

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МАКСИМАЛЬНО ЭФФЕКТИВНЫХ РУБОК УХОДА В СЛОЖНЫХ ДУБРАВАХ БССР

Наиболее ценной составной частью лесного фонда Белорусской ССР являются дубовые насаждения. Их высокая продуктивность, хорошие эстетические свойства, а также ценные качества древесины широко известны. Длительная интенсивная эксплуатация белорусских лесов и привела к сокращению дубрав. Поэтому их выращивание в настоящее время требует особого внимания лесоводов.

Дубравы Белоруссии занимают 3,7 % покрытой лесом площади и имеют выраженные зональные особенности [1]. В северной части республики к дубу постоянно примешивается ель, в центральной — ель и граб, в южной — граб. В связи с этим дубравы подразделяются на еловые, елово-грабовые и грабовые. Не имеют примеси ели и граба пойменные дубравы.

По производительности дубравы республики относятся преимущественно к I и II классам бонитета, наиболее распространенные типы леса — снытевые и кисличные. Они занимают песчаные и супесчаные почвы, подстилаемые на небольшой глубине суглинками и глинами при залегании грунтовых вод 1,5—2,5 м. Здесь дуб растет в смешении с липой, кленом, осиной, березой. В пониженных местах на более плодородных почвах с проточным увлажнением к дубу примешивается ясень обыкновенный и ольха черная.

Выращивание высокопродуктивных дубовых насаждений без проведения своевременных и интенсивных рубок ухода почти невозможно. В то же время планирование рубок ухода, ввиду неоднородности состава и сложной структуры таких насаждений, является сложной задачей. Для этого необходимо знать их закономерности роста при периодических разреживаниях.

Современный этап развития методов оптимизации, основанный на использовании ЭВМ, позволяет решать достаточно широкий круг подобных задач на основе математического моделирования роста насаждений при разных режимах рубок ухода с последующим поиском оптимального решения.

В состав дубовых насаждений Белорусской ССР входит до 15 различных пород. Их взаимовлияние и расположение в пологе лесного участка, начальное состояние, а также изменения в результате вырубки части деревьев представляют большие трудности при составлении математической модели роста.

С другой стороны, составление математической модели, которая точно описывает динамику роста и развития всех участвующих пород и учитывает все факторы, влияющие на указанную динамику, делает ее излишне громоздкой. При перспективном планировании это не оправдано.

Учитывая важность задачи планирования рубок ухода как составной части проблемы обеспечения выращивания высокопродуктивных дубрав и повышения эффективности лесопользования, мы пришли к выводу, что в данном случае целесообразно построить математические модели роста дуба (как главной породы), а также твердолиственных и мягколиственных пород [2].

Известно, что в таких моделях выделяются специальные переменные, значения которых определяют единственный вариант развития описываемых процессов рассматриваемой системы. Состояние системы определяется совокупностью чисел, называемых фазовыми переменными. Переход системы из одного состояния в другое происходит под воздействием выбираемых управлений вследствие изменения модельного времени. Решение поставленной задачи состоит в нахождении такого управления, при котором критерий эффективности достигает наибольшего значения. Указанное управление находится на основе методов оптимизации для многошаговых процессов и называется оптимальным [3].

Состояние сложного дубового насаждения характеризуется совокупностью параметров (фазовых переменных):

$$M^D, M^{TЛ}, M^{MЛ}, D_{ср}^D, D_{ср}^{TЛ}, D_{ср}^{MЛ},$$

где $M^D, M^{TЛ}, M^{MЛ}$ — запасы дуба, твердолиственных и мягколиственных пород соответственно; $D_{ср}^D, D_{ср}^{TЛ}, D_{ср}^{MЛ}$ — соответствующие им средние диаметры.

Изменение фазовых переменных, т.е. изменение состояния насаждения, должно быть выражено функционально. При этом необходимо учитывать, что динамика запаса дуба зависит от запасов мягколиственных и твердолиственных пород культуры перед предыдущим уходом, а также от вырубаемых во время такого ухода запасов данных пород. Следует также иметь в виду, что динамика запаса дуба зависит от начального состояния насаждения. Исследования, проведенные рядом авторов, подтверждают данные о том, что ход роста модальен для каждого конкретного насаждения.

Приведенные рассуждения справедливы и для динамики запасов мягколиственных и твердолиственных пород в сложном дубовом насаждении.

