологического и биотопического разнообразия (оптимальный уровень сохранения биоразнообразия).

Категория учета биоразнообразия, присвоенная выделам, отражает стратегическую цель ведения лесного хозяйства для каждого конкретного участка и позволяет устанавливать способы рубок главного пользования на перспективу (табл. 1).

Таблица 1

Относительная оценка фонда сплошнолесосечных, несплошных рубок и исключений из расчета главного пользования.

Доступность насаждения для эксплуатации	Уровень сохранения биоразнообразия, %	Фонд сплошнолесосечных рубок, %	Фонд несплошных рубок, %	Насаждения, исключасмыс из расчета главного пользования, %
Доступные	Минимальный	99,7	-	0,3
	Оптимальный	93,6	6,1	0,3
Труднодоступные	Минимальный	93,2	1,3	5,5
	Оптимальный	38,6	55,9	5,5

Согласно действующих нормативов к труднодоступным для эксплуатации отнесены сосновые насаждения багульникового, осокового и долгомошного типов леса. При оптимальном уровне сохранения биоразнообразия увеличивается доля несплошных рубок главного пользования.

На основании исходных данных распределения по группам возраста доступных для эксплуатации насаждений, производилось определение оптимальной расчетной лесосеки при указанных уровнях сохранения биологического разнообразия (табл. 2).

Таблица 2

Расчетные лесосеки сплошнолесосечных рубок, га/м³

Расчетные лесосеки									Средний запас эксплуатационного фонда, м ³ /га
Равномерного пользования	Первая возрастная	Вторая возрастная	Третья возрастная	Четвертая возрастная	Интегральная	По спелости	Лесосека Самгина	Ограничения	
Без сохранения биоразнообразия (контроль)									
<u>196,4</u> 49296	<u>57,4</u> 14407	<u>202,1</u> 50727	<u>242,5</u> 60868	<u>244,8</u> 61445	<u>102,7</u> 25778	<u>6,5</u> 1632	<u>164,5</u> 41290	<u>13,0</u> 3263	251
Уровень минимального сохранения биоразнообразия									
<u>195,7</u> 49512	<u>56,5</u> 14296	<u>201,3</u> 50929	<u>241,6</u> 61125	<u>243,9</u> 61707	<u>102,1</u> 25832	<u>6,2</u> 1569	<u>163,9</u> 41476	<u>12,4</u> 3137	253
Уровень оптимального сохранения биоразнообразия									
<u>183,8</u> 46685	<u>44,0</u> 11176	<u>186,1</u> 47269	<u>223,3</u> 56718	<u>228,6</u> 58064	<u>92,2</u> 23419	<u>4,4</u> 1118	<u>151,8</u> 38557	<u>8,8</u> 2235	254

С увеличением уровня сохранения биоразнообразия наблюдается закономерное уменьшение расчетной лесосеки сплошнолесосечных рубок по площади и запасу.

В соответствии с критерием оптимальности (по С.Р. Синицину) и действующими нормативами для всех вариантов расчета оптимальной является лесосека ограничения по сроку использования эксплуатационного фонда на 10 лет.

Для оптимального уровня сохранения биоразнообразия определялись расчетные лесосеки по несплошным рубкам главного пользования (табл.3).

Таблица 3

Расчетные лесосеки несплошных рубок леса, га/м³

Способ рубки			ИТОГО
Группово-выборочные	Добровольно-выборочные	Постепенные 2-х приемные	
<u>0,8</u> 67	<u>0,5</u> 27	<u>4,9</u> 635	<u>6,2</u> 729

В сосновых лесах второй группы, отнесенных к категории «доступные», для минимального уровня сохранения биоразнообразия оптимальная расчетная лесосека по запасу уменьшается на 126 м^3 (3,9 %) и на 299 м^3 (9,2 %) при оптимальных параметрах сохранения биологического разнообразия.

Учитывая незначительную представленность труднодоступного лесного фонда сосновых лесов второй группы в Сморгонском опытном лесхозе (5,7 %), определялась лесосека ограничения по сроку использования эксплуатационного фонда на 10 лет (табл. 4).

