

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*56:630*18

DOI: 10.34655/bgsha.2019.57.4.007

Н.В. Выводцев, Г.В. Целиков

МОДЕЛИРОВАНИЕ РОСТА ДРЕВОСТОЕВ ПО ДАННЫМ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЛЕСОВ

Ключевые слова: лиственница даурская, математическое моделирование, высота, диаметр, запас, государственная инвентаризация лесов, постоянная пробная площадь.

В статье описан метод составления таблиц хода роста. Экспериментальным материалом послужили постоянные пробные площади, заложенные при проведении государственной инвентаризации лесов в Дальневосточном лесном районе. Ранее таблицы хода роста строились по данным пробных площадей, точность которых при определении запаса не превышала 10-15%. При этом значительная часть разработанных нормативов носила локальный характер. Современные лесные насаждения в процессе естественного роста, антропогенного влияния в большинстве случаев не укладываются в заданные ранее границы. Заложенные в нормативы ошибки влияют на оценку лесного фонда, ведут к экономическим потерям как на уровне государства, так и арендаторов. В настоящее время изменения в лесном фонде лесных районов с заранее заданной точностью (2-5%) оцениваются с помощью закладки постоянных пробных площадей при государственной инвентаризации лесов. В границах субъекта федерации постоянные пробные площади систематизированы в пределах лесных страт, лесных районов. Собранный экспериментальный материал в виде постоянных пробных площадей использован как информационная база для построения таблиц хода роста. Специфичность экспериментального материала обусловила выбор методического решения при моделировании таксационных показателей. Задачи исследования включали: анализ теоретических подходов к моделированию роста древостоев, изучение взаимосвязей таксационных признаков, разработку метода построения таблиц хода роста. На примере лиственницы даурской, произрастающей в Дальневосточном лесном районе, проведена его апробация.

N. Vyvoldtsev, G. Tselikov

MODELING THE GROWTH OF FOREST STANDS ON THE DATA OF STATE FOREST INVENTORY

Keywords: Larix dahurica, mathematical modeling, height, diameter, stock, state forest inventory, constant trial plot.

The article describes the method of compiling growth tables. The experimental material was the permanent trial areas laid during the state inventory of forests in the Far Eastern forest area. Previously, the tables of growth were based on the data of the trial areas, the accuracy of which in determining the stock did not exceed 10-15%. At the same time, a large part of the developed standards was of a local nature. Modern forest plantations in the process of natural growth, anthropogenic influence in most cases do not fit into the previously set boundaries. The errors laid down in the regulations affect the

assessment of the forest fund, lead to economic losses, both at the state level and tenants. Currently, changes in the forest fund of forest areas with predetermined accuracy (2-5%) assessed by laying permanent trial areas in the state forest inventory. Within the boundaries of the subject of the federation, permanent plots of land are systematized within forest strata and forest areas. The collected experimental material in the form of permanent trial plots was used as an information base for constructing growth progress tables. The specificity of the experimental material led to the choice of a methodological solution for modeling taxation indicators. The objectives of the study included: analysis of theoretical approaches to modeling the growth of stands, the study of the relationship of taxation features, the development of a method of constructing tables of growth progress. On the example of Dahurian larch, growing in the Far Eastern forest region, it was tested.

Выводцев Николай Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология лесопользования и ландшафтного строительства»; e-mail: 004193@pnu.edu.ru

Nikolay V. Vyvodtsev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Chair of Forest Management and Landscape Construction Technology; e-mail: 004193@pnu.edu.ru

Целиков Глеб Владимирович, аспирант кафедры «Технология лесопользования и ландшафтного строительства»

Gleb V. Tselikov, graduate student of the Chair of Forest Management and Landscape Construction Technology

ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет», г. Хабаровск, Россия
Pacific National University, Khabarovsk, Russia

Введение. В настоящее время нет четкого понятия метода построения таблиц хода роста (далее ТХР) лесных насаждений. Н.В. Третьяков методом считал научную разработку, которая позволяла подобрать естественный ряд развития насаждений и в зависимости от него выстроить динамику других таксационных показателей [5, 7].

