

630<sup>x</sup>

Б90

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**УДК 630\*624**

**БУЙ АНДРЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ**

**ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕРА ГЛАВНОГО  
ПОЛЬЗОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ПОВЫДЕЛЬНОЙ БАЗЫ ДАННЫХ НА ПЭВМ**

**Специальность 06.03.02 - Лесоустройство и лесная таксация**

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

**диссертации на соискание ученой степени кандидата  
сельскохозяйственных наук**

**МИНСК 1997**

+



Работа выполнена на кафедре лесоустройства Белорусского государственного технологического университета

Научный руководитель - профессор, доктор  
сельскохозяйственных наук  
Атрощенко О. А.

Официальные оппоненты - профессор, доктор  
сельскохозяйственных наук  
Янушко А. Д.;  
кандидат сельскохозяйственных наук, Толкачев Л. Н.

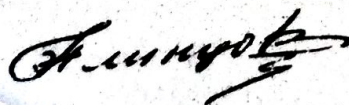
Оппонирующая организация - Институт леса АН Республики Беларусь.

Защита состоится " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 1997 года в \_\_\_\_\_ часов на заседании совета по защите диссертаций Д 02.08.05 в Белорусском государственном технологическом университете по адресу г. Минск, ул. Свердлова, 18<sup>а</sup>, ВГТУ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ВГТУ.

Автореферат разослан " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 1997 года.

\_\_\_\_\_  
Ученый секретарь  
защиты  
кандидат



А. И. Елинцов



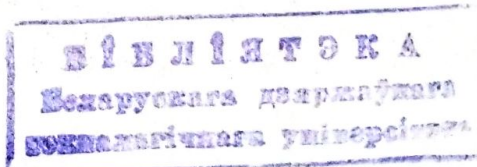
## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Рациональное использование лесных ресурсов тесно связано с принципом постоянства и неистощимости лесопользования. Основной задачей является оптимизация размера главного пользования во времени, от решения которой зависит рациональность лесопользования, возрастная структура лесов, объемы лесовосстановления, возможности постоянного удовлетворения народного хозяйства в древесине. При этом задача оптимизации размера главного пользования может быть решена с использованием современных методов исследования операций и компьютерных ГИС-технологий. В республике выполняется "Проект развития лесного хозяйства Республики Беларусь", составной частью которого является информационная система управления лесными ресурсами с использованием повыведельного банка данных "Лесной фонд РБ" и ГИС "Лесные ресурсы". Актуальным является исследование и разработка имитационной системы оптимизации размера главного лесопользования на ПЭВМ в связи с ГИС "Лесные ресурсы".

Связь работы с крупными научными программами, планами. Исследование выполнено в соответствии с планом НИР лесохозяйственного факультета ВГТУ, заданием 01.05 Республиканской Комплексной научно-технической программы 33.01 РЦ "Древесные ресурсы" на 1990-1995 годы (ГВ 29-91; рег. №01010008669), планом реализации компонента Проекта развития лесного хозяйства Республики Беларусь - "Информационная система управления лесным хозяйством" на 1995-1997 годы.

Цель и задачи исследования. Диссертация посвящена решению задачи методического и экспериментального обоснования системы оптимизации размера главного пользования на ПЭВМ, имеющей практическое значение в совершенствовании планирования и управления в лесном хозяйстве республики. Программой исследования предусмотрено: 1) выполнить анализ существующих информационных систем в

94ар





лесном хозяйстве; 2) научно обосновать структуру, основные принципы и методы разработки модели оптимизации размера главного пользования; 3) разработать алгоритмы и программное обеспечение на ПЭВМ для имитационной системы многовариантных расчетов размера главного лесопользования; 4) выполнить математико-статистический анализ экспериментальных расчетов на ПЭВМ оптимизации размера главного пользования; 5) оценить точность и надежность математических моделей и системы в целом; 6) определить эффективность проведения оптимизации размера главного пользования на ПЭВМ.

Научная новизна полученных результатов заключается в следующем: 1) реализован новый метод оптимизации размера главного лесопользования на ПЭВМ; 2) разработана модель для планирования главного пользования с использованием методов исследования операций; 3) созданы алгоритм и программное обеспечение на ПЭВМ для проведения оптимизации размера главного пользования; 4) впервые разработана имитационная система многовариантных расчетов размера главного лесопользования на ПЭВМ с использованием ГИС "Лесные ресурсы". Научная обоснованность результатов исследования вытекает из системного подхода к решению проблемы в целом и частных задач; последовательного применения современных лесотаксационных и математико-статистических методов в познания: системного анализа, моделирования размера главного лесопользования на основе математического программирования, статистического анализа, обработки данных и моделирования процессов на ПЭВМ.

