

УДК 630*96

DOI 10.17513/use.38035

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПАСА В МОЛОДНЯКАХ И СРЕДНЕВОЗРАСТНЫХ ДРЕВОСТОЯХ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НАБЛЮДЕНИЙ НА СТАЦИОНАРНЫХ ОБЪЕКТАХ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ

Богданов А.П., Третьяков С.В., Цветков И.В.

ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства», Архангельск,

e-mail: a.p.bogdanov@sevniilh-arh.ru

Определение основных таксационных показателей является важной задачей в лесохозяйственной практике. В Российской Федерации лесохозяйственная деятельность регламентирована нормативно-правовыми актами, разработаны региональные нормативно-справочные материалы для таксации и рекомендации, в общесоюзных (общероссийских) нормативах не отрицалось создание региональных нормативов, учитывающих зонально-типологические и экономические особенности лесов. Предметом исследования являются таксационные нормативы для оценки насаждений сосны обыкновенной на северном пределе их распространения в Архангельской и Мурманской областях, Республиках Карелии и Коми. Повышение точности и снижение трудоемкости полевых работ для определения запаса и других таксационных показателей необходимо для планирования лесохозяйственных мероприятий, а также правильной оценки ресурсного и экологического потенциала лесных экосистем. Для оценки точности получения запаса были использованы различные уравнения и упрощенные формулы. По результатам проведенной работы выявлено и статистически обосновано заключение о недостоверном различии полученных значений запасов, полученных разными методами, в том числе для северо-восточного лесотаксационного района. Систематическая ошибка составляет от -7,2 до 8,2%. Проведена оценка по критерию Пирсона, по результатам которой можно сделать вывод о том, что отличие запасов, установленных по формулам от данных перечислительной таксации, является случайным. По упрощенной формуле различие оказалось также несущественным, а систематическая ошибка составляет 9,9%. Однако данный метод можно рекомендовать только для предварительной оценки запаса на труднодоступных участках.

Ключевые слова: сосняк, запас, нормативы таксации, точность, молодняки, средневозрастные, систематическая ошибка, критерий согласия

Публикация подготовлена по результатам НИР, выполненных в рамках государственного задания ФБУ «СеvНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований в сфере деятельности Федерального агентства лесного хозяйства «Разработка лесотаксационных нормативов для насаждений сосны обыкновенной на северном пределе их распространения, расположенных на границе с открытыми пространствами: тундрами, водно-болотными участками (морем) в районе притундровых лесов и редкостойной тайги и в защитных лесах северо-таежного района европейской части Российской Федерации и разработка рекомендаций по ведению в них хозяйства» (регистрационный номер темы: 122012600067-9).

ASSESSMENT OF THE ACCURACY OF DETERMINING THE STOCK IN YOUNG AND MIDDLE-AGED STANDS BASED ON THE RESULTS OF OBSERVATIONS AT STATIONARY FACILITIES IN THE MURMANSK REGION IN VARIOUS WAYS

Bogdanov A.P., Tretyakov S.V., Tsvetkov I.V.

FBU "Northern Research Institute of Forestry", Arkhangelsk, e-mail: a.p.bogdanov@sevniilh-arh.ru

Determination of the main taxation indicators is an important task in forestry practice. In the Russian Federation, forestry activities are regulated by normative legal acts, regional normative reference materials for taxation and recommendations have been developed, the creation of regional standards taking into account the zonal, typological and economic features of forests has not been denied in the All-Union (all-Russian) standards. The subject of the study is the taxation standards for assessing stands of scots pine at the northern limit of their distribution in the Arkhangelsk and Murmansk regions, the Republics of Karelia and Komi. Improving the accuracy and reducing the complexity of field work to determine the stock and other tax indicators is necessary for planning forestry activities, as well as the correct assessment of the resource and ecological potential of forest ecosystems. Various equations and simplified formulas were used to assess the accuracy of obtaining the stock. Based on the results of the work carried out, the conclusion about the unreliable difference in the obtained values of reserves obtained by various methods, including for the north-eastern forest taxation area, was revealed and statistically substantiated. The systematic error ranges from -8,2 – -9,2%. An assessment was carried out according to the Pearson criterion, according to the results of which it can be concluded that the difference between stocks found by formulas from the data of enumerative taxation is random. According to the simplified formula, the difference was also insignificant, and the systematic error is -9,9%. However, this method can only be recommended for a preliminary assessment of the stock in hard-to-reach areas.