Таблица 4

Главное лесопользование в труднодоступных лесах при различных уровнях сохранения биоразнообразия

Уровень сохранения биоразнообразия	Расчетная лесосека, га/м ³		Средний запас эксплуатационного фонда сплошнолесосечных рубок м ³ /га	Исключения из расчета, га/м ³
	Сплошнолесосечные рубки	Добровольно-выборочные рубки		
Без сохранения биоразнообразия (контроль)	<u>3,1</u> 502	<u>0</u> 0	162	<u>0</u> 0
Минимальный	<u>1,9</u> 367	<u>0</u> 0	169	<u>12,1</u> 1370
Оптимальный	<u>0,3</u> 58	<u>0,9</u> 3	193	<u>12,1</u> 1370

С увеличением уровня сохранения биоразнообразия значительно возрастает средний запас труднодоступного эксплуатационного фонда сплошнолесосечных рубок. Расчет размера главного пользования в труднодоступном фонде сосновых лесов показывает, что размер лесопользования по сплошнолесосечным рубкам при минимальном уровне сохранения биоразнообразия уменьшается на 26,9 %, а при оптимальном – на 88,4 %.

Оптимизация планирования рубок главного пользования выполнялась по данным базового лесоустройства Сморгонского, Вилейского и Лепельского лесхозов. Поскольку в модели линейного программирования может быть задано неопределенно большое число возможных схем ограничений, при выполнении расчетов приняты некоторые общие допущения: 1) составление плана рубок главного пользования производится на ревизионный период (10 лет); 2) в рубку должны быть назначены все насаждения, участвующие в расчете; 3) отклонение размера лесопользования за год должно составлять не более 15 % от среднегодового пользования за период планирования.

С учетом ограничений и в соответствии с поставленной задачей рассчитывались следующие варианты планирования рубок главного пользования: равномерное пользование по запасу на протяжении всего периода планирования; относительно равномерное лесопользование с предельно допустимым отклонением за период планирования годичной лесосеки от средней 15%, 10 %, 5 %; равномерно возрастающее лесопользование с темпом увеличения 1,5% в год по отношению к

предыдущему году. Для каждого варианта планирования вычисления выполнялись поочередно для трех критериев оптимальности: 1) максимальный выход крупной деловой древесины сосны; 2) максимальный выход крупной и средней деловой древесины сосны; 3) максимальная таксовая стоимость леса на корню. Таким образом, рассчитывалось 15 различных вариантов планирования рубок для эксплуатационного фонда сосновых лесов Сморгонского лесхоза и 3 варианта при равномерном планировании для Вилейского и Лепельского лесхозов.

Оптимальные планы рубок главного пользования позволяют увеличить общий размер лесопользования за 10 лет в сосновых лесах Сморгонского лесхоза на 0,7 тыс. м³, Вилейского лесхоза на 3,8 тыс. м³, Лепельского лесхоза на 2,9 тыс. м³. Выход крупной деловой древесины в сосновых лесах Сморгонского лесхоза при этом увеличится на 1,0 тыс. м³, Вилейского лесхоза – 4,0 тыс. м³, Лепельского лесхоза – 3,1 тыс. м³. Наблюдается уменьшение выхода средней и мелкой деловой древесины.

Увеличение размера главного пользования и улучшение товарной структуры лесосечного фонда в сосновых лесах позволяют получить экономический эффект при оптимизации планирования главного пользования для Сморгонского лесхоза на 5,0-7,8 млн. руб., Вилейского – 34,1-41,5 млн. руб., Лепельского – 22,0-31,0 млн. руб. (цены на 22.01.04).

Сравнительный анализ эффективности при различных вариантах планирования показывает, что при прочих равных условиях, наиболее эффективно относительно равномерное планирование рубок главного пользования с максимально допустимым отклонением годичной лесосеки от средней на $\pm 15\%$, а наименьшая эффективность наблюдается при равномерном варианте планирования лесопользования (рис. 2).

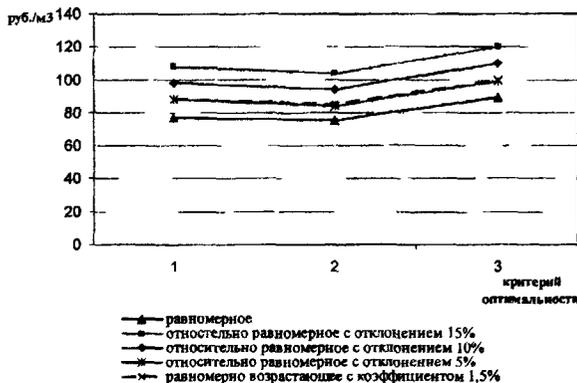


Рис. 2 Прирост таксовой стоимости леса на корню при разных вариантах планирования и критериях оптимальности (Сморгонский опытный лесхоз), руб./м³: 1) максимальный выход крупной деловой древесины; 2) максимальный выход крупной и средней деловой древесины; 3) максимальная таксовая стоимость леса на корню

Для всех вариантов планирования наибольшая эффективность наблюдается при выборе в модели критерия оптимальности таксовая стоимость леса на корню. В этом случае в целевой функции учитывается стоимость всей ликвидной древесины эксплуатационного фонда. Наименьшая эффективность модели планирования получена при выборе в качестве критерия оптимальности максимального выхода крупной и средней древесины.