Практическая значимость полученных результатов. Разработана система оптимизации размера главного пользования лесом, включающая комплекс математических моделей, алгоритмов, реализованных в виде программы на ПЭВМ. Система позволяет в составе ГИС "Лесные ресурсы" составить план очередности назначения участков в рубку главного пользования с выбором оптимального варианта в соответствии с критерием оптимизации и заданными ограничениями. План очередности назначения насаждений в рубку главного пользования можно получить для лесничества, лесохозяйственного предприя-



тия на краткосрочный (до 5 лет), среднесрочный (10 лет) и долгосрочный (20-50 лет) периоды. Результаты исследования внедрены в технологию непрерывного лесоустройства ПО "Белгослес"; учебный процесс по специальности "Лесное хозяйство".

Экономическая значимость полученных результатов. Экономический эффект от внедрения результатов заключается: 1) в увеличении размера главного пользования лесом ( $m^3$ ) за счет рационального использования текущего прироста насаждений по запасу; ожидаемый экономический эффект по сосновой хозсекции с размером расчетной лесосеки 19 тыс.  $m^3$ /год для лесхоза площадью 60 тыс. га составляет 7364 тыс. руб./год (в ценах на 1.11.95 г.) 2) в использовании системы оптимизации размера главного лесопользования для различных аспектов контроля и управления лесными ресурсами, оценке продуктивности насаждений, отведенных в рубку, прогнозирования изменения размера главного лесопользования, сопоставления различных вариантов назначения участков в рубку; 3) в повышении надежности лесопользования и эффективности функционирования ГИС "Лесные ресурсы".

Основные положения диссертации, выносимые на защиту: 1) новая методика планирования размера главного пользования с использованием методов исследования операций и моделей текущего изменения запасов древостоев; 2) модель оптимизации размера главного пользования лесом на ПЭВМ; 3) алгоритмы и программное обеспечение для оптимизации размера главного пользования на ПЭВМ для работы в комплексе с ГИС "Лесные ресурсы"; 4) имитационная система многовариантных расчетов размера главного пользования на ПЭВМ с использованием геоинформационной системы "Лесные ресурсы", позволяющая повысить производительность и эффективность планирования рубок главного пользования.

Личный вклад соискателя. Автору принадлежит постановка задачи, разработка методических положений ее решения, сбор и анализ экспериментального материала, разработка алгоритмов и программ на ПЭВМ, обработка данных на ПЭВМ, обоснование использованных ма-



тематических моделей, обобщение результатов и разработка имитационной системы многовариантных расчетов размера главного пользования, перевод иностранной литературы на русский язык. Все случаи использования материалов и исследований других авторов в работе оговорены.

Апробация результатов диссертации. Основные теоретические положения, методика и результаты исследования докладывались и получили положительную оценку на научных конференциях лесохозяйственного факультета БГТУ (1994, 1995, 1996), на международных научно-практических конференциях "Лес-95" (1995) и "Лес-96" (1996).

Опубликованность результатов. Основные материалы исследований по теме диссертации опубликованы в 4 работах: статьи - 2; тезисы докладов - 2.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из списка условных обозначений, введения, 5 глав, выводов, списка использованной литературы и четырех приложений. Содержит 144 печатные страницы, и включает 24 рисунка и 30 таблиц. Список литературы состоит из 107 наименований, в том числе 19 на иностранном языке. Приложения содержат 75 печатных страниц. В приложениях приведены основные экспериментальные материалы, результаты расчетов на ПЭВМ, исходные тексты программ для ПЭВМ, формы запросов и экспорта данных к базе данных геоинформационной системы "Лесные ресурсы", акты внедрения результатов исследования.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

### Современное состояние вопроса

Анализ зарубежных автоматизированных систем управления и плановых расчетов в лесном хозяйстве (Атрощенко О. А., 1989; Янушко А. Д., 1988; Дялтувас, 1979; Jordan, Baskent, 1992; Kilkki,



1985; Kotimäki, 1987; Nishikawa K., 1998), показывает, что в основе их использования лежат математические методы и модели, позволяющие находить оптимальное решение из допустимых вариантов. Использование методов оптимизации гарантировано обеспечивает получение наилучшего решения задачи в области заданной модели.

Моделями оптимизации размера лесопользования являются математические функции, при помощи которых можно планировать размер пользования лесом на основе методов исследования операций с учетом таксационных показателей древостоев и условий их местопроизрастания. В задаче планирования оптимального размера лесопользования понятие оптимума имеет четкое и конкретное содержание: оптимум - есть максимальное значение размера главного пользования по запасу в заданных границах допустимых изменений параметров планируемой системы.