ТХР – это взаимоувязанная матрица изменяющихся с возрастом числовых характеристик таксационных признаков, построенная в границах какой-либо классификации. Чаще всего выступает бонитировочная шкала или схема типов леса [1, 2, 4]. В ТХР объединены два противоположных процесса – прирост растущей части насаждения и отмирающей. По назначению различают ТХР, составленные для нормальных, модальных и эталонных насаждений. Рост чистых по составу, одно-возрастных и высокопродуктивных (относительная полнота равна 1,0) насаждений, выросших без резких отклонений от естественного хода развития и заметных следов антропогенного воздействия, отражен в ТХР нормальных насаждений. Динамика таксационных показателей, наиболее распространенных и часто встречающихся

в природе древостоев, отражена в модальных ТХР. Рост целевых древостоев отображают ТХР эталонных насаждений [3]. Для составления цифровой матрицы изменения таксационных показателей с возрастом используются различные методики подбора и систематизации экспериментального материала. Каждая методика имеет свои особенности, обусловленные, в первую очередь, поставленной целью исследования и наличием экспериментального материала. Например, методика ЦНИИЛХ базируется на подборе 10-12 пробных площадей, характеризующих один естественный ряд развития [5, 7], а для поиска оптимального числа стволов на 1 га Н.Н. Свалов использовал 415 пробных площадей [10]. Еще больше пробных площадей требуется при составлении таблиц хода роста статистическим методом. При их отсутствии использовали таксационные выделы [6]. Следующий шаг в этом направлении – использование постоянных пробных площадей, заложенных при государственной инвентаризации лесов (далее ГИЛ). Учитывая особенности таксационной информации, полученной на площадках ГИЛ, поставлена цель: разработать методику построения ТХР.

Условия и методы исследований.

Методика построения ТХР базируется на регрессионной зависимости высот и диаметров модельных деревьев от возраста. Эти показатели приняты за базовые линии роста древостоев лиственницы даурской для всего Дальневосточного таежного района. Высота выполняет функцию своеобразного среднего ряда роста модельных деревьев лиственницы даурской, а выравненные значения диаметров – знаменатель в формуле, позволяющей определить оптимальную густоту насаждений. Базируется она на соотношении $3/2$, связывая количество деревьев, произрастающих на единице площади, с размером среднего диаметра и константы изреживания [9, 11]:

$$N = \frac{C}{d \sqrt{d}}, \quad (1)$$

где C – константа изреживания (величина безразмерная);

N – количество стволов на 1 га, шт.;

d – средний диаметр древостоя, см.

В формуле 1 произведение среднего диаметра на корень квадратный из среднего диаметра характеризует скорость перехода насаждения из одной ступени толщины в другую, или текущий прирост таксационного показателя, и не зависит от лесообразующей породы. Постоянную изреживания рассчитывают по ранее разработанным таблицам хода роста. Для лиственницы даурской она рассчитана по ТХР нормальных насаждений лиственницы (табл. 1) [8].

Таблица 1 – Постоянная изреживания для I^a и I^b классов бонитета [4]

Возраст, лет	Диаметр I ^a класса бонитета, см	Диаметр I ^b класса бонитета, см	Среднее значение C
20	8,8	7,7	87399
40	17,1	15,1	89821
60	23,8	21,3	93161
80	29,2	26,3	94663
100	33,4	30,3	94748
120	36,7	33,5	93052
140	39,3	36,1	91269
160	41,4	38,1	89205
180	43,1	39,8	87279
200	44,8	41,5	85448
220	46,5	42,9	83956

Формулу (1) В.Е. Удод [11] предлагает использовать для расчета оптимального количества стволов. По дубу формула имеет выражение:

$$N_{opt} = \frac{10000}{0.164d \sqrt{d}} = N_{opt} = \frac{60975}{d \sqrt{d}}, \quad (2)$$

где N_{opt} – оптимальное число стволов на гектаре, шт.

Для разработки метода построения таблиц хода роста привлекали 1322 постоянных пробных площади ГИЛ, заложенных в разных стратах, на которых инструментально обмерено более 1056 модельных деревьев лиственницы даурской.

Результаты исследований и их об-

суждение. ГИЛ – это производственный процесс по оценке количественных и качественных характеристик лесных насаждений в определенном лесном районе с заданной точностью. Точность оценки запаса растущей части насаждений в Дальневосточном лесном районе равна 3%. Заложенные площадки для достижения этой точности являются случайными выборками из генеральной совокупности. Поэтому их можно использовать для изучения взаимосвязей между таксационными показателями, а подобранные регрессии – для построения ТХР. Разработка метода построения ТХР по модельным деревьям лиственницы даурской, произрастающей в Дальневос-

точном таежном лесном районе Хабаровского края, включала три этапа.

