

B.V. Raevsky, A.A. Mordas

Growth and Productivity of Testing Logepole Pine in the Southern Karelia

The growth and development of the lodgepole pine of seven provenances in the southwestern part of Karelia are investigated in comparison with the native common pine. The data is presented confirming higher productivity of the exotic plant in the young age. A conclusion is drawn on the substantial influence provided by the planting material type on the stem quality especially for the lodgepole pine.

УДК 630*221.0:681.3

В.С. Петровский, С.А. Черепухин

Петровский Владислав Сергеевич родился в 1933 г., окончил в 1956 г. Сибирский технологический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автоматизации производственных процессов Воронежской государственной лесотехнической академии, заслуженный деятель науки и техники РФ, академик РАЕН. Имеет около 290 печатных работ в области математического моделирования, оптимизации, компьютеризации, автоматизации технологий и оборудования лесного комплекса.



Черепухин Сергей Александрович родился в 1972 г., окончил в 1995 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, аспирант кафедры автоматизации производственных процессов ВГЛТА. Имеет 8 печатных работ в области моделирования и оптимизации режимов рубок ухода за лесом.



ОСОБЕННОСТИ КОМПЬЮТЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫБОРОЧНЫХ И СПЛОШНЫХ РУБОК В НОРМАЛЬНЫХ ДРЕВОСТОЯХ СОСНЫ

На основании таблиц хода роста нормальных древостоев сосны разработаны математические модели и программы оптимизации режимов выборочных и сплошных рубок с получением наибольшего объема стволовой древесины с 1 га за один год выращивания.

В настоящее время возраст и объемы рубок ухода за лесом определяют главным образом по рекомендациям лесостроительства, сложившейся практике лесного хозяйства. При этом чаще всего не рассматривается задача получения максимального объема стволовой древесины с 1 га в среднем за один год выращивания древостоя.

Таблица 1

Класс бонитета	k	C_1	C_2	a_1	a_2
Высота					
Ia	42,5	0,0741	1,0741	4,264	61,836
I	37,4	0,1011	0,1011	5,459	59,441
II	32,5	0,1258	1,1258	6,444	57,656
III	28,0	0,1707	1,1707	8,292	56,858
Диаметр					
Ia	63,5	0,0514	1,0514	4,756	97,244
I	57,3	0,0530	1,0530	5,037	100,123
II	52,5	0,0415	1,0415	4,399	110,501
III	48,1	0,0412	1,0412	4,875	123,275

Мы сделали попытку решить эту задачу на основе моделирования хода роста нормальных древостоев сосны [3, 4, 8, 9]. Нами разработаны и достаточно адекватные математические модели изменения высоты, диаметра, объема дерева в зависимости от возраста:

$$H = k(1 - C_1 e^{-t/a_1} - C_2 e^{-t/a_2}); \quad (1)$$

$$D = k(1 - C_1 e^{-t/a_1} - C_2 e^{-t/a_2}); \quad (2)$$

$$V = -0,047927 + 0,000968H + 0,008191D - 0,001714H^2 - 0,001347D^2 + 0,002646DH + 0,001457HD^2 - 0,001703DH^2 - 0,000393D^3 + 0,00068H^3, \quad (3)$$

где H – высота дерева, м;
 D – диаметр на высоте груди, см;
 V – объем ствола, м³;
 t – возраст дерева, $30 \leq t \leq 140$ лет;

k, C_1, C_2, a_1, a_2 – постоянные коэффициенты уравнений изменения высоты и диаметра, приведенные в табл. 1.

На основе этих математических моделей нами составлена программа, которая позволяет моделировать ход роста нормальных древостоев сосны и их реакции на рубки ухода разной интенсивности. За исходные данные приняты возраст насаждений, средняя высота, диаметр на высоте груди перед первой выборочной рубкой, имеющийся запас стволовой древесины и число деревьев на 1 га. Программа дает возможность определить оптимальные возрасты и количество вырубаемых деревьев 1-, 2-, 3-й выборочных и сплошной рубки, объемы мелкой, средней и крупной древесины, суммарный объем каждой рубки.

В качестве критериев оптимальности использовали две целевые функции [5]:

$$Z_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (V_k + V_c + V_m)_i}{t} \rightarrow \max; \quad (4)$$

$$Z_2 = \frac{\sum_{i=1}^n (C_k V_k + C_c V_c + C_m V_m)_i}{t} \rightarrow \max, \quad (5)$$

- где Z_1 – целевая функция – объем стволовой древесины, получаемый за один год выращивания древостоя;
 Z_2 – целевая функция – цена древесины, получаемой от выборочных и сплошных рубок в год;
 C_k, C_c, C_m – оптовая цена 1 м³ крупной, средней и мелкой древесины, $C_m = 1$; $C_c = 1,33C_m$; $C_k = 1,56C_m$ [1, 5];
 V_k, V_c, V_m – объем крупной, средней, мелкой древесины, полученной с 1 га, м³;
 n – число рубок;
 t – возраст древостоя при сплошной рубке;
 i – номер рубок ухода за лесом, $i = 1, 2, \dots, n$.

Ограничением для целевых функций взят диаметр в возрасте технической спелости. Расчет производили для четырех классов бонитета сосновых насаждений и различных ступеней толщины в возрасте технической спелости древостоев (d).

Полученные данные по целевым функциям максимизации объема стволовой древесины, получаемой за один год выращивания, и дохода от выборочных рубок сведены в табл. 2.