Применение методов математического программирования для планирования лесопользования осуществляется в двух направлениях: 1) для оптимизации размера расчетной лесосеки; 2) для оптимизации размера лесопользования. Первое направление представлено работами Бочкова И. М., Сеницына Н. Г., Плиско В. Е. (1978), Мошкалева А. Г. (1972), Волкова В. Д. (1974), (1975), Лямборшай С. Х. (1975). Методы оптимизации, представленные в этих работах, хотя и используют сложные модели математического программирования, принципиально не отличаются от традиционных методов определения расчетной лесосеки. Их особенностью является то, что они используют модели оптимизации с учетом только древесины, без учета других полезностей леса и стоимости земли. Эти модели не решают задачи оптимизации размера главного пользования в пространстве (по территории объекта) и во времени (на долгосрочный период). Второе направление представлено работами зарубежных исследователей. Финские ученые Kilkki P., Vaizanen U., Pokalo R. рассматривают задачу оптимизации схем ухода в течение оборота рубки насаждения (промежуточное и главное лесопользование) как экономическую проблему, решаемую с помощью маргинального анализа (Kilkki P. 1968,



1969, 1971, 1985; Атрощенко О. А., Янушко А. Д., 1988, 1990). В этих моделях оптимизации размера лесопользования капиталом является земля и растущий запас древостоев. Имитация схем ухода выполнена на основе дисконтированного процента интереса капиталовложений. Многими исследователями, предложено использовать в качестве целевой функции размер лесопользования (по площади или по запасу) за планируемый период (Curtis F. H., 1962; Duer W. A., Teegurden D. E., Guttenberg S., 1968; Kidd W. E., Tompson E. F., Hoerner P. H., 1966; Kilkki P., 1968, 1985; Littschwager J. M., Tchend T. H., 1967; Loucky D. P., 1964; Атрощенко О. А., 1992; Багинский В. Ф., Ефимчик Л. Д., 1996). Функционирование подобных моделей основывается на моделях предсказания прироста леса.

При анализе моделей оптимизации размера лесопользования выделена группа моделей, которые применяются для оптимизации размера равного пользования. Это - модели линейного программирования (ЛП), в которых целевая функция - максимум размера лесопользования по запасу.

#### Методика и объекты исследования

Одним из ключевых вопросов при моделировании размера главного лесопользования на основе методов исследования операций являлась разработка адекватной математической модели. Для решения этого вопроса автором было проанализировано 16 математических моделей, включающих модели динамического, линейного и стохастического программирования. В результате анализа было отдано предпочтение моделям линейного программирования (ЛП). Выбор в пользу моделей ЛП связан с их хорошей изученностью, спецификой моделируемого признака, назначением модели и относительной простотой реализации вычислительных алгоритмов на ПЭВМ.

Модель оптимизации размера главного лесопользования создавалась на основе анализа математических моделей ЛП Атрощенко О. А., 1985, 1989, 1992; Волкова В. Д., Дудина Д. Н., 1975; а также ряда



зарубежных исследователей: Curtis F. H., 1962; Duerr W. A., Teegurden D. E., Guttenberg S., 1968; Kidd W. E., Thompson E. F., Hoerner P. H., 1966; Kilkki P., 1938, 1971, 1985; Vaisanen U., 1969; Littschwager J. M., Tchend T. H., 1967; Loucks D. P., 1964.

Исследование модели оптимизации размера главного пользования включало: 1) разработку модели, алгоритма и программы на ПЭВМ; 2) оптимизацию размера главного пользования на ПЭВМ по данным фактического лесопользования; 3) сравнительный анализ оптимального лесопользования с фактическим; 4) проведение статистического и двойственного анализа полученных результатов. Исследование эффективности оптимизации размера главного лесопользования проводилось по данным лесоустройства лесов Островецкого лесхоза. В процессе исследования использован экспериментальный материал, включающий:

1) данные лесоустройства сосновых лесов Островецкого лесхоза во II группе лесов в 1984 (таксационное описание) и 1994 г. (база данных ГИС "Лесные ресурсы"); 2) материалы таксации лесосек главного пользования сосновых древостоев II группы лесов Островецкого лесхоза, пройденных рубкой главного пользования в период с 1985 по 1994 годы.