На первом этапе изучались связи высоты и диаметра с возрастом модельных деревьев, подбирались соответствующие уравнения регрессии. С высокой степенью приближения фактическим данным регрессии высот и диаметров модельных деревьев от возраста передаются параболой второго порядка:

$$H = -0,0002A^2 + 0,1172A + 9,66, \quad (2)$$

где H – высота модельных деревьев, м;
 A – возраст, лет.

Коэффициент корреляции – 0,65, стандартная ошибка уравнения – 3,3 м.

$$d_{1,3} = -0,00003A^2 + 0,18898A + 5,29, \quad (3)$$

где $d_{1,3}$ – диаметр на высоте 1,3 м модельных деревьев, см.

Коэффициент корреляции – 0,85, стандартная ошибка уравнения – 4,1 см.

Рассчитанные по уравнениям регрессии значения высот и диаметров положены в основу разрабатываемой ТХР как

средние для всего Дальневосточного лесного района.

Второй этап построения таблицы хода роста предусматривал расчет количества стволов на 1 га с помощью формулы (1). Константа изреживания у нормальных лиственничников [8] варьирует в пределах 84-95 тысяч единиц (табл. 1). Для упрощения ее можно принять равной 90000. Из этих же ТХР нормальных насаждений взято видовое число.

Третий этап включал расчет таксационных показателей, связанных с высотой, диаметром и числом стволов. Расчеты проводились по общеизвестным в лесной таксации формулам. Таким образом, были определены базовые таксационные показатели, на основе которых была построена таблица хода роста нормальных древостоев лиственницы даурской.

Построенную таблицу сравнили с таблицей хода роста нормальных лиственничных насаждений III класса бонитета [8] (табл. 2).

Таблица 2 – Сравнение таксационных показателей лиственничных насаждений III класса бонитета [8] и данных, полученных новым методом

Возраст, лет	Средняя высота, м		Средний диаметр, см		Запас стволовой древесины, м ³ /га		Число стволов, шт/га		Отпад, м ³ /га		Общая производительность, м ³ /га			
											средний прирост		текущий прирост	
	*	**	*	**	*	**	*	**	*	**	*	**	*	**
20	6.2	11.9	5.6	9.1	67	161	6702	3189	-	-	3.8	8.1	-	-
30	9.3	13.0	8.5	11.0	117	183	3614	2424	15	39	4.7	7.4	6.5	6.0
40	12	14.0	11.2	12.9	166	204	2447	1941	18	36	5.2	7.0	6.7	5.8
50	14.3	15.0	13.7	14.8	212	227	1839	1610	20	35	5.5	6.7	6.6	5.8
60	16.2	16.0	16	16.7	251	248	1483	1366	20	34	5.6	6.5	5.9	5.6
70	17.8	16.9	18.1	18.6	285	270	1244	1178	19	34	5.5	6.4	5.3	5.6
80	19	17.8	20	20.5	313	292	1076	1021	17	36	5.4	6.3	4.5	5.8
90	20.2	18.6	21.7	22.4	341	313	955	894	15	36	5.3	6.3	4.3	5.7
100	21.2	19.4	23.3	24.3	364	335	856	791	13	36	5.1	6.2	3.6	5.8
110	22.1	20.1	24.7	26.2	382	351	781	701	10	38	4.9	6.1	2.8	5.5
120	22.8	20.9	26	28.1	398	370	718	625	9	38	4.7	6.1	2.5	5.7
130	23.5	21.5	27.1	30.0	412	388	668	561	7	38	4.5	6.1	2.1	5.6
140	24.1	22.2	28.2	31.9	422	403	623	507	6	38	4.3	6.0	1.6	5.3
150	24.6	22.7	29.1	33.8	431	420	588	460	6	37	4.1	6.0	1.5	5.4
160	25	23.3	30	35.7	438	436	555	418	5	38	3.9	5.9	1.2	5.4
170	25.5	23.8	30.7	37.6	445	450	530	383	4	37	3.8	5.9	1.1	5.1
180	25.9	24.3	31.4	39.5	451	463	508	352	4	36	3.6	5.8	1	5.0
190	26.2	24.7	32.1	41.4	455	476	486	324	3	36	3.4	5.8	0.7	4.9
200	26.5	25.1	32.7	43.3	458	485	469	300	3	36	3.3	5.7	0.6	4.5
210	26.8	25.5	33.3	45.2	461	497	453	278	3	35	3.2	5.7	0.6	4.6
220	27	25.8	33.8	47.1	464	508	439	260	2	32	3.1	5.6	0.5	4.4