Таким образом,

$$\begin{aligned} M_{i+1}^D &= f_1 (M_0^D, M_0^{TЛ}, M_0^{MЛ}, M_i^D, M_i^{TЛ}, M_i^{MЛ}, X_i^D, X_i^{TЛ}, X_i^{MЛ}, \Delta t_i); \\ M_{i+1}^{TЛ} &= f_2 (M_0^D, M_0^{TЛ}, M_0^{MЛ}, M_i^D, M_i^{TЛ}, M_i^{MЛ}, X_i^D, X_i^{TЛ}, X_i^{MЛ}, \Delta t_i); \\ M_{i+1}^{MЛ} &= f_3 (M_0^D, M_0^{TЛ}, M_0^{MЛ}, M_i^D, M_i^{TЛ}, M_i^{MЛ}, X_i^D, X_i^{TЛ}, X_i^{MЛ}, \Delta t_i), \end{aligned} \quad (1)$$

где $M_{i+1}^D, M_{i+1}^{TЛ}, M_{i+1}^{MЛ}$ — запасы дуба, твердолиственных и мягколиственных пород соответственно к моменту $i+1$ рубки ухода в сложном насаждении; Δt_i — сроки повторяемости рубок в сложном насаждении; $M_i^D, M_i^{TЛ}, M_i^{MЛ}$ — соответствующие запасы к моменту i -й рубки; $X_i^D, X_i^{TЛ}, X_i^{MЛ}$ — вырубаемые запасы дуба, твердолиственных и мягколиственных пород в сложном насаждении в период i -й рубки ухода; $M_0^D, M_0^{TЛ}, M_0^{MЛ}$ — запасы участвующих в насаждении пород перед началом уходов.

Сказанное в полной мере относится и к динамике соответствующих средних диаметров, т.е.

$$\begin{aligned}
 D_{i+1}^A &= f_4 (M_0^A, M_0^{ТЛ}, M_0^{МЛ}, D_i^A, D_i^{ТЛ}, D_i^{МЛ}, X_i^A, X_i^{ТЛ}, X_i^{МЛ}, \Delta t_i); \\
 D_{i+1}^{ТЛ} &= f_5 (M_0^A, M_0^{ТЛ}, M_0^{МЛ}, D_i^A, D_i^{ТЛ}, D_i^{МЛ}, D_i^A, X_i^{ТЛ}, X_i^{МЛ}, \Delta t_i); \\
 D_{i+1}^{МЛ} &= f_6 (M_0^A, M_0^{ТЛ}, M_0^{МЛ}, D_i^A, D_i^{ТЛ}, D_i^{МЛ}, X_i^A, X_i^{ТЛ}, X_i^{МЛ}, \Delta t_i).
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Функциональные зависимости (1) и (2) моделируют процесс перехода насаждения из одного состояния в другое. При этом необходимо указать ограничения на выбираемые запасы по всем группам пород, составляющим сложное насаждение, а также критерий оптимальности (целевую функцию), руководствуясь которым можно дифференцировать экономический эффект, получаемый при проведении рубок различной интенсивности.

Установлено, что для каждого насаждения, в том числе и сложного дубового, существует запас, снижение которого приводит к падению общего прироста больше, чем на пять процентов [4]. Обозначим этот запас $M_{кр}$ (насаждения). Как показали наши исследования, в сложном дубовом насаждении в каждом возрасте существует некоторое минимальное число стволов дуба, из которых возможно получение чистой дубравы к возрасту спелости. Соответствующий этому числу стволов запас принимается за критический ($M_{кр}^A$), тогда

$$X_d \leq M^A - M_{кр}^A. \tag{3}$$

Нетрудно показать, что в этом случае

$$X^{ТЛ} + X^{МЛ} \leq (M - M_{кр}) - (M^A - M_{кр}^A), \tag{4}$$

где M — общий запас сложного насаждения.

Неравенства (3)–(4) представляют собой ограничения на вырубаемые запасы.

