

Научная статья
УДК 630.91
EDN NHHMCW
DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2024.3.04

Анализ погрешностей оценки основных таксационных показателей по данным государственной инвентаризации лесов первого цикла

Наталья Викторовна Малышева¹

кандидат географических наук

Андрей Николаевич Филипчук²

доктор сельскохозяйственных наук

Татьяна Анатольевна Золина³

Александр Алхасович Селезнев⁴

Аннотация. На основе данных постоянных пробных площадей (ППП) государственной инвентаризации лесов (ГИЛ) первого цикла выполнены расчеты фактической погрешности определения общего запаса древесины по Российской Федерации в целом, лесным районам и субъектам РФ. Сравнение фактических значений погрешности определения запаса древесины при доверительной вероятности 0,95 с нормативными (целевыми) значениями, установленными при планировании первого цикла ГИЛ, показало, что по стране в целом и лесным районам фактические значения оказались меньше плановых (целевых). Ранговый коэффициент корреляции целевой и фактической погрешностей +0,95. Для субъектов Российской Федерации фактические значения ошибки оценки общего запаса древесины при доверительной вероятности 0,95 больше плановых значений. Ранговый коэффициент корреляции целевой и фактической погрешностей равен -0,79. Представлены результаты статистического анализа погрешностей определения общего запаса древесины, запаса, площади и возраста основных лесообразующих пород. Показано, что по результатам ГИЛ первого цикла основные таксационные показатели оценены с высокой точностью при уровне статистической надежности 95%, приемлемой для целей стратегического планирования в масштабе страны и подготовки международной отчетности Российской Федерации по лесам.

Ключевые слова: государственная инвентаризация лесов, постоянная пробная площадь, погрешность оценки общего запаса древесины, статистический анализ.

Для цитирования: Малышева Н.В., Филипчук А.Н., Золина Т.А., Селезнев А.А. Анализ погрешностей оценки основных таксационных показателей по данным государственной инвентаризации лесов первого цикла. – Текст : электронный // Лесохозяйственная информация. 2024. № 3. С. 57–74. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2024.3.04. <https://elibrary.ru/nhhmcw>.

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, зам. заведующего отделом (Пушкино, Московская обл., Российская Федерация), pat-malysheva@yandex.ru

² Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, главный научный сотрудник (Пушкино, Московская обл., Российская Федерация), afilipchuk@yandex.ru

³ Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, ведущий инженер (Пушкино, Московская обл., Российская Федерация), tzolina@gmail.com

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, биологический факультет, студент (Москва, Российская Федерация), asa250404@gmail.com

Original article

EDN NHHMCW

DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2024.3.04

Analysis of Errors in Estimation of the Main Taxation Indices of the First Cycle of the State Forest Inventory

Natalia V. Malysheva¹

Candidate of Geographical Sciences

Andrei N. Filipchuk²

Doctor of Agricultural Sciences

Tatiana A. Zolina³

Alexander A. Seleznev⁴

Abstract. Calculations of the actual error of the total growing stock volume for forests of the Russian Federation as a whole, forest regions and administrative units have been carried out based on permanent sample plots (PSP) data of the first cycle of the state forest inventory (SFI). Comparison of the actual errors of the total growing stock volume at a confidence level of 0.95 with the normative (target) errors established during the first SFI cycle planning showed that actual values were less than the planned (target) values for the country as a whole and the forest regions. The rank correlation coefficient of the target and actual errors is +0.95. The actual errors of the total growing stock volume at a confidence level of 0.95 are greater than the target errors for the administrative units of the Russian Federation. The rank correlation coefficient of the target and actual errors is -0.79. The results of statistical analysis of errors in estimation of the total growing stock volume, and growing stock volume, areas and age of the main forest species are presented. It is shown that, based on the results of the first SFI cycle, the main taxation indicators are evaluated with high accuracy at the 95% statistical reliability, which is acceptable for strategic planning at the national level and for international reporting on the forests of the Russian Federation.