Примечание: * по Н.В. Выводцеву [8]; ** по данным ГИЛ

Анализируя сравниваемые таблицы хода роста, можно отметить:

- незначительные отклонения по высоте в начальных возрастах и по диаметру – в старших возрастах;
- незначительные различия наблюдаются по запасу и числу стволов;
- существенные отклонения отмечены по количеству накопленной массы отпавшей древесины и суммарной общей производительности, среднему и текущему приростам.

В этой связи встает вопрос: как относиться к новой таблице хода роста. По нашему мнению, ее можно принять как элемент апробации разработанного метода построения ТХР на основе данных ГИЛ. Ее сравнение с ранее разработанными общими таблицами хода роста нормальных насаждений лиственницы показало вполне удовлетворительные результаты [8].

Вывод. В результате проведенных исследований разработан метод построения таблиц хода роста на основе материалов ГИЛ. В его основу положены регрессионные зависимости высот и диаметров от возраста и известное соотношение константы изреживания, рассчитанной по таблицам хода роста нормальных лиственничных насаждений и произведения среднего диаметра на корень квадратный из него. Проверка разработанной таблицы на ТХР на ранее построенных совершенно другим методом ТХР показала на вполне удовлетворительные результаты. По базовым показателям - наличному запасу и числу стволов – данные различаются не более 5%. Особенность разработанного метода заключается в том, что он базируется на экспериментальном материале, собранном по заранее заданной точности определения наличного запаса. По Дальневосточному лесному району она равна 3%. Следовательно, эта точность заложена в разработанный норматив.

Предложения. Особенностью разработанной таблицы является незначительное варьирование текущего прироста. Его абсолютная величина варьирует от 6 м³ до 4,4 м³. В среднем за десятилетие в

отпад уходило от 27 стволов в 180 лет до 766 – в 20 лет. Диапазон варьирования модельных деревьев по высоте соответствует бонитировочной шкале по лиственнице, а средняя линия – III классу бонитета [4]. ТХР составлена для Дальневосточного таежного лесного района. ТХР для лесного района разработаны впервые. Его рекомендуется использовать на практике для оценки производительности лиственничников.

Библиографический список

1. Выводцев Н.В. Общие закономерности роста лиственничников Дальнего Востока: автореф. дис... канд. с.-х. наук. – Красноярск, 1984. – 21 с.
2. Выводцев Н.В. Продуктивность лиственничников Дальнего Востока (оценка прогноз и управление): автореф. дис.. д-ра с.-х. наук. – Красноярск, 1999. – 43 с.
3. Выводцев Н.В., Выводцева А.Н. Лиственничники Дальнего Востока: монография. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2013. – 201 с.
4. Выводцев Н.В. О бонитировании лиственничных насаждений // Сборник трудов ДальНИИЛХ. – 1984. – Вып. 26. – С. 44-55.
5. Горский П.В. Методические положения по составлению эскизов таблиц хода роста разновозрастных насаждений и техника составления их. – Алма-Ата, 1962. – 14 с.
6. Корякин В.Н., Выводцев Н.В., Выводцева З.А. Методические рекомендации по составлению таблиц хода роста лиственничных насаждений на основе типовых и стандартизованных рядов. – Хабаровск, 1988. – 44 с.
7. Моисеев В.С., Мошкалева А.Г., Нахабцев И.А. Методика составления таблиц хода роста и динамики товарной структуры модельных насаждений. – Л., 1968. – 88 с.
8. Общесоюзные нормативы для таксации лесов / В.В. Загреев, В.И. Сухих, А.З. Швиденко, Н.Н. Гусев, А.Г. Мошкалева. – М.: Колос, 1992. – 495 с.
9. Савинов Е.П. К вопросу о густоте леса // Лесное хозяйство. – 1978. – № 5. – С. 35–37.
10. Свалов Н.Н. Моделирование производительности древостоев и теория лесопользования: монография – М.: Лесн. пром-сть, 1979. – 216 с.
11. Удод В.Е. Определение оптимальной интенсивности рубок ухода в дубовых насаждениях // Лесное хозяйство. – 1972. – № 7. – С.15-17.