Среднее значение прироста таксовой стоимости леса на корню при оптимизации планирования рубок главного пользования в сосновых лесах Сморгонского, Вилейского и Лепельского лесхозов, составляет 78 руб./м³.

Среднегодовая расчетная лесосека по рубкам главного пользования в сосновых лесах Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь равна 2210,9 млн. м³ (за 1999-2002 гг.). Таким образом, годовой экономический эффект при оптимизации планирования рубок главного пользования в сосновых лесах Министерства лесного хозяйства может составить 172 млн. руб. (цены на 22.01.2004).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Устойчивое развитие лесов, выполнение ими экономических, экологических и социальных функций предопределяет рациональное лесопользование, сохранение ландшафтного и биологического разнообразия лесов. С позиций экономического подхода лесопользование должно обеспечивать максимальный доход от ведения лесного хозяйства. Оптимизация главного лесопользования с сохранением биологического разнообразия лесов возможна с применением методов имитационного моделирования и математического программирования на основе ГИС-технологий.

Разработана имитационная система оптимизации главного пользования лесом на основе геоинформационной системы «Лесные ресурсы» с оптимизацией размера пользования, повыведельной актуализацией лесного фонда и планированием рубок леса [1, 2, 3, 5, 8, 9].

2. Оптимизация размера главного пользования выполнена в сосновых лесах Сморгонского опытного лесхоза по трем вариантам: без учета биологического разнообразия (контрольный вариант), минимальный уровень сохранения биоразнообразия, оптимальный уровень сохранения биоразнообразия.

При минимальном уровне сохранения биоразнообразия в доступных для эксплуатации сосновых лесах проектируются в основном сплошнолесосечные рубки (99,7%), при оптимальном уровне сохранения биоразнообразия фонд сплошнолесосечных рубок составляет 93,6%, несплошных рубок – 6,1%, а исключения из расчета – 0,3%.

В категории сосновых лесов «труднодоступные для эксплуатации» при минимальном уровне сохранения биоразнообразия фонд сплошнолесосечных рубок составляет 93,2%, несплошных – 1,3%, исключенные из расчета – 5,5%. При оптимальном уровне сохранения биоразнообразия значительно увеличива-

ется фонд несплошных рубок – 55,9 %, а сплошнолесосечные рубки проектируются только на 38,6 % территории. В этом случае средний запас эксплуатационного фонда сплошнолесосечных рубок увеличивается по сравнению с контрольным вариантом на 31 м³/га. [4, 10].

3. При оптимизации планирования рубок главного пользования по разработанной модели линейного программирования на 10-летний период общий размер лесопользования в сосновых лесах Сморгонского лесхоза, по сравнению с проектом базового лесоустройства, увеличится на 0,7 тыс. м³, Вилейского лесхоза – 3,8 тыс. м³, Лепельского лесхоза – 2,9 тыс. м³, а выход крупной деловой древесины соответственно – на 1,0 тыс. м³, 4,0 тыс. м³, 3,1 тыс. м³. Наблюдается уменьшение выхода средней и мелкой деловой древесины [6, 10].

4. Увеличение таксовой стоимости леса на корню за счет повышения размера лесопользования и выхода крупной деловой древесины при оптимизации планирования рубок главного пользования в сосновых лесах для Сморгонского лесхоза составляет 5,0-7,8 млн. руб., Вилейского лесхоза – 34,1-41,5 млн. руб., Лепельского лесхоза – 22,0-31,0 млн. руб.

Среднее значение прироста таксовой стоимости леса на корню при оптимизации планирования рубок главного пользования в сосновых лесах лесхозов составляет 78 руб./м³. Среднегодовая расчетная лесосека по рубкам главного пользования в сосновых лесах Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь равна 2210,9 млн. м³ (за 1999-2002 г.г.). Таким образом, годовой экономический эффект при оптимизации планирования рубок главного пользования в сосновых лесах Министерства лесного хозяйства может составить 172 млн. руб. (цены на 22.01.2004) [6].

5. Система оптимизации главного лесопользования на основе ГИС «Лесные ресурсы» позволяет решать практические задачи: 1) оптимизировать размер главного пользования лесом с учетом сохранения биологического разнообразия лесов; 2) получать оптимальный план очередности назначения лесосек в рубку с максимальным размером лесопользования; 3) выполнять прогноз размера главного пользования и товарной структуры лесосечного фонда; 4) реализовать задачи лесной сертификации по лесоуправлению и лесопользованию; 5) повысить эффективность использования лесосырьевых ресурсов [4, 5, 6, 9].