Известно, что обоснование выбранного критерия эффективности (целевой функции) требует глубоких и всесторонних экономических исследований. Анализ предложений по данному вопросу позволяет сделать заключение, что выбор целевой функции, которая дает чистый доход, получаемый от рубки промежуточного пользования, является оправданным и представляет известный практический интерес [5]. Многопородный состав насаждения, а также наличие многошагового процесса определяют ее аддитивный характер:

$$\begin{aligned}
 S = & \sum_{i=1}^{i_1} [(C_{i1}^A - C_{i1}^A) X_{i1}^A - C_{i1}^A] V_{i1} + [(C_{i1+1}^A - C_{i1+1}^A) X_{i1+1}^A - \\
 & - C_{i1+1}^A] V_{i1+1} + \sum_{i=1}^{i_2} [(C_{i2}^{ТЛ} - C_{i2}^{ТЛ}) X_{i2}^{ТЛ} - C_{i2}^{ТЛ}] V_{i2} + [(C_{i2+1}^{ТЛ} - \\
 & - C_{i2+1}^{ТЛ}) X_{i2+1}^{ТЛ} - C_{i2+1}^{ТЛ}] V_{i2+1} + \sum_{i=1}^{i_3} [(C_{i3}^{МЛ} - C_{i3}^{МЛ}) X_{i3}^{МЛ} - C_{i3}^{МЛ}] V_{i3} + \\
 & + [(C_{i3+1}^{МЛ} - C_{i3+1}^{МЛ}) X_{i3+1}^{МЛ} - C_{i3+1}^{МЛ}] V_{i3+1},
 \end{aligned}$$

где i — индекс рубки ухода; C_{i1}^A, C_{i1}^A — цена и себестоимость 1 м³ древесины дуба при i - приеме ухода, руб.; $C_{i2}^{ТЛ}, C_{i2}^{ТЛ}$ — цена и себестоимость 1 м³ древеси-

ны твердолиственных пород при i -м приеме рубок ухода, руб.; $C_i^{мл}$, $C_i^{мл}$ — цена и себестоимость 1 м^3 древесины мягколиственных пород при i -м приеме рубок ухода, руб.; $X_i^д$ — объем i -й вырубki дуба, м^3 ; $X_i^{тл}$ — объем i -й вырубki твердолиственных пород, м^3 ; $X_i^{мл}$ — объем i -й вырубki мягколиственных пород, м^3 ; B_i — коэффициент дисконтирования во время i -го приема рубок ухода; $СП_i^д$ — затраты на подготовительные работы для проведения i -й рубки ухода; $СП_i^{тл}$, $СП_i^{мл}$ — аналогичные затраты для твердолиственных и мягколиственных пород.

Значения i_1, i_2, i_3 в данном случае различны.

Важным этапом решения поставленной задачи является точная интерпретация экспериментальных данных с целью нахождения всех зависимостей, реализующих модель роста сложного дубового насаждения. Большое значение имеет также программная реализация процесса поиска оптимального управления по данной математической модели на основе дискретного динамического программирования [6].

Следует подчеркнуть, что данные, полученные в результате решения рассмотренной в данной статье задачи, дадут возможность не только иметь значения рекомендуемых выбираемых запасов для всех рубок ухода (вплоть до главного пользования) по указанным группам пород, но и получить чистую дубраву к возрасту спелости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юркевич И.Д., Гельтман В.С. География, типология и районирование лесной растительности Белоруссии. — Минск: Наука и техника, 1965. — 288 с.
2. Кузичев В.В. Прогнозирование роста древостоев. Новосибирск: Наука, 1977. — 160 с.
3. Нестеров В.Г. Опыт применения оптимального программирования в лесном хозяйстве. — М.: Лесн. пром-сть, 1970. — 46 с.
4. Кожевников А.М., Сидоренко О.Ф., Сушинский А.П. Научные основы рубок ухода в елово-грабово-дубовых насаждениях. — В кн.: Повышение продуктивности елово-грабовых дубрав БССР. Минск: Ураджай, 1975, с. 49—59.
5. Терехова Р.Л., Кожевников А.М. Использование динамического программирования в лесоводственных исследованиях. — В кн.: Лесные ресурсы, их сохранение и воспроизводство. Минск: Полярка, 1979, с. 11—17.
6. Арис Р. Дискретное динамическое программирование. — М.: Мир, 1969. — 172 с.

УДК 630*116.28

И.Э.РИХТЕР, канд. с-х. наук (БТИ),
А.И.КАРБАНОВИЧ, канд. биол. наук (АН БССР),
В.В.САРНАЦКИЙ (БТИ)

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ПОЧВУ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР ЕЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ

В лесных биогеоценозах азот в значительно большей массе, чем другие макроэлементы, вовлекается в биологический круговорот и наряду с водой и теплом относится к важнейшим элементам метаболизма. От обеспеченности почв и растений азотом во многом зависит продуктивность биогеоценозов.