Оптимизация размера главного пользования на ПЭВМ проводилась на основе экспериментального материала. Таксационные показатели насаждений фактического лесопользования актуализировались к состоянию на 1.01.1985 г. Расчеты выполнены в 12 вариантах, включающих моделирование равномерного, возрастающего и убывающего лесопользования с разным процентом его возрастания или убывания каждый год. Актуализация данных лесосечного фонда, оптимизация размера главного пользования выполнялась по программам, разработанным автором. Математическо-статистический анализ экспериментальных данных включал: 1) сравнение размера главного пользования по результатам экспериментальных расчетов с данными фактического пользования; 2) сопоставление среднего возраста рубок древостоев по данным расчета и фактического; 3) корреляционный анализ очеред-



ности назначения древостоев в рубку; 4) дисперсионный анализ средних возрастов рубок древостоев; 5) анализ двойственности модели оптимизации размера главного пользования; 6) корреляционный анализ теневых цен; 7) оценку точности и надежности разработанной модели ЛП. Оценка экономического эффекта оптимизации размера главного пользования проведена с использованием качественной цифры (Янушко А. Д., 1992, 1993).

Моделирование и основные расчеты получены на ПЭВМ типа IBM PC/AT (микропроцессор - i486DX2-66). Программное обеспечение разработано на Turbo Pascal 5.5 в операционной системе MS-DOS 6.2 с использованием библиотеки Turbo Professional 5.0. Математико-статистическая обработка лесоводственной информации проводилась в электронной таблице Microsoft Excel 5.0 общепринятыми методами.

#### ○ Модель оптимизации размера главного пользования

В результате анализа различных моделей ЛП, была разработана модель оптимизации размера главного лесопользования с целевой функцией - максимум размера лесопользования по запасу:

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

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

$$\sum_{i=1}^m M_{i,j+1} x_{i,j+1} = L_{j+1} \sum_{i=1}^m M_{ij} x_{ij} \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq S \quad (4)$$



где

- $Z$  - максимум размера лесопользования по запасу за  $n$  лет,  $m^3$ ;
- $M_{ij}$  - запас насаждения в  $i$ -ом выделе в  $j$ -ом году,  $m^3/га$ ;
- $X_{ij}$  - площадь насаждения, вырубаемая в  $i$ -ом выделе в  $j$ -ом году, га;
- $S_i$  - общая площадь  $i$ -го выдела, га;
- $L_{j+1}$  - коэффициент, указывающий во сколько раз должно измениться лесопользование в  $j+1$  году по отношению  $j$ -му году;
- $S$  - допустимая площадь лесопользования за весь период планирования, га;
- $m$  - число выделов;
- $n$  - число лет рубки.

Моделирование роста древостоев в модели (1)-(4) выполнено по модели актуализации запасов древостоев с использованием регрессии (5), (Андрощенко О. А., 1985):

$$\lg P_{\Delta M} = 23102 - 0.2026 \lg M - 0.9096 \lg A - 0.0415 \lg H/100 \quad (5)$$

где  $P_{\Delta M}$  - текущее изменение запаса сосновых древостоев, %;

$M$  - запас древостоя,  $m^3/га$ ;

$A$  - средний возраст древостоя, лет;

$H/100$  - индекс класса бонитета.

Модель ЛП (1)-(4) реализована в виде программы на ПЭВМ. Блок-схема программы представлена на рис.1. Для поиска оптимального решения в модели оптимизации размера главного лесопользования применен симплекс-метод. Исходные данные для программы ОРТИМ: 1) параметры построения оптимального плана (количество выделов - 256; длительность периода прогноза - 1-20 лет; год начала прогноза; общая площадь лесопользования; характер лесопользования - равномерное, убывающее, возрастающее 2) таксационное описание