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в сборниках:

1. Атрощенко О.А., Пушкин А.А. Технология создания автоматизированной системы лесного картографирования // Тр. БГТУ. Сер. I. Лесн. хоз-во. - Мн., 2002.. – Вып. 10. – С. 64-70.
2. Атрощенко О.А., Пушкин А.А. Современные информационные технологии в лесном хозяйстве Республики Беларусь // Известия Белорусской инженерной академии. – 2002. – Вып. 2. С 27-30.

3. Атрошенко О.А., Пушкин А.А. Модели и базы данных по лесным ресурсам в геоинформационных системах // Тр. БГТУ. Сер. I. Лесн. хоз-во. – Мн., 2003. – Вып. 11. – С. 157-162.

4. Пушкин А.А. Оптимизация главного пользования в сосновых лесах при сохранении их биологического разнообразия // Тр. БГТУ. Сер. I. Лесн. хоз-во. – Мн., 2004. – Вып. 12. – С. 83-87.

5. Пушкин А.А. Система оптимизации главного пользования лесом на основе геоинформационных технологий / БГТУ. – Мн., 2004. – 21 с. – Деп. в БелИСА 15.11.2004. – № 24101 // Реферативный сборник непубликуемых работ. Отчеты НИР, ОКР, ОТР, депонированные научные рукописи. – Мн., 2004. – Вып. № 23. / www.belisa.org.by.

6. Пушкин А.А. Оптимизация планирования рубок главного пользования / БГТУ. – Мн., 2004. – 13 с. – Деп. в БелИСА 15.11.2004. – № 2004100 // Реферативный сборник непубликуемых работ. Отчеты НИР, ОКР, ОТР, депонированные научные рукописи. – Мн., 2004. – Вып. № 23. / www.belisa.org.by.

7. Пушкин А.А. Проектирование размера главного пользования в сосновых лесах при сохранении их биологического разнообразия // Сб. трудов молодых ученых НАН Беларуси. – Мн.: ИП Логвинов, 2004. – Т.1. – С. 231-234.

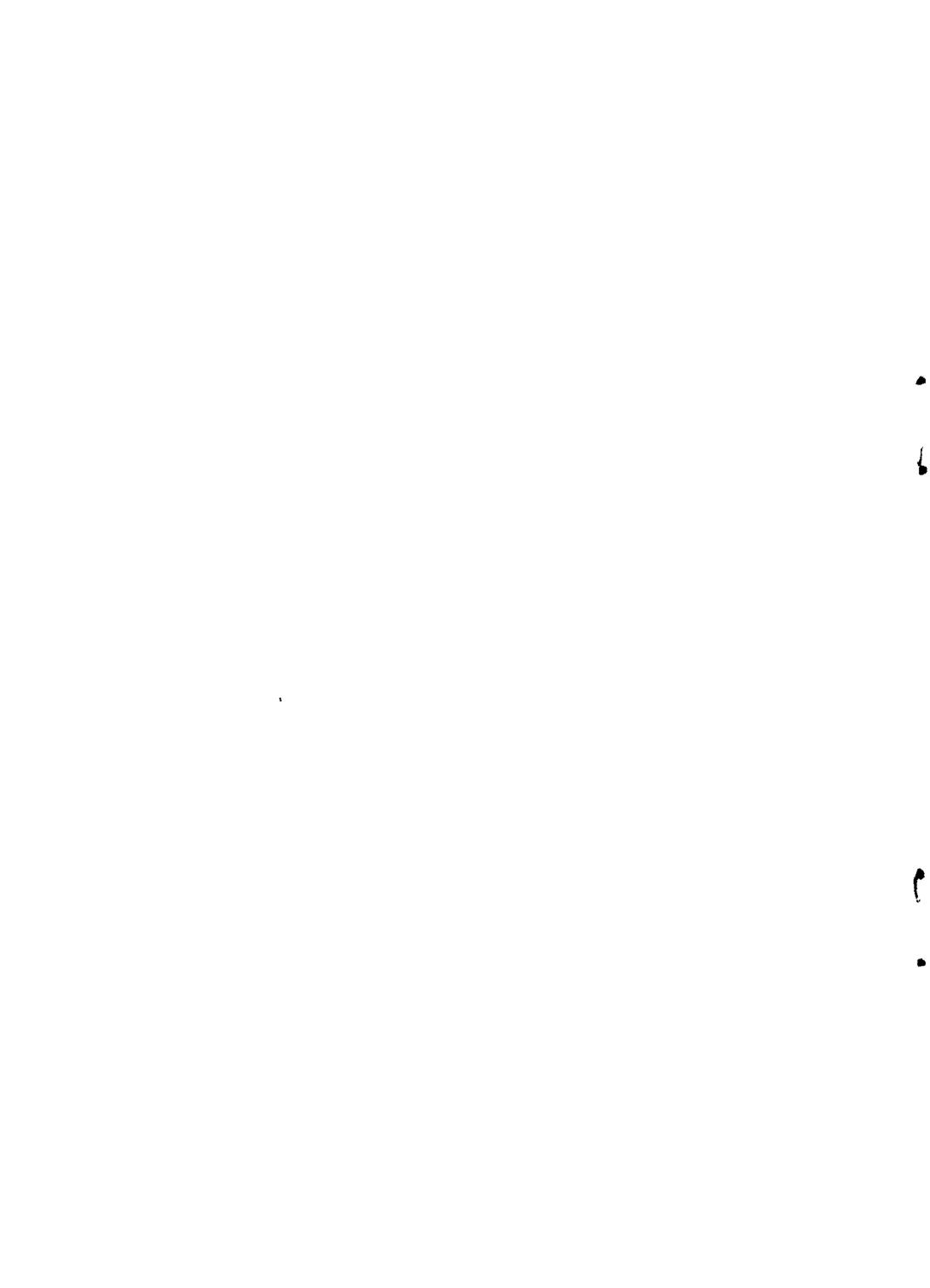
Тезисы докладов конференций:

8. Атрошенко О.А., Пушкин А.А. Автоматизированная система лесного картографирования // Аэрокосмические методы в лесном комплексе: Материалы науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 16-17 мая 2002 г. / Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия. – СПб., 2002. – С. 36-38.

9. Пушкин А.А. Методика оптимизации главного пользования в сосновых лесах при сохранении их биологического разнообразия // Актуальные проблемы лесного комплекса: Сб. науч. трудов по итогам 5-ой международной научно-технической конференции «Лес-2004». – Брянск, 2004. – Вып. 8. – С. 48-52.

10. Пушкин А.А. Оптимизация планирования главного пользования лесом по модели линейного программирования // Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях: материалы 7-й Республиканской научной конференции студентов и аспирантов, Гомель, 22-24 марта 2004 г./ ГГУ им. Ф. Скорины. – Гомель, 2004. – С. 36.





РЭЗІЮМЭ

Пушкін Андрэй Аляксандравіч

Аптымізацыя галоўнага карыстання ў сасновых лясах з выкарыстаннем ГІС-тэхналогій

Ключавыя словы: галоўнае лесакарыстанне, біялагічная разнастайнасць, геаінфармацыйныя сістэмы, аптымізацыя, планаванне высечак, сімплекс-метада, база звестак, праграмае забеспячэнне, імітацыйная сістэма.

Аб'ект даследавання: сасновыя лясы Смаргонскага лягаса Гродзенскага ВЛГА, Вілейскага лягаса Мінскага ВЛГА і Лепельскага лягаса Віцебскага ВЛГА.

Прадмет даследавання: галоўнае лесакарыстанне ў сасновых лясах з улікам захавання біялагічнай разнастайнасці і аптымальнага планавання высечак галоўнага карыстання.

Мэта даследавання: распрацоўка сістэмы і метадаў аптымізацыі галоўнага карыстання ў сасновых лясах з выкарыстаннем геаінфармацыйных тэхналогій, прызначаных для рацыянальнага выкарыстання лясных рэсурсаў і захавання біялагічнай разнастайнасці лясоў.

Метады даследавання: грунтоуюцца на сістэмным падыходзе, агульнапрынятых метадах ў лесаўпарадкаванні, лясной таксацыі, лясной біяметрыі і лесаводстве.

Асноўныя вынікі і іх навізна. Распрацаваны метады аптымізацыі галоўнага карыстання ў сасновых лясах з улікам захавання біялагічнай разнастайнасці на аснове геаінфармацыйных тэхналогій; мадэлі і праграмае забеспячэнне для планавання галоўнага карыстання з аптымізацыяй таварнасці дрэвастояў і таксавага кошту лесу на корані. Створана імітацыйная сістэма аптымізацыі галоўнага карыстання з улікам біялагічнай разнастайнасці лясоў на аснове геаінфармацыйнай сістэмы "Лясныя рэсурсы".

Галіна выкарыстання. Вынікі даследавання прызначаны для выкарыстання ў лесагаспадарчых прадпрыемствах Беларусі пры вядзенні экалагічна арыентаванай лясной гаспадаркі.

