

УДК 630.228:630.5

Н. А. Архипенко, заместитель генерального директора (НП «Браславские озера»);
С. И. Чумаченко, доктор биологических наук, профессор (МГУЛ)

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ДОЛГОСРОЧНОЙ ДИНАМИКИ
МНОГОВИДОВЫХ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ
НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БРАСЛАВСКИЕ ОЗЕРА»
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СЦЕНАРИЯХ ВЕДЕНИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

В статье представлены результаты моделирования долгосрочной динамики лесных насаждений НП «Браславские озера». Разработаны сценарии лесопользования. Описан алгоритм программирования экзогенных воздействий. Дан анализ разработанного программного обеспечения и основных этапов проведения работ.

In this article results of modelling of long-term dynamics of wood plantings of National park «Bralav Lakes» are presented. Scripts of using of a forest are developed and the algorithm of programming of external influences is described. The description of the developed software and the basic stages of works is presented here.

Введение. Проследить динамику развития лесных насаждений позволяют различные математические методы и модели в лесном хозяйстве. По способу реализации модели можно разделить на регрессионные (эмпирические, феноменологические) и эколого-физиологические. Регрессионные модели разрабатываются на основе массового экспериментального материала (например, таблицы хода роста) и имеют широкое распространение в практике лесного хозяйства для учета лесов, проектирования лесохозяйственных мероприятий и др. Эколого-физиологические модели опираются на механизм функционирования популяции, ценоза и т. д., они делятся на аналитические, имитационные и аналитико-имитационные. Для моделирования динамики лесных массивов в НП «Браславские озера» использовали модель FORRUS-S, предназначенную для имитационного моделирования и анализа динамических процессов, протекающих в лесных массивах (С. И. Чумаченко).

Основная часть. FORRUS-S имитирует биоэкологические процессы, протекающие в лесных сообществах, используя справочные базы для 18 видов деревьев хвойно-широколиственной зоны Европейской части России: биометрические характеристики кроны, требовательность к свету, просветы в пологе, коэффициент пропускания света кроной, расстояния разноса семян, порослевая способность, возрастные коэффициенты, таблицы хода роста одновидовых насаждений, потенциальные бонитеты. Набором исходных данных для построения прогноза являются пространственная база данных (векторный слой выделов в ГИС) и связанные с нею атрибутивные (повыдельные, поквартальные и т. д.) базы данных. Перед началом работы сервисные программы преобразуют исходные данные в трехмерное изображение. В результате

сложная конфигурация любого отдельного выдела представлена набором прямоугольных пространственных элементов (пространственными единицами моделирования), каждый из них обладает всеми свойствами выдела, которому он принадлежит. Шаг моделирования составляет 5 лет. На каждом шаге рассчитываются основные таксационные характеристики элемента.

Авторами выполнена настройка части справочных баз данных модели FORRUS-S на территорию Западно-Двинского лесорастительного района с учетом климатических и экологических условий путем определения средних и максимальных бонитетов для каждой лесобразующей породы по типам условий местопроисрастания. В расчет приняли для сосновой, еловой, березовой, осиновой, ольховой формаций все участки НП «Браславские озера» и ЭЛОХ «Браслав» с участием главной породы от 8 единиц и более. И ввиду незначительного распространения дубовой, липовой, кленовой, ясеневой формаций все участки Западно-Двинского лесорастительного района с участием главной породы от 8 единиц и более. Общая площадь выборки составила 58652,6 га.

Моделирование динамики многовидовых разновозрастных насаждений выполняли независимо на трех территориально разобщенных участках НП «Браславские озера»: участок «Межозерный» (площадь 711 га), участок «Дубки» (площадь 152 га), участок «Бельмонт» (площадь 87 га) с помощью моделей «Естественное развитие» и «Экзогенные воздействия». Модель «Естественное развитие» имитирует процессы, протекающие в лесных насаждениях: прирост, спонтанное изреживание и естественное возобновление. После обработки каждого шага элемент модели содержит характеристики по породному и возрастному составу древостоя и его биометри-

ческим показателям. Для каждой группы древесной породы на выделе рассчитывается количество стволов, возраст и онтогенетическое состояние, средняя высота дерева и средняя высота прикрепления кроны, средний диаметр ствола, площадь проекции и форма кроны, достигнутый бонитет. Кроме того, рассчитываются запас и полнота насаждений. Эти данные являются основой для работы модели «Экзогенные воздействия» и сервисных программ. Модель «Экзогенные воздействия» моделирует воздействия различного происхождения, периодичности, интенсивности, избирательности. С практической точки зрения наибольший интерес представляет моделирование антропогенной деятельности, проявляющейся в виде рекреации и проведения лесохозяйственных мероприятий.