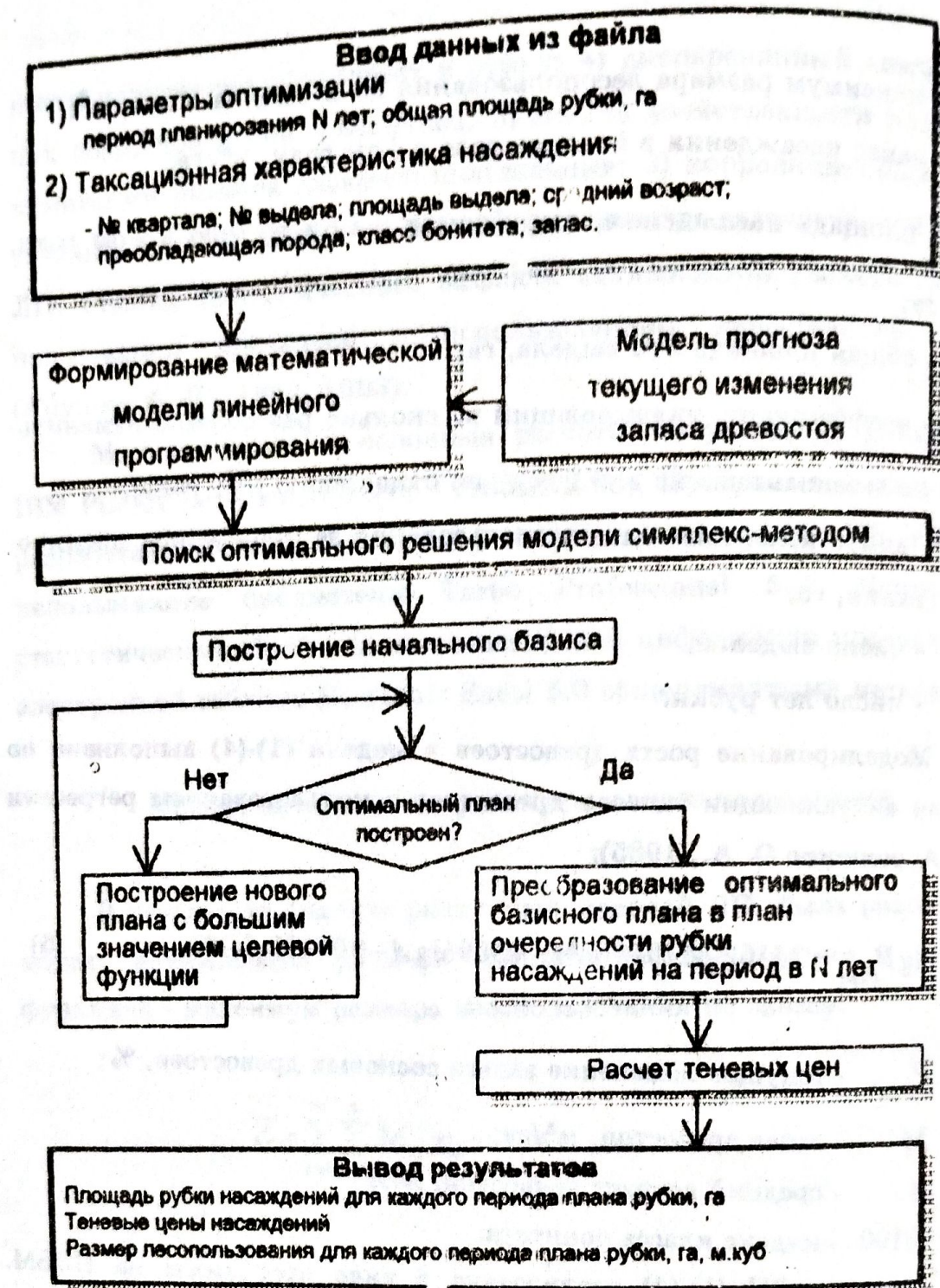


Рис.1. Блок-схема программы оптимизации размера главного лесопользования ОПТИМ

выдела: номер квартала, номер выдела, площадь выдела (га), средний возраст насаждения (лет), преобладающая порода, класс бонитета, запас древостоя в год начала прогноза ( $\text{м}^3/\text{га}$ ).

Результатом оптимизации размера главного лесопользования является: 1) план очередности назначения насаждений в рубку: номер



квартала, номер выдела, площадь выдела, подлежащая рубке в течение каждого года прогноза (га); 2) размер оптимального лесопользования: размер пользования для каждого года рубки по площади (га) и по массе ( $m^3$ ); 3) теневые цены насаждений ( $m^3/га$ ).

Информационной основой для выполнения оптимизации размера главного пользования является повыведельная база данных (ВД) ГИС "Лесные ресурсы". Необходимую информацию получают в результате запросов к БД. Запросы формируются непосредственно в среде ГИС. Информация об отобранных насаждениях выводится во внешний файл в формате файла данных программы ОРТИМ. С помощью модели, реализованной в программе для ПЭВМ ОРТИМ, возможно выполнение многовариантных расчетов размера главного пользования. При этом обеспечивается получение детального плана назначения в рубку каждого насаждения.

Оптимальный план модели может быть принят к исполнению или рассчитан заново после анализа полученного решения и изменения параметров оптимизации. Для анализа модели оптимизации программа ОРТИМ рассчитывает теневые цены для каждого ресурса модели. В качестве ресурсов модели выступают: площадь выдела, размер лесопользования по площади, ограничения на непрерывность лесопользования во времени.

#### Исследование модели оптимизации размера главного пользования

Анализ результатов расчета показал, что оптимизация размера главного пользования позволяет увеличить его размер. Увеличение лесопользования за счет рационального использования текущего прироста сосновых древостоев в возрасте 75-120 лет по сравнению с фактическим использованием для Островецкого лесхоза с размером расчетной лесосеки по сосновой хозосеке во II группе лесов 19 тыс.  $m^3/год$  составляет 150  $m^3/год$ . Также отмечено повышение среднего возраста рубки древостоев на 0.5-1.5 года при оптимизации в пределах лесничества.