SUMMARY

Pushkin Andrey Aleksandrovich

Optimization of the main using in pine forests with use of GIS-technologies

Key words: main harvesting, biological diversity, geoinformation systems, optimization, planning of cutting, a simplex - method, database, software simulation system.

Object of research: is pine forests Smorgon forestry enterprise of Grodno forestry region, Vileyka forestry enterprise of Minsk Grodno forestry region and Lepel forestry enterprise of Vitebsk forestry region.

The subject of the research: the main using in pine forests in view of factors of preservation of a biological diversity and optimum planning of the main using.

The purpose of research: is developing system and methods of optimization main using in pine forests with use of the geoinformation technologies having practical value in rational use of forests resources and preservation of a biological diversity of forests.

Methods of research: are based on the system approach. Therefore well known methodic of forest inventory, forest mensuration, forest biometry, forestry according to the purpose of the research have been used.

Received results and novelty is developed the methods of optimization of the main harvesting in pine forests in view of preservation a biological diversity on the basis of geoinformation technologies; models and the software for planning main harvesting cutting with the account size of wood for tree species included in pine forest stands. Is created the simulation system of optimization main using in view of a biological variety of forests on the basis of geoinformation system "Forest resources".

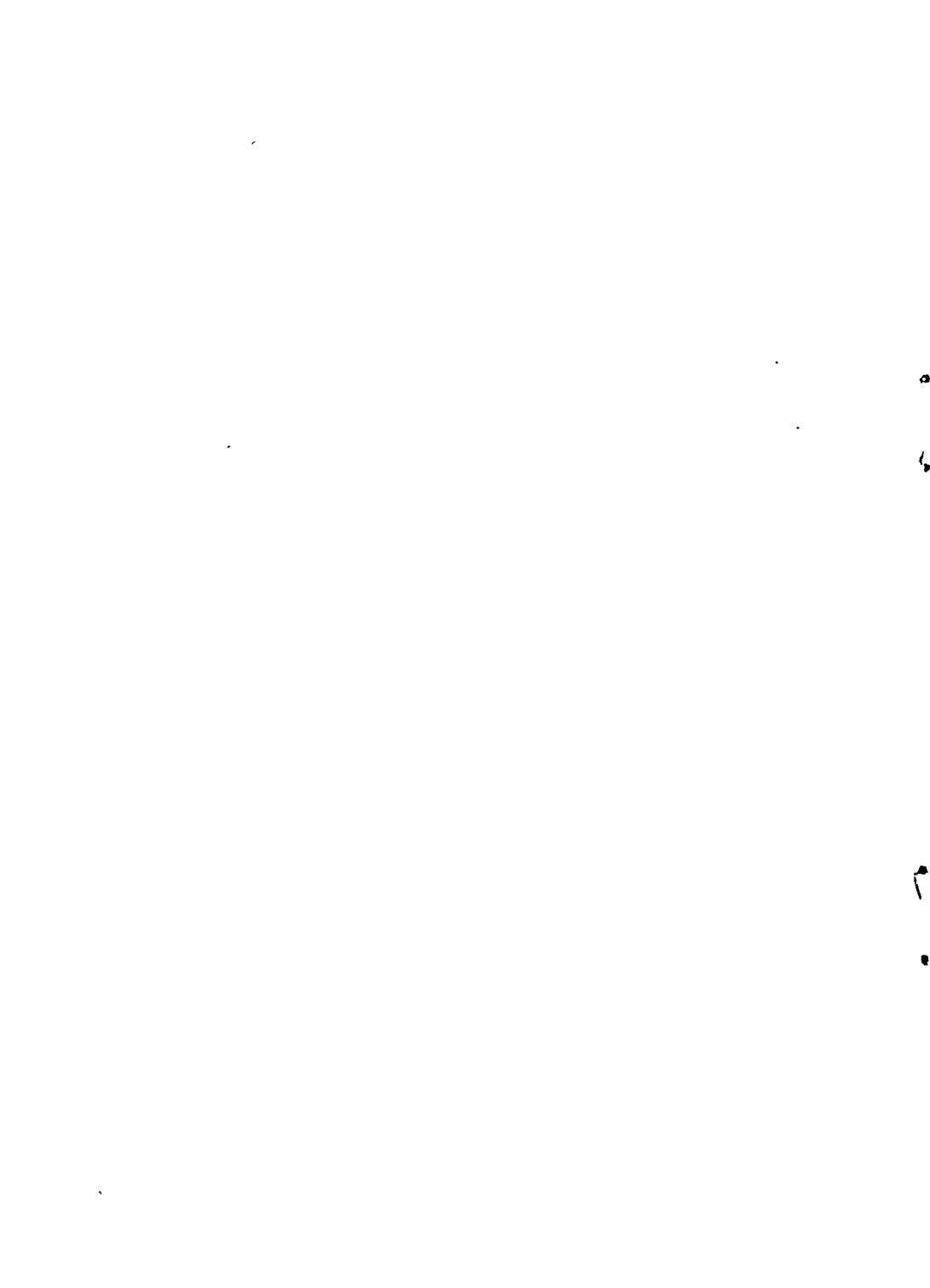
The field of using. The results of the research are supposed for using in forestry enterprise of Byelorussia at conducting ecologically focused forestry.