Для моделируемых участков разработали 5 сценариев развития насаждений в двух вариантах – с учетом и без учета влияния диких животных на возобновление:

- естественное развитие;
- интенсивная рекреация;
- проведение лесохозяйственных мероприятий, содействующих естественному возобновлению путем механической защиты подростка ценных пород;
- осуществление лесохозяйственных мероприятий, содействующих естественному возобновлению путем механической защиты подростка ценных и удаления части подростка малоценных пород;
- проведение комплекса лесохозяйственных мероприятий.

Естественную динамику древостоев при полном исключении лесохозяйственных мероприятий и других экзогенных воздействий следует рассматривать как эталон для сравнения отклонений в структуре насаждений при других сценариях ведения лесного хозяйства. Результаты моделирования по сценарию «Естественное развитие» опубликованы ранее [1].

Для учета влияния диких животных на возобновление определили долю удаления подростка на каждом шаге моделирования: С – 45%, Е – 35, Д – 95, Лп – 20, Я – 95, Б – 30, Олс – 20, Ос – 95, Олч – 10, Ив – 95, В – 30, Кл – 90, Лщ – 95, Подл – 95%. Для расчета использовали информацию о многолетних учетах диких животных на моделируемых участках, литературные данные по дневному и сезонному рациону копытных животных [2, 3].

Для моделирования интенсивной рекреации применяли дополнительный программный блок к модели FORRUS-S, позволяющий рассчитать влияние рекреационной нагрузки на рост насаждений, используя количественный метод оценки, предложенный С. Л. Рысиным [4].

Моделирование механической защиты подростка ценных пород (Д, Кл, Я, Лп, В) без учета влияния диких животных на возобновление идентично сценарию естественного развития, так как в этом случае отсутствует экзогенный фактор, а эндогенное изреживание является результатом внутри- и межвидовых конкурентных отношений. Другая картина наблюдается в варианте с учетом влияния диких животных на возобновление. Здесь присутствуют как эндогенные, так и экзогенные факторы воздействия. При этом мы допускаем полную сохранность подростка ценных пород после просчета естественного изреживания на каждом шаге моделирования и частичную гибель подростка малоценных пород и подлеска (в соответствии с расчетными данными).

Моделирование лесохозяйственных мероприятий, содействующих естественному возобновлению путем механической защиты подростка ценных и удаления подростка малоценных пород осуществляли следующим образом: после просчета естественного изреживания на каждом шаге моделирования допускаем полную сохранность подростка ценных пород и удаление 95% подростка малоценных пород и подлеска.