Таблица 2

Класс бонитета	Значение целевой функции для диаметра в возрасте технической спелости, см										
	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
Максимизация объема древесины											
Ia	-	-	12,47	12,80	13,20	13,45	13,45	13,42	13,39	13,35	13,30
I	-	-	10,58	10,60	10,78	10,60	10,50	10,40	10,30	10,00	9,78
II	7,78	7,82	7,86	7,88	7,88	7,87	7,55	7,18	-	-	-
III	5,85	5,85	5,86	5,83	5,80	5,75	5,70	-	-	-	-
Максимизация дохода											
Ia	-	-	18,55	19,00	19,69	19,80	19,69	19,68	19,67	19,40	19,15
I	-	-	14,70	15,20	15,63	15,60	15,57	15,27	15,06	14,70	14,27
II	10,20	10,60	11,09	11,30	11,50	11,52	11,54	11,50	10,45	-	-
III	7,95	8,17	8,30	8,36	8,42	8,47	8,44	-	-	-	-

Для каждого класса бонитета были определены соответствующие зависимости целевых функций от диаметра:

для Ia класса бонитета

$$Z_{Ia,1} = -15,680263 + 2,404088d - 0,065435d^2 + 0,000586d^3;$$

$$Z_{Ia,2} = -26,0166627 + 3,523093d - 0,095966d^2 + 0,000827d^3;$$

для I класса

$$Z_{I,1} = 5,095317 + 0,420072d - 0,008736d^2 + 0,000029d^3;$$

$$Z_{I,2} = -20,51 + 3,313636d - 0,08873d^2 + 0,000767d^3;$$

для II класса

$$Z_{II,1} = 16,177424 - 1,080795d + 0,045587d^2 - 0,00625d^3;$$

$$Z_{II,2} = -20,2793 + 1,622857d - 0,079122d^2 + 0,001154d^3;$$

для III класса

$$Z_{III,1} = -14,49 + 1,482044d - 0,019107d^2 - 0,000243d^3;$$

$$Z_{III,2} = 0,47429 + 0,715952d - 0,02125d^2 + 0,000208d^3.$$

Из математических моделей можно найти для каждого бонитета оптимальное значение диаметра древостоя в возрасте технической спелости, при котором целевая функция максимальна. В табл. 3 представлены оптимальные значения диаметров технической спелости по обем целевым функциям Z_1, Z_2 .

Исходные данные для определения постоянных коэффициентов моделей брали из таблиц хода роста нормальных древостоев сосны проф. А.В. Тюрина [7]. Для местных таблиц хода роста необходимо внести новые данные в ЭВМ и по разработанной нами программе найти новые коэффициенты уравнений для соответствующего региона.

Таблица 3

Класс бонитета	Диаметр технической спелости, см	Первая рубка		Вторая рубка		Третья рубка		Сплошная рубка	
		Возраст, лет	Процент вырубемых деревьев	Возраст, лет	Процент вырубемых деревьев	Возраст, лет	Процент вырубемых деревьев	Возраст, лет	Процент вырубемых деревьев

Объем стволовой древесины

Ia	33	31	45	48	28	60	26	74	100
I	28	30	38	42	35	56	29	74	100
II	28	30	44	47	40	67	30	87	100
III	26	39	38	53	37	72	36	98	100

Оптовая цена древесины

Ia	31	30	33	40	32	53	31	69	100
I	30	30	38	42	37	58	35	78	100
II	30	30	44	45	42	65	41	97	100
III	30	44	45	70	30	90	30	120	100

Полученные математические зависимости дают возможность проследить динамику роста нормальных древостоев сосны, их реакцию на проведение рубок ухода, определить оптимальные значения возраста и число выбираемых деревьев, при которых объем промежуточного пользования в год (Z_1 , м³/год и Z_2 , усл. ед./год) будет максимальным.

Результаты наших исследований, показанные в таблицах, в большинстве случаев соответствуют рекомендациям известных лесоводов России [1, 2, 6].

Реализация систем компьютерной поддержки проектирования рубок ухода в сосновых древостоях даст возможность сократить период выращивания технически спелой древесины и увеличить суммарный объем стволовой древесины от выборочных и сплошных рубок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буш К.К., Иевинь И.К. Экономические и экологические основы рубок ухода. – Рига: Знание, 1984. – 176 с.
2. Изюмский П.П. Рубки промежуточного пользования в равнинных лесах. – М.: Лесн. пром-сть, 1969. – 152 с.
3. Мелёхов И.С. Лесоведение. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 406 с.
4. Редький А.К. Основы моделирования и оптимизации процессов лесозаготовок. – М.: Лесн. пром-сть, 1988. – 255 с.
5. Рубки ухода в лесах РСФСР: Сб. объемных показателей Министерства лесного хозяйства РСФСР. – М.: Лесн. пром-сть, 1985. – 136 с.
6. Сенов С. Н. Рубки ухода за лесом. – М.: Лесн. пром-сть, 1977.
7. Тюрин А.В., Науменко И.М., Воропанов П.В. Лесная вспомогательная книжка. – М.: Гослесбумиздат, 1956. – 532 с.
8. Черепухин С.А. Моделирование хода роста нормальных сосновых древостоев // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров и систем управления лесного комплекса: Сб. науч. тр./ ВГЛТА. – Воронеж, 1997. – С. 5–8.
9. Шапочкин М.С. Математическое моделирование роста древостоев // Математические методы и ЭВМ в лесохозяйственных задачах: Сб. науч. тр. / ВНИИЛМ. – М., 1979.

Воронежская государственная лесотехническая академия

Поступила 25.02.98

V.S. Petrovsky, S.A. Cherepukhin

Peculiarities of Computer Simulation of Selective and Clear Cutting in the Normal Pine Stands

Based on the tables reflecting the growth of common pine stands the mathematical models and programs were worked out for optimizing the selective and clear cutting modes aimed at producing the highest volume of stem wood from 1 ha for 1-year growth period.