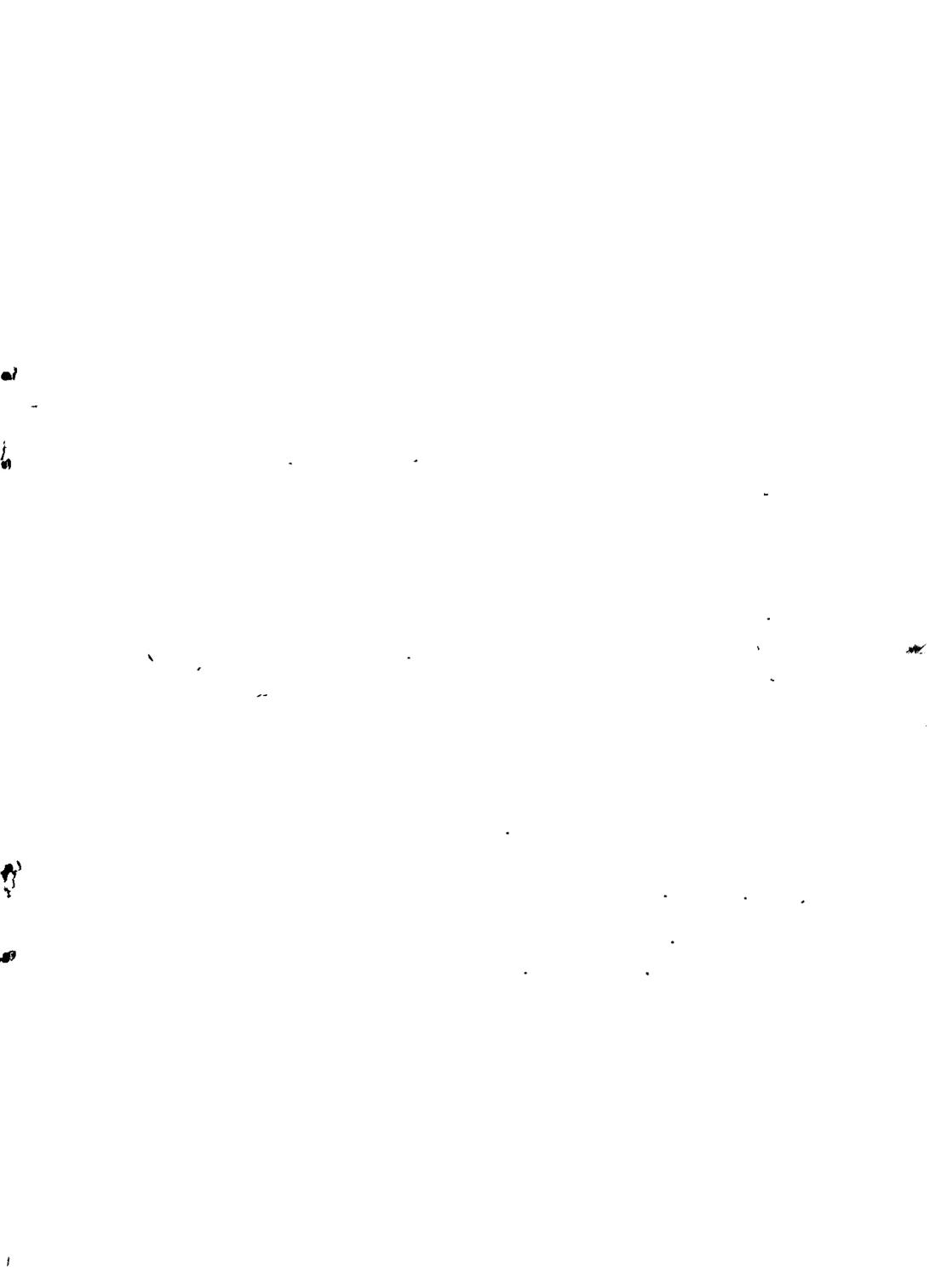
Пушкин Андрей Александрович

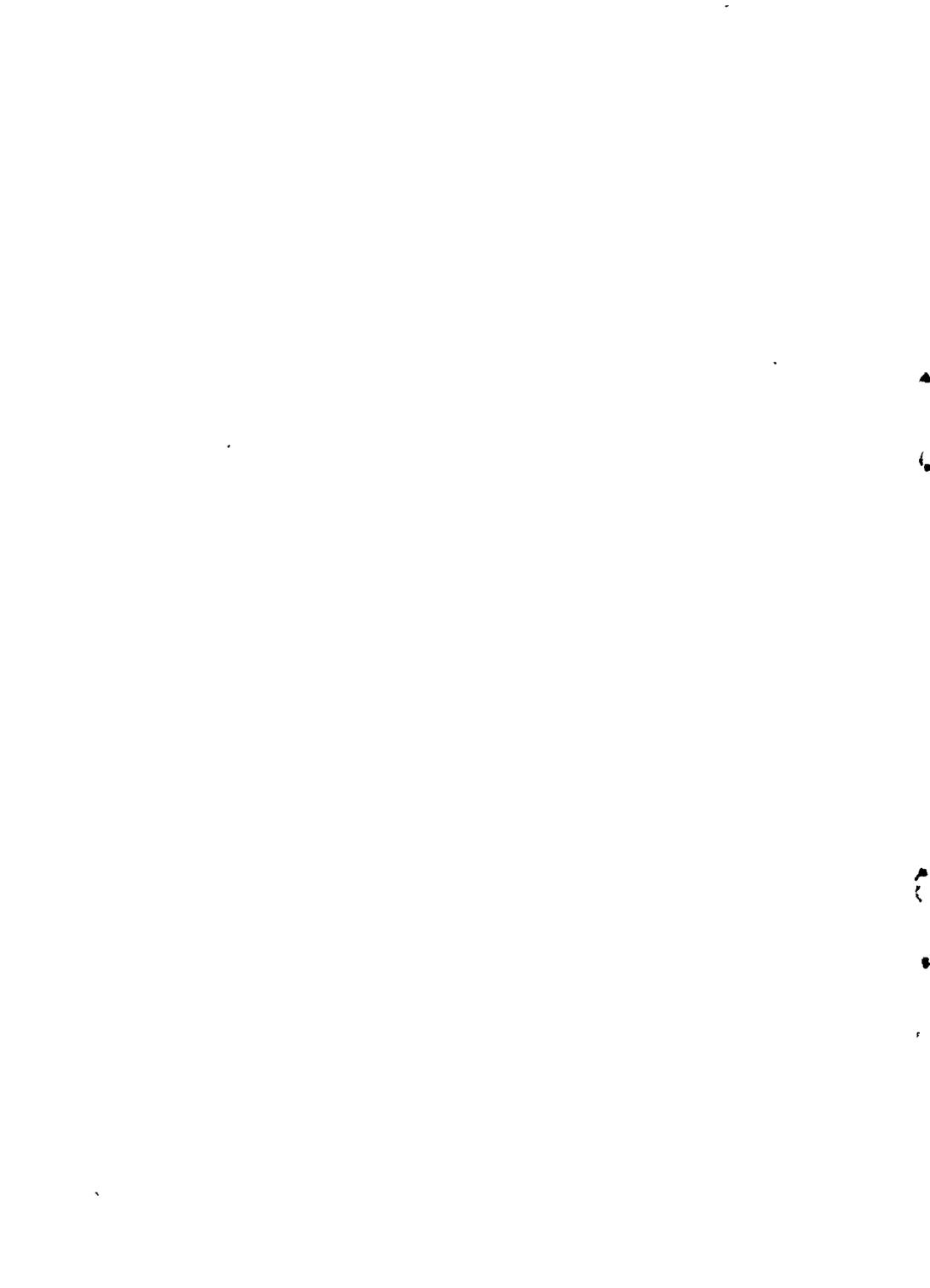
**ОПТИМИЗАЦИЯ ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ В СОСНОВЫХ ЛЕСАХ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ**

Подписано в печать 22.11.04. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 1,3. Уч. изд. л. 1,2. Тираж 90 экз. Заказ 657

Учреждение образования
«Белорусский государственный технологический университет».
220050, Минск, Свердлова, 13а.
Лицензия ЛИ № 02330/0133255 от 30.04.04.
Опечатано в лаборатории полиграфии учреждения образования
«Белорусский государственный технологический университет».
220050, Минск, Свердлова, 13.







*

2

7

*

РНБ Русский фонд

2004-4

30230