Keywords: pine forest, stock, taxation standards, accuracy, young, middle-aged, systematic error, criterion of consent

The publication was prepared based on the results of research carried out as part of the state task of the FBU "SevNIILKH" to conduct applied scientific research in the field of activity of the Federal Forestry Agency "Development of forest inventory standards for Scots pine plantations at the northern limit of their distribution, located on the border with open spaces: tundra, wetland areas (sea) in the area of near-tundra forests and sparse taiga and in protective forests of the north-taiga region of the European part of the Russian Federation and the development of recommendations for managing them" (registration number of the topic: 122012600067-9).

В настоящее время изменения климата существенно влияют на все природные экосистемы, особенно в Арктической зоне. Прослеживается некоторый тренд увеличения фитомассы на арктических территориях, что обусловлено повышением проективного покрытия и продукции фитомассы в условиях роста продолжительности вегетационного периода, теплового режима почв и большей доступности питательных веществ для растений, что может положительно сказываться на росте и развитии лесных экосистем [1]. Изменение климата может нести также угрозы [2]. В ближайшее время могут потребоваться новые нормативы для определения основных таксационных показателей лесообразующих пород, расположенных на границе с открытыми пространствами: тундрами, водноболотными участками (морем) в районе притундровых лесов и редкостойной тайги и в защитных лесах северо-таежного района европейской части Российской Федерации. Проблемы притундрового лесоводства являются актуальным направлением для исследования [3–5].

В статье приведены оценки точности определения запаса в молодняках и средневозрастных древостоях сосны в Мурманской области. Кольский полуостров входит в сухопутную территорию Арктики [6, 7], по лесорастительному районированию входит в район притундровых лесов и редкостойной тайги и северо-таежный район европейской части Российской Федерации [8]. По таксационному районированию входит в Северо-Западный лесотаксационный район [9].

Целью проведения исследования является оценка возможности разработки унифицированных нормативов для определения запаса для сосняков на северном переломе их распространения на территории Европейского Севера.

Материалы и методы исследования

Для оценки точности определения запаса использованы результаты обследования стационарных объектов в молодняках и средневозрастных сосняках в Мурманской области. Собраны материалы постоянных наблюдений, в частности паспорта пробных площадей. Месторасположение постоянных пробных площадей – Оленегорское участковое лесничество Мончегорского лесничества.

Средний диаметр определен через площадь поперечного сечения среднего дерева. Распределение числа деревьев по диаметру осуществлялось с градацией в 1 см.

Перечислительные данные сведены в одну ведомость. Средняя высота находилась графическим способом. Старое видовое число определено как отношение объема ствола к объему цилиндра, имеющего со стволом одинаковую высоту и площадь сечения на высоте 1,3 м по формуле

$$f = V_c / V_{ц} = V_c / (g_{1,3}H), \quad (1)$$

где V_c – объем ствола, м³;

$V_{ц}$ – объем цилиндра, м³.

Средний возраст древостоя определен по модельным деревьям, а в случае повторного обследования путем прибавления количества лет, прошедших после последнего обследования, к определенному ранее возрасту.

Класс бонитета определен по соотношению средней высоты преобладающей породы и среднего возраста по бонитировочной шкале М.М. Орлова [10].

Относительная полнота древостоя (P) определена по формуле (2) как отношение сумм площадей сечений деревьев ($\sum G_d$) в квадратных метрах на гектаре таксируемого древостоя на высоте 1,3 м (абсолютная полнота) к сумме площадей сечений деревьев ($\sum G_n$) нормального древостоя [10]:

$$P = \sum G_d / \sum G_n, \quad (2)$$

Запас по данным перечислительной таксации, принятый за истинный, рассчитывался путем суммирования объемов стволов по ступеням толщины, по общеизвестной формуле [9]:

$$M = v_1 n_1 + v_2 n_2 + v_n n_n, \quad (3)$$

где n – число деревьев по ступеням толщины, шт.;

v – объем средних деревьев этих ступеней, м³.

В общей сложности имеется 21 характеристика пробных площадей в различном возрасте, от 33 лет до 49 лет. Класс бонитета составляет IV–V, средняя высота варьируется от 5,6 м до 8,2 м, средний диаметр от 4,6 см до 10,4 см, количество деревьев на пробных площадях составляет от 1940 шт./га до 9560 шт./га, запас на 1 га от 52 м³/га до 163,4 м³/га. Таксационные характеристики пробных площадей приведены в табл. 1.