Результаты корреляционного анализа показывают линейную корреляцию очередности назначения насаждений в рубку в зависимости от запаса древесины на 1 га. Теснота корреляции варьирует от средней ( $r=-0.63$ ) до сильной ( $r=-0.80$ ). Коэффициент корреляции, отражающий связь очередности назначения насаждений в рубку с возрастом насаждения, несколько ниже аналогичного для запаса. Теснота корреляции изменяется от слабой ( $r=-0.3$ ) до средней ( $r=-0.69$ ).

Результаты исследования очередности назначения сосновых древостоев в рубку, согласно модели оптимизации размера главного пользования, позволяют сделать следующие выводы: 1) при одинаковом среднем возрасте и классе бонитета древостоя первыми назначаются в рубку древостои с большим запасом древесины на 1 га; 2) при равенстве запаса древостоев на 1 га и класса бонитета первыми назначаются в рубку насаждения с большим возрастом; 3) при одинаковом среднем возрасте и запасе древостоев первыми поступают в рубку насаждения с более высоким классом бонитета (насаждение I класса бонитета назначается в рубку раньше насаждения II класса бонитета).

Точность модели оптимизации размера главного пользования определяется точностью таксации запаса древостоя и составляет  $\pm 10\%$ . Надежность модели определяется надежностью и точностью регрессии (5). Стандартная ошибка модели (5) -  $\pm 0.12\%$ . Для древостоя в возрасте 80 лет и средним запасом  $175 \text{ м}^3/\text{га}$  надежность определения годовичного изменения запаса сосновых древостоев с вероятностью 0.99 составит  $2.03 \pm 0.54 \text{ м}^3/\text{га}$ . Алгоритм программы ОПТИМ обеспечивает расчет оптимального размера главного пользования с точностью  $\pm 1 \text{ м}^3$  по массе и  $\pm 0.05 \text{ га}$  по площади.

С учетом специфики модели ЛП был проведен ее двойственный анализ. Основу анализа составило исследование теневых цен. Теневые цены в модели ЛП характеризуют ценность лесных ресурсов. Основными ресурсами модели оптимизации размера главного пользования являются площади таксационных участков. По величине теневой цены можно судить о ценности насаждения и оказываемом им влиянии



на размер лесопользования. В результате анализа теневых цен лесонасаждений в модели (1)-(4) установлена их зависимость от запаса, среднего возраста и класса бонитета древостоя. Наибольшее влияние на величину теневой цены оказывает запас древостоя ( $r=0.99$ ). При равенстве запасов большая теневая цена соответствует древостою с меньшим возрастом, т. к. у насаждения с меньшим возрастом большее (по модели (5)) текущее изменение запаса. Наиболее ценным, с точки зрения модели при прочих равных условиях, считается насаждение с большим запасом и меньшим средним возрастом. Теневые цены насаждений позволяют дать экономическую интерпретацию результатов модели ЛП, установить ценность лесонасаждения, и на основе их анализа провести разностороннюю проверку различных вариантов лесопользования.

#### Имитационная система оптимизации размера главного пользования

На основе разработанной модели линейного программирования и ГИС "Лесные ресурсы" разработана имитационная система многовариантных расчетов размера главного пользования. Общая методика имитации заключается в следующем. Исходя из размера расчетной лесосеки главного пользования, установленной для лесхоза лесоустройством, определить срок использования эксплуатационного фонда (6):

$$N = \frac{M}{L} \quad (6)$$

$N$  - срок использования эксплуатационного фонда, лет;

$M$  - площадь эксплуатационного фонда в лесничестве, га;

$L$  - годовая расчетная лесосека по лесничеству, га.

Период планирования принимается равным сроку использования эксплуатационного фонда; дробная часть  $N$  не учитывается. Из БД ГИС отбираются древостои (для сосны): 1) средний возраст от 80 и



старше к году первой рубки; 2) запас от 140 м<sup>3</sup>/га и выше, 3) класс бонитета - IV и выше. Формируется файл данных для программы ОПТИМ. Рассчитывается ограничение на общую площадь лесопользования (7):

$$S = \sum_{i=1}^m s_i - \left( \sum_{i=1}^m s_i - N \times L \right) \quad (7)$$

где

$S$  - ограничение размера главного пользования по площади, га;

$\sum_{i=1}^m s_i$  - площадь таксационных участков, вошедших в расчет, га;

Выполняется оптимизация размера лесопользования на ПЭВМ на период в  $N$  лет с использованием программы ОПТИМ. Проводится анализ полученного решения.