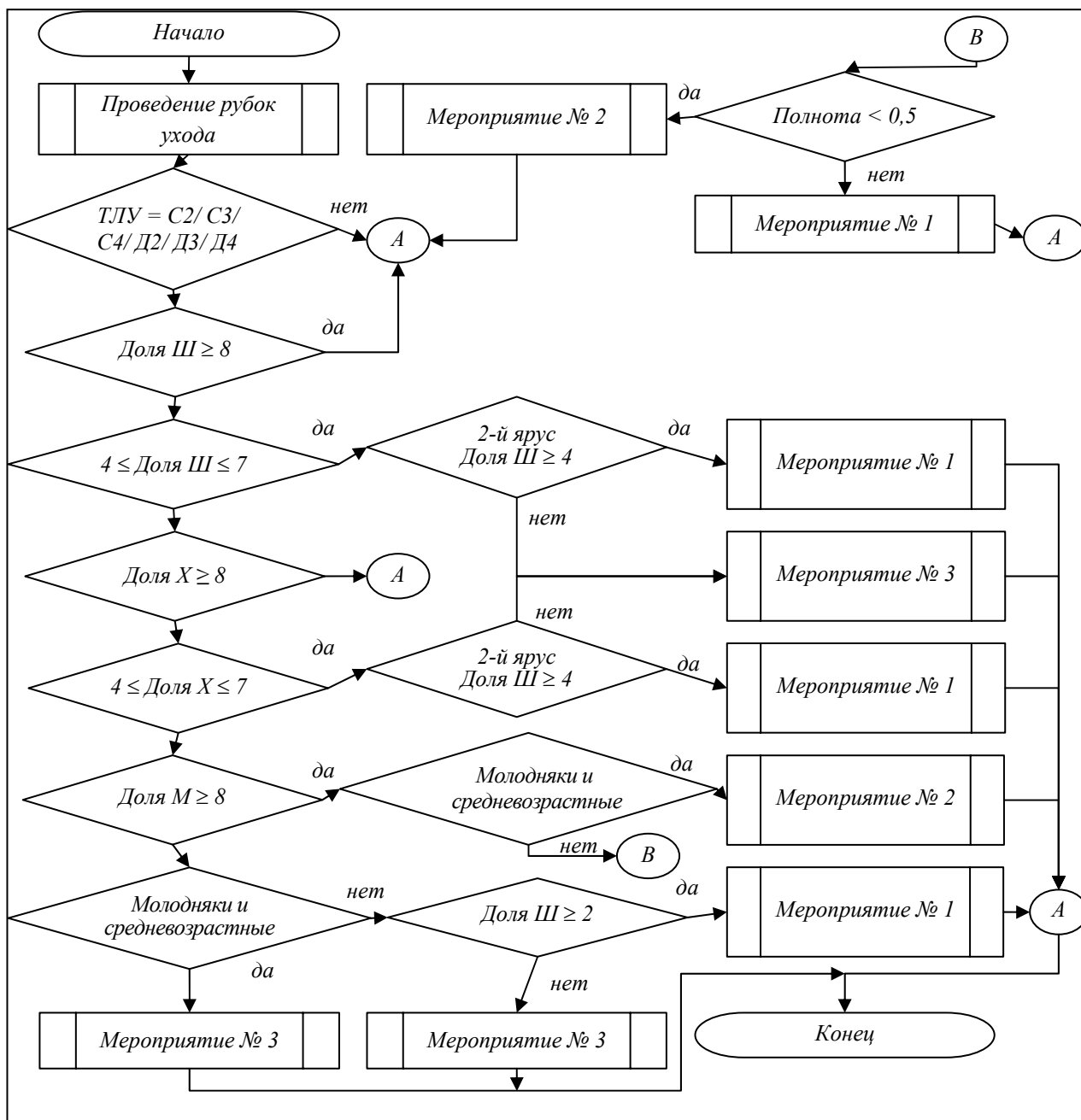
Наиболее сложная задача – моделирование комплекса лесохозяйственных мероприятий. Разработан дополнительный программный блок к модели FORRUS-S.

На первом шаге работы программ субмодели происходит отбор выделов в рубки согласно заданному сценарию ведения лесного хозяйства. При этом анализируются три основных признака: формула древостоя 1-го яруса, возраст главной породы, полнота древостоя 1-го яруса, состояние подростка.

На втором шаге программы блока имитируют само воздействие: например, при моделировании рубок ухода происходит удаление малоценных пород для поддержания оптимальной для развития древостоев полноты.

Выбор по формуле древостоя представляет достаточно сложную задачу. Для сокращения числа возможных комбинаций пород в формуле древостоя все породы объединены в следующие хозяйственно-биологические группы:

- хвойные (сокращенно Х), куда отнесены сосна и ель;
 - широколиственные (сокращенно Ш), куда отнесены дуб, ясень, липа, вяз, клен остролистый;
 - береза (сокращенно Б);
 - мелколиственные, кроме березы (сокращенно М). В эту группу входят осина, ольха серая, ива;
 - черная ольха (сокращенно Олч);
- Алгоритм работы представлен на рисунке.



Блок-схема алгоритма расчета по сценарию «Комплекс лесохозяйственных мероприятий»:

ТЛУ – тип лесорастительных условий;

А – направляем на следующий шаг моделирования без выполнения действий;

В – выполняем действия в соответствии с определенной матрицей моделирования

Сценарий ведения лесного хозяйства определяется специально разработанными матрицами (таблица), где для каждого варианта формулы древостоя и возраста задаются требуемая полнота насаждений, вид и очередность рубки. Назначение в лесокультурные мероприятия основано на анализе возобновления ценных пород. При недостаточном количестве подроста назначается посадка лесных культур или создание подпологовых культур. Подбор пород для лесовозобновления производится в соответствии с типом условий местопроизра-

стания. Для каждого типа условий задаются свой перечень древесных пород и количество саженцев на гектар согласно специально разработанным матрицам.

В результате моделирования динамики лесных насаждений для трех участков НП «Браславские озера» нами получено и проанализировано по пяти сценариям в двух вариантах (с учетом влияния диких животных на возобновление и без учета) 30 моделей природопользования с прогнозом развития насаждений на 150 лет (шаг моделирования – 5 лет).