Данные по запасам перечислительной таксации сравнивались с запасами, полученными следующим образом:

1) по простейшей формуле для сосновых древостоев высотой до 10 м [11]:

$$M = 17(H - 2)P, \quad (4)$$

где P – относительная полнота;

Таблица 1

Характеристика древостоев на пробных площадях по годам наблюдения

№	Тип леса	Порода	Средние			N, здор./га	N, сух./га	G, м ² /га	Объем среднего ствола, м ³	Полнога	Кэф. формы	J вид. число	Запас, м ³ /га	
			A, лет	H, м	D, см								Раст.	Сух.
1*62 1962	С.бр.	С	33	5,6	4,6	9560	65	20,80	0,00678	1,24	0,809	0,695	92,8	0,2
		С	38	6	5,4	9510	115	27,06	0,0094	1,56			116,7	0,3
		С	43	6,3	5,7	9570	160	31,38	0,0112	1,77			147,0	0,8
2*62 1962	С.бр.	С	35	5,6	5,11	8964	84	23,98	0,00767	1,43	0,854	0,667	107,8	0,6
		С	40	6,37	6,07	8960	276	31,31	0,0124	1,75			146,4	1,3
		С	45	7	6,3	8960	360	34,43	0,0145	1,83			173,2	
3*62 1962	С.бр.	С	34	6,35	7,15	3456	32	19,26	0,0163	1,08	0,842	0,69	92,9	0,2
		С	39	6,8	8,2	3796	48	23,82	0,0228	1,29			114,1	0,6
		С	44	7,1	8,3	3772	72	26,39	0,0265	1,39			132,1	1,5
4*62 1962	С.лиш.	С	34	6,35	8,19	1876		11,74	0,0215	0,66	0,797	0,67	52,5	
		С	39	7,24	9,8	1856	20	16,04	0,0366	0,84			80,4	0,5
		С	44	8,2	10,4	1844	32	18,14	0,0466	0,88			96,5	0,9
5*62 1962	С.лиш.	С	33	7,3	8,5	2264		15,52	0,0248	0,81	0,758	0,624	73,9	
		С	43	8,4	10,4	2264	16	22,71	0,0445	1,09			122,9	0,5
7*62 1962	С.бр.	С	39	6,4	6,4	6972		22,22	0,01006	1,24	0,795	0,658	110,2	0,4
		С	44	7,1	7	5804		27,70	0,0172	1,46			138,9	3,4
		С	49	7,6	7,4	5796		30,19	0,0215	1,54			163,4	3,4
1*65 1965	С.бр.	С	39	6,6	7,8	1960	20	11,32	0,0206	0,62		0,653	56,1	0,2
		С	45	7,4	8,6	1940	40	13,74	0,0281	0,71			70,2	4,7
2*65 1965	С.бр.	С	39	7,4	7,1	3616	52	18,41	0,02032	0,95		0,638	95,1	0,8
		С	45	7,5	7,7	3536	132	21,94	0,0223	1,12			119,4	1,5

2) с помощью видовой высоты сосновых древостоев, найденной по формуле [9, 11]:

$$Hf = 1,4 + 0,4H, \quad (5)$$

3) с помощью видовой высоты для сосновых древостоев притундрового района, найденной по формуле [10, 12]:

$$Hf = 1,33 + 0,4H; \quad (6)$$

4) по объемным таблицам для маломерных стволов и разрядным таблицам для

Мурманской области по Северо-Западному таксационному району [11];

5) по формулам для маломерных стволов сосны в коре при высоте 1,5–4,5 м произведен по формуле Е.Г. Тюрина, преобразованной Г.С. Войновым по формуле [10]:

$$V = 0,0000136 \times d^2 \times h + 0,000180 \times d^2 \quad (7)$$

Расчет объемов стволов сосны при высоте 5 м и более произведен по формуле В.И. Левина, преобразованной Г.С. Войновым по формуле [10]:

$$V = \frac{0,0000208 \times d^2 \times h^2 + 0,0000972 \times d^2 \times h + 0,000058 \times d}{0,641 \times h + 0,908}, \quad (8)$$

где V – объем стволов, м³;

d – диаметр стволов на высоте 1,3 см;

h – высота стволов, м.