Приведенная методика позволяет проводить разносторонний анализ главного пользования и сравнивать его альтернативные варианты. Оптимизация размера главного лесопользования по предложенному методу обеспечивает получение плана назначения насаждений в рубку для отдельного лесничества или лесхоза на весь срок планирования.

## ВЫВОДЫ

1. С позиций системного подхода выполнен анализ систем планирования главного лесопользования. На основе методов исследования операций разработана модель оптимизации размера главного пользования, алгоритм и программное обеспечение для имитационной системы многовариантных расчетов размера главного пользования на ПЭВМ.

2. Имитационная система расчетов размера главного пользования на ПЭВМ позволяет на основе возраста, класса бонитета, запаса



древостоев и их площадей получать оптимальный план очередности назначения насаждений в рубку на заданный период времени, максимизирующий размер лесопользования по запасу. Первыми назначают в рубку древостой с большим средним возрастом (при равных запасах) и большим запасом древостоя (при равном среднем возрасте).

3. Увеличение размера лесопользования за счет рационального использования текущего прироста в абсолютном выражении в целом для лесхоза с размером расчетной лесосеки по сосновой хозсекции во II группе лесов  $19000 \text{ м}^3/\text{год}$  составляет  $1500 \text{ м}^3$  за 10 лет. Оптимизация размера главного пользования на период в 10 лет позволяет повысить средний возраст рубки древостоев на 0.5-1.5 года.

4. Точность оптимизации размера главного пользования определяется точностью исходных данных. Относительная ошибка определения оптимального размера главного лесопользования оставляет  $\pm 10\%$ . Надежность модели оптимизации размера главного пользования зависит от модели прогноза текущего изменения запаса древостоев. Абсолютная ошибка прогноза годичного изменения запаса для сосновых древостоев с средним запасом  $175 \text{ м}^3/\text{га}$  составляет  $\pm 0.41 \text{ м}^3/\text{га}$  с вероятностью 0.95.

5. Результаты исследования внедрены в Белорусское государственное лесохозяйственное производственное объединение "Белгослес" для лесоустойчивого проектирования и оптимизации размера главного пользования, функционирования в геоинформационной системе "Лесные ресурсы" на уровне лесохозяйственного предприятия и в технологии непрерывного лесоустройства.

#### СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Атрощенко О. А. Буй А. А. Оптимизация размера главного пользования // Сб. н. т. Проблемы лесоведения и лесоводства.- Гомель: Институт леса АН РБ, 1995.- № 43.- с. 141-144.
2. Буй А. А. Оптимизация лесопользования на основе модели линейного программирования // Тезисы докладов международной научно-



- практической конференции "Лес-95". - Минск: БГТУ, 1995. - с. 8.
3. Буй А. А. Оптимизация размера главного лесопользования на ПЭВМ // Тезисы докладов международной научно-практической конференции "Лес-96". - Минск, 1996. - с. 29.
4. Буй А. А. Применение методов линейного программирования в планировании рубок главного пользования // Труды БГТУ: Лесное хозяйство. - Минск: БГТУ, 1996. - № 3. - с. 94-96.
5. Буй А. А. Планирование главного лесопользования на основе методов исследования операций с использованием ГИС "Лесные ресурсы" // Труды БГТУ: Лесное хозяйство. - Минск: БГТУ, 1997. - № 4 (в печати)

## РЕЗЮМЕ

Буй Андрей Александрович

### ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕРА ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОВЫДЕЛЬНОЙ БАЗЫ ДАННЫХ НА ПЭВМ

ГЛАВНОЕ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ, ЛИНЕЙНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ, ГИС, ПЕРСОНАЛЬНЫЙ КОМПЬЮТЕР, ОПТИМИЗАЦИЯ, СИМПЛЕКС-МЕТОД, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, БАЗА ДАННЫХ, ТЕКУЩЕЕ ИЗМЕНЕНИЕ ЗАПАСА, ПРОДУКТИВНОСТЬ, НАДЕЖНОСТЬ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ.

Разработан новый метод оптимизации размера главного лесопользования на ПЭВМ с применением математической модели линейного программирования и базы данных ГИС "Лесные ресурсы". Оптимизация размера главного лесопользования представляет законченный во времени расчет годовых лесосек на краткосрочный и долгосрочный периоды, с определением очередности назначения участков спелого леса в рубку. Оптимизация выполняется по модели линейного программирования с целевой функцией - максимум размера лесопользо-



вания по запасу. Выход модели - очередность назначения участков насаждений в рубку. Модель реализована в виде программного обеспечения для ПЭВМ. Исходные данные для модели - таксационное описание насаждений, период планирования. Модель оптимизации чувствительна к точности таксационных показателей насаждений, особенно к точности запаса древостоя. Информационной основой для оптимизации является база данных ГИС "Лесные ресурсы". Модель оптимизации может быть использована в составе ГИС для многовариантных расчетов размера главного пользования.