1. Vivodtsev N.V. Common patterns of larch forest growth on Far East: Candidate's dissertation abstract. Krasnoyarsk. 1984. 21 p. [in Russian]
2. Vivodtsev N. V. Productivity of larch forest for Far East (score prediction and management): Doctoral dissertation abstract. Krasnoyarsk. 1999. 43 p. [in Russian].
3. Vivodtsev N. V., Vivodtseva A. N. Larch forest of Far East. Khabarovsk. 2013. 201 p. [In Russian]
4. Vivodtsev N. V. Inventory of larch plantations. Collection of papers. Khabarovsk. DalNILH. 1984. No 26. pp. 44-55 [in Russian]
5. Gorsky P. V. Methodological provisions for compiling sketches of tables of the progress of growth of plantings of different ages and the technique for compiling them. Alma-Ata. 1962. 14 p. [in Russian]
6. Koryakin V. N., Vivodtsev N. V., Vivodtseva A. N. Guidelines for compiling tables of the growth of larch stands on the basis of standard and standardized series. Khabarovsk. 1988. 44 p. [in Russian]
7. Moiseev V. S., Moshkalev A. G., Nakhabtsev I. A. Methodology for compiling tables of the growth progress and dynamics of the commodity structure of modal stands. Leningrad. 1968. 88 p.
8. Zagreev V. V., Sukhikh V. I., Shvidenko A. Z., Gusev N. N., Moshkalev A. G. All-Union Standards for Forest Taxation. Moscow. Kolos. 1992. 495 p. [In Russian]
9. Savinov E. P. To the issue of forest density. *Lesnoye khozyaystvo*. 1978. No 5. pp. 35–37 [in Russian]
10. Svalov N. N. Simulation of productivity of stands and theory of forest management. Moscow. Lesnaya promyshlennost. 2016. 315 p. [in Russian]
11. Udod V. E. Determination of the optimal intensity of thinning in oak stands. *Lesnoye khozyaystvo*. 1972. No 7. pp. 15–17 [in Russian]

УДК 712 (571.54)

DOI: 10.34655/bgsha.2019.57.4.008

С.В. Кисова, Н.Ю. Поломошнова, М.Я. Бессмольная**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА НАСАЖДЕНИЙ ОБЪЕКТОВ ОЗЕЛЕНЕНИЯ
г. УЛАН-УДЭ НА ПРИМЕРЕ СКВЕРА «ЗОДЧИЙ»**

Ключевые слова: озеленение, сквер, оценка зеленых насаждений, древесно-кустарниковые породы.

В статье приводятся результаты проведения комплексной оценки зеленых насаждений города Улан-Удэ. Целью исследования явилось изучение видового разнообразия древесно-кустарниковых растений и оценка их состояния на территории сквера «Зодчий». В задачи исследования входило: инвентаризация древесно-кустарниковых растений рассматриваемого сквера; изучение видового разнообразия древесно-кустарниковой растительности; оценка состояния древесно-кустарниковых пород на исследуемой территории. Результаты исследований показали, что на исследуемой территории видовое разнообразие насчитывает 10 видов, подавляющее большинство среди которых представлено аборигенными лиственными видами. Доминирует в породном составе вяз приземистый (*Ulmus pumila* L.) – 74,9 %, а такие виды, как береза повислая (*Betula pendula*), бузина сибирская (*Sambucus sibirica* Nakai), ива тонколистная (*Salix miyabeana*), яблоня ягодная (*Malus baccata* (L.) Borkh.), представлены единичными экземплярами. Состояние древесно-кустарниковой растительности сквера «Зодчий» было классифицировано по трем показателям: хорошо, удовлетворительно и неудовлетворительно. Как показали проведенные исследования, по 40 % древесно-кустарниковой растительности сквера «Зодчий» характеризуется как хорошо и удовлетворительно и 20 % - неудовлетворительно. По нашему мнению, высокий процент неудовлетворительного состояния древесно-кустарниковой растительности связан с высокой автотранспортной нагрузкой, отсутствием мероприятий по уходу за растениями и неоднородностью посадки дре-