Результаты исследования и их обсуждение

Таблица 2

Таблица запасов на пробных площадях, найденных различными способами

№	Запас, м ³ /га растущей древесины	1) По простейшей формуле, M = 17(H-2)П	2) По видовой высоте G×Hf = G×(1,4+0,4H)	3) По видовой высоте G×Hf = G×(1,33+0,4H)	4) По объемным разрядным таблицам для Северо-Западного таксационного района	5) По таблице объемов стволов для Северо-Восточного таксационного района
1*62 1962	92,8	76,0	75,7	74,3	82,4	84,1
	116,7	106,2	102,8	100,9	112,6	115,6
	147,0	129,2	123,0	120,8	131,9	134,3
2*62 1962	107,8	87,7	87,3	85,6	97,7	101,2
	146,4	130,2	123,6	121,4	133,6	135,8
	173,2	155,9	144,6	142,2	151,0	159,8
3*62 1962	92,9	79,9	75,9	74,5	86,6	85,0
	114,1	105,1	98,1	96,5	108,6	104,7
	132,1	120,9	111,9	110,0	122,7	120,7
4*62 1962	52,5	48,7	46,3	45,4	53,2	47,5
	80,4	74,7	68,9	67,8	76,7	74,2
	96,5	93,2	84,9	83,6	88,8	90,3
5*62 1962	73,9	72,8	67,0	66,0	71,2	68,3
	122,9	118,7	108,1	106,5	115,7	115,4
7*62 1962	110,2	92,8	88,0	86,4	95,0	101,1
	138,9	126,9	117,4	115,5	124,2	132,9
	163,4	146,3	134,0	131,9	138,2	148,1
1*65 1965	56,1	48,7	45,7	44,9	51,3	52,1
	70,2	65,2	59,9	58,9	64,9	65,0
2*65 1965	95,1	87,3	80,3	79,0	85,6	89,3
	119,4	105,2	96,5	95,0	107,1	112,2
Систематическая ошибка, %		-9,9	-15,5	-17,0	-8,2	-7,2
Средняя квадратичная ошибка, % ³		4,52	11,1	11,62	3,87	1,96
Критерий хи-квадрат χ^2		31,2	70,4	84,7	23,7	13,8

Для сравнения и нахождения систематической и средней квадратичной ошибки данные по запасам приведены в табл. 2. Для оценки найденных запасов и получения статистических критериев точности рассчитана систематическая ошибка; средняя квадратичная ошибка по формулам (9) и (10) [13]:

$$\Delta_C = \frac{\sum(x_{изм} - x_{ист}) \times 100\%}{x_{ист} \times \sum n}, \quad (9)$$

где Δ_C – систематическая ошибка, %;

$x_{изм}$ – измеренные значения запаса, м³;
 $x_{ист}$ – истинные значения запаса, м³;
 $\sum n$ – количество пробных площадей, шт.

Систематическая ошибка характеризует, на сколько в среднем отличаются измеренные данные от истинных. Наряду с систематической ошибкой вычисляется средняя квадратичная ошибка. Средняя квадратичная ошибка показывает, на сколько в основном (68 %) единиц наблюдения отличаются отдельные измеренные значения признака от истинных.

Средняя квадратичная ошибка вычисляется по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum[(\sum(x_{изм} - x_{ист}) \pm \Delta c)]}{\sum n - 1}}, \quad (10)$$

где σ – средняя квадратичная ошибка.

В табл. 2 приведены данные по запасам древостоя на пробных площадях по результатам перечислительной таксации и запасы, полученные способами по формулам (1)–(8).

Стандартные значения $\chi^2 st = 31,4; 37,8; 45,3$. Фактическое значение $\chi^2 = 31,2; 23,7; 13,8$ меньше стандартного $\chi^2 st = 31,4$ что значит, что различие недостоверно. Отличие запасов, найденных по указанным формулам, от перечислительной таксации является случайным, так как эмпирический критерий меньше стандартных значений по соответствующим уровням надежности $\chi^2 = 31,4; 37,8; 45,3$.

Выводы

1. Значения запаса, найденные по стандартной формуле $V = GHF$ для сосны в молодняках и средневозрастных древостоях в зависимости от выбранной формулы для определения видовой высоты, приводят к занижению запаса древесины на 15,5–17,0%, что может быть существенным при таксации молодняков и средневозрастных насаждений [14]. Средняя высота древостоя на пробных площадях имеет высокую изменчивость, согласно данным перечета и замеров высот коэффициент изменчивости высоты составляет в среднем 28,3%, что говорит о средней и высокой степени изменчивости средних высот древостоев. Согласно устоявшейся практике определение средней высоты осуществляется графическим способом в зависимости от среднего диаметра, по графику высот, построенному по замерам высот и диаметров деревьев на пробной площади. Занижение запаса по формуле $V = GHF$ для молодняков и средневозрастных древостоев связано с определением средней высоты. Применение другого подхода с использованием тех же формул (5) и (6), но с расчетом по ступеням толщины и с определением высоты по графику высот позволяет повысить точность. В этом случае систематическая ошибка при определении запаса составит 4,6% и 6,0%, а критерий Пирсона χ^2 составит 6,2 и 9,9.