### РЭЗЮМЭ

Буй Андрей Аляксандравіч

#### АПТЫМІЗАЦЫЯ ПАМЕРУ ГАЛОЎНАГА КАРЫСТАННЯ З ВЫКАРЫСТАННЕМ ПАВЫДЗЕЛЬНАЙ БАЗЫ ДАНЫХ НА ПЭВМ

ГАЛОЎНАЕ КАРЫСТАННЕ, ДАСЛЕДАВАННЕ АПЕРАЦЫЙ, ЛІ-  
НЕЙНАЕ ПРАГРАМАВАННЕ, ГІС, ПЕРСАНАЛЬНЫ КАМП'ЮТЭР  
АПТЫМІЗАЦЫЯ, СІМПЛЕКС-МЕТАД, ПРАГРАМНАЕ  
ЗАВЕС ЛЕЧЭННЕ, БАЗА ДАНЫХ, ВЯГУЧАЕ ЗМЯНЕННЕ ЗАПАСУ,  
ПРАДУКЦЫЙНАСЦЬ, НАДЗЕЙНАСЦЬ, ЭФЕКТЫЎНАСЦЬ.

Распрацаваны новы метад аптымізацыі памеру галоўнага леса-  
карыстання на ПЭВМ з ужываннем матэматычнай мадэлі лінейнага  
праграмавання і базы даных ГІС "Лясныя рэсурсы". Аптымізацыя  
памеру галоўнага лесакарыстання ўяўляе скончаны ў часе разлік га-  
дарых лесасек на кароткатэрміновы і доўгатэрміновы перыяды, з вы-  
значэннем чарговаасці прызначэння ўчасткаў спелага лесу ў высечку.  
Аптымізацыя выконваецца па мадэлі лінейнага праграмавання з  
метавай функцыяй - максімум памеру лесакарыстання па запасе.  
Мадэль рэалізавана ў выглядзе праграмнага забеспячэння на ПЭВМ.  
Зыходныя даныя для мадэлі - таксачыйнае апісанне насаджэнняў, пе-  
рыяд аптымізацыі. Мадэль аптымізацыі адчувальная да лакальнасці



таксацыйных паказчыкаў насаджэнняў, асабліва да дакладнасці запаса дрэвастою. Інфармацыйнай асновай для аптымізацыі з'яўляецца база даных ГІС "Лясныя рэсурсы". Мадэль аптымізацыі можа быць выкарыстана ў складзе ГІС для шматварыянтных разлікаў памеру га-лоўнага карыстання.

## SUMMARY

Buy Andrew Alexandrovich

### OPTIMIZATION OF THE SIZE OF PRINCIPAL HARVESTING WITH THE USE OF STANDS DATABASE BY MEANS OF A PC

PRINCIPAL HARVESTING, RESEARCH OF OPERATIONS, LINEAR PROGRAMMING, GIS, PERSONAL COMPUTER, OPTIMIZATION, SIMPLEX METHOD, SOFTWARE, DATABASE, CURRENT CHANGE OF GROWING STOCK, PRODUCTIVITY, RELIABILITY, EFFICIENCY.

One of the most perspective methods of solving this problem consists is optimization of forest filling. The aim of the optimization is to select such a schedule for each compartment that maximizes the resulting management plan of forest harvesting. A model of linear programming for the optimization of the size of principal harvesting by a personal computer with the use of stands database is developed. The approach realised in the model allows to determine the best combination of forest cuttings schedules by rational utilisation of current change of growing stock. The target function of the model is a maximum volume of principal harvesting. The model is realised in a software. Stand characteristics are used for the calculation of a plan of clear cuttings. The model is very sensitive to the accuracy of stand characteristics, especially to the growing stock of stands. The information basis for the optimization is the database of GIS "Forest resources". The application of the optimization model is the option preferred for multialternative accounts of the final fillings.



**Буй Андрей Александрович**

**ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕРА ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОВЫДЕЛЬНОЙ БАЗЫ ДАННЫХ НА ПЭВМ**

**Подписано в печать 30.01.97. Формат 60x84 1/16. Печать офсетная.**

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

**Тираж 65 экз. Заказ 32.**

**Белорусский государственный технологический университет  
220630, Минск, Свердлова, 13а.**

**Отпечатано на ротапринтере Белорусского государственного  
технологического университета.  
220630, Минск, Свердлова, 13а.**