Фрагмент матрицы моделирования рубок ухода

Возраст, лет	5		10		15		20		25		30	
	П	ВР	П	ВР	П	ВР	П	ВР	П	ВР	П	ВР
8–10Д 0–2(Ш, Х, Б, О, М, П)	–	–	–	–	0,8	Пч	0,8	Пч	0,7	Пр	0,7	Пр
5–7Д 0–5(Ш, Х, Б, О, М, П)	0,5	Ос	0,5	Ос	0,7	Пч	0,7	Пч	0,7	Пр	0,7	Пр
3–4Д 0–7(Б, О, М, П) 0–4(Ш, Х)	0,5	Ос	0,5	Ос	0,7	Пч	0,7	Пч	0,7	Пч	0,7	Пр
2Д 0–8(Б, О, М, П) 0–2(Ш, Х)	0,5	Ос	0,5	Ос	0,7	Пч	0,7	Пч	0,7	Пч	0,7	Пр
8–10Х 0–2(Д, Ш, Б, О, М, П)	–	–	–	–	0,7	Пч	0,7	Пч	0,7	Пр	0,7	Пр
5–7Х 0–5(Б, О, М, П) 0–4(Д, Ш)	0,6	Ос	0,6	Ос	0,7	Пч	0,7	Пч	0,6	Пр	0,6	Пр
4Х 0–6(Б, О, М, П) 0–2(Д, Ш)	–	–	0,6	Ос	0,7	Пч	0,7	Пч	0,6	Пр	0,6	Пр
9–10М 0–1(Д, Ш, Х)	–	–	0,7	Пч	0,7	Пр	0,7	Пр	0,7	Пх	0,7	Пх
6–8М 0–1Д 0–3(Ш, Х, Б, О, П)	–	–	1,7	Пч	1,7	Пр	0,7	Пр	0,7	Пх	0,7	Пх
3–5М 0–2(Ш, Б, Х, О, П) 0–1Д	–	–	2,7	Пч	2,7	Пр	0,7	Пр	0,7	Пх	0,7	Пх
8–10Ш 0–2(Д, Х, О, Б, М, П)	–	–	–	–	0,8	Пч	0,8	Пч	0,7	Пр	0,7	Пр
6–7Ш 0–4(Д, Х, Б, О, М, П)	0,5	Ос	0,5	Ос	0,7	Пч	0,7	Пч	0,7	Пр	0,7	Пр
4–5Ш 0–4(Х) 0–6(Б, М, О, П) 0–3Ш	0,5	Ос	0,5	Ос	0,7	Пч	0,7	Пч	0,7	Пр	0,7	Пр
2–3Ш 0–2(Х) 0–3Б 0–4(О, М, П) 0–1Д	0,5	Ос	0,5	Ос	0,7	Пч	0,7	Пч	0,7	Пр	0,7	Пр

Примечание. П – полнота после рубки; ВР – вид рубки.

На каждом шаге мы получили данные по моделируемому участкам: запас по породам (классический и экологический подход), возрастная структура по породам, площадь по группам пород и др. Результаты моделирования представляются в виде таблиц формата Excel. Для анализа данные в таком формате достаточно неудобны. Применяв специальную программу «Моделирование», выполнили группировку данных по всем шагам моделирования и представили результаты в виде обобщенных данных по каждому из параметров запроса с отображением в виде диаграмм или графиков.

Наглядность результатов облегчает оценку эффективности различных лесохозяйственных мероприятий, влияние экзогенных воздействий.

Заключение. В перспективе модель FORRUS-S может быть использована при лесоустройстве национальных парков для принятия обоснованных решений по выбору стратегий экологически ответственного лесопользования, получения долгосрочных прогнозов динамики лесных насаждений, функционального зонирования территории.

Литература

- Архипенко, Н. А. Опыт и перспективы использования модели динамики лесных массивов FORRUS-S в Национальном парке «Браславские озера» для выбора стратегии ведения хозяйства / Н. А. Архипенко, С. И. Чумаченко // Устойчивое управление лесами и рациональное лесопользование: материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 2010: в 2 т. / Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2010. – Т. 2. – С. 537–540.
- Савицкий, Б. П. Млекопитающие Беларуси / Б. П. Савицкий, С. В. Кучмель, Л. Д. Бурко. – Минск: БГУ, 2005. – 318 с.
- Дунин, В. Ф., Козло П. Г. Лось в Беларуси / В. Ф. Дунин, П. Г. Козло. – Минск: Навука і тэхніка, 1992. – 207 с.
- Моделирование динамики рекреационного потенциала лесопарковых насаждений / С. Л. Рысин [и др.] // Вести МГУЛ. – Лесной вестник. – 2006. – № 2. – С. 13–21.

Поступила 01.03.2012