По результатам полевых и камеральных работ, а также исследований по данному направлению, проведенных В.Ф. Цветковым [15], можно отметить, что в связи с небольшими высотами древостоев и высокой сбежистостью стволов коэффициенты формы сосны в Мурманской области несколько ниже, чем в Архангельской области, однако видовые числа стволов сосны в Мурманской области также несколько ниже, чем в более южных районах (в сравнении с данными В.И. Левина), и близки к таковым по притундровым лесам Архангельской области и Республики Коми, что может быть основой для разработки унифицированных объемных таблиц.

2. На Европейском Севере России в экотопе «тайга – тундра» для Северо-Восточного и Северо-Западного таксационного района могут быть составлены общие унифицированные таблицы объема стволов для молодняков и средневозрастных древостоев.

3. Разработка общих унифицированных таблиц объемов стволов для насаждений сосны обыкновенной на северном пределе их распространения основана на изучении видовой высоты для исследуемых сосняков.

Список литературы

1. Титкова Т.Б., Виноградова В.В. Изменения климата в переходных природных зонах севера России и их проявление в спектральных характеристиках ландшафтов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16, № 5. С. 310–323. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-5-310-323.
2. Королева Т.С., Константинов А.В., Шунькина Е.А. Угрозы и социально-экономические последствия изменения климата для лесного сектора // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2015. № 3. С. 55–71.
3. Желдак В.И., Чижов Б.Е., Гаркунов Г.А., Захаров А.И. О лесоводственных мероприятиях в притундровых лесах Западной Сибири // Лесоведение. 2013. № 3. С. 19–29.
4. Григорьев Г.В., Дмитриева И.Н., Григорьев И.В., Каляшов В.А., Рудов С.Е., Иванов В.А. Проблемы и перспективы лесозаготовительного производства в условиях районов распространения вечной мерзлоты // Системы. Методы. Технологии. Проблемы и перспективы. 2021. № 3 (51). С. 59–67.
5. Ярмишко В.Т., Игнатьева О.В. Скорость роста и структура фитомассы *Pinus sylvestris* (Pinaceae) в средневозрастных сосняках Мурманской области // Растительные ресурсы. 2020. Т. 56, № 4. С. 314–325. DOI: 10.31857/S0033994620040093.
6. Указ Президента Российской Федерации от 02.05.2014 г. № 296 «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/38377> (дата обращения: 24.04.2023).
7. Федеральный закон от 13.07.2020 № 193-ФЗ (ред. от 02.07.2021) «О государственной поддержке предпринимательской деятельности в Арктической зоне Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45677> (дата обращения: 24.04.2023).

8. Приказ Минприроды России от 18.08.2014 № 367 «Перечень лесорастительных зон Российской Федерации и перечень лесных районов Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420224339> (дата обращения: 24.04.2023).
9. Загребев В.В., Сухих В.И., Швиденко А.З. Общесоюзные нормативы для таксации лесов: справочник. М: Колос, 1992. 494 с.
10. Лесотаксационный справочник по северо-востоку Европейской части Российской Федерации (нормативные материалы для Ненецкого автономного округа, Архангельской, Вологодской области и республики Коми). Архангельск, 2012. 672 с.
11. Лесотаксационный справочник по Северо-Западу СССР. Ленинградской, Новгородской, Псковской, Мурманской областей и Республики Карелия. Л.: ЛТА, 1984. 320 с.
12. Семенов Б.А., Цветков В.Ф., Чибисов Г.А., Елизаров Ф.П. Притундровые леса Европейской части России (природа и ведение хозяйства). Архангельск, 1998. 332 с.
13. Коптев С.В., Бахтин А.А. Моделирование экосистем: методические указания к выполнению лабораторных работ. Архангельск: САФУ, 2014. 52 с.
14. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 17.10.2022 № 688 «Об утверждении Порядка отвода и таксации лесосек и о внесении изменений в Правила заготовки древесины и особенности заготовки древесины в лесничествах, указанных в статье 23 Лесного кодекса Российской Федерации». [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202211300033> (дата обращения: 24.04.2023).
15. Цветков В.Ф. Сосняки Кольской лесорастительной области и ведение хозяйства в них. Архангельск: АГТУ, 2002. 380 с.