Key words: State forest inventory, permanent sample plots, errors in estimation of growing stock volume, statistical analysis.

For citation: Malysheva N., Filipchuk A., Zolina T., Seleznev A. Analysis of Errors in Estimation of the Main Taxation Indices of the First Cycle of the State Forest Inventory. – Text : electronic // Forestry Information. 2024. № 3. P. 57–74. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2024.3.04. <https://elibrary.ru/nhhmcw>.

¹ Russian Scientific Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, Deputy Head of Department (Pushkino, Moscow region, Russian Federation), nat-malysheva@yandex.ru

² Russian Scientific Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, Principal Scientist (Pushkino, Moscow region, Russian Federation), aflipchuk@yandex.ru

³ Russian Scientific Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, Leading Engineer (Pushkino, Moscow region, Russian Federation), tzolina@gmail.com

⁴ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Biology, Student (Moscow, Russian Federation), asa250404@gmail.com

Введение

В России в 2020 г. завершен первый цикл государственной инвентаризации лесов (ГИЛ), в результате которого собран огромный объем измерений и определений количественных и качественных характеристик лесов на постоянных пробных площадях (ППП). Это новый вид лесоучетных работ, выполненный впервые в масштабе страны выборочно-статистическим методом [1]. Планирование объема выборочных наблюдений осуществлялось на основе законов математической статистики. В качестве основной характеристики для оценки точности определения таксационных показателей выбран запас древесины. Погрешность его определения для генеральной совокупности, которую представляют все леса России, была принята на уровне $\pm 1\%$ при доверительной вероятности 0,95. Были также установлены пороговые значения погрешности определения запаса древесины для лесных районов, которые варьировали от ± 1 до $\pm 10\%$. Плановые (целевые) показатели точности определения запаса древесины являются общепринятыми и соответствующими аналогам в национальных инвентаризациях лесов зарубежных стран бореального пояса и умеренной климатической зоны [2]. Важное значение для разработки предложений по использованию результатов ГИЛ, а также совершенствованию методики проведения работ во втором и последующих циклах, имеет анализ точности и достоверности полученных результатов.

Цель исследования – оценить достижение плановых значений погрешности определения запаса древесины для лесов Российской Федерации в целом, лесных районов и субъектов Российской Федерации.

Материалы и методы исследования

Объект исследования – данные ППП ГИЛ 1-го цикла. Работы проводились с 2007 по 2020 г., всего за 14 лет заложено 69,1 тыс. ППП. Пробные площади ГИЛ располагались на лесных землях

всех категорий, предусмотренных земельным законодательством: землях лесного фонда; промышленности, транспорта, обороны, безопасности и иного специального назначения; особо охраняемых территорий и объектов; населенных пунктов.

В первом цикле ГИЛ для расчета объема выборки ППП и разработки проекта их размещения применялась двухуровневая стратификация. На первом уровне выделяли лесорастительные зоны (9) и лесные районы (42 ко времени реализации 1-го цикла ГИЛ). На втором уровне выделяли относительно однородные лесные участки (страты) со схожими лесотаксационными характеристиками (группа преобладающих древесных пород, класс возраста и класс бонитета лесного насаждения). В период проведения работ первого цикла принципы стратификации трижды менялись. В итоге было сформировано 49 страт. Площади лесных земель определяли по данным лесоустройства и актуализировали на основе материалов дистанционного зондирования Земли. Расчет необходимого количества ППП проводили по статистической формуле, включающей переменные: средний запас древостоя по страте, дисперсию запаса по страте и целевую погрешность оценок запаса древостоя при установленном уровне доверительной вероятности (0,95) [3]. ППП размещались в стратах случайным образом. Необходимый объем выборки ППП был рассчитан исходя из погрешности определения общего запаса древесины по стране $\pm 1\%$ при статистической надежности 95%.

Для анализа целевой и фактической ошибок оценки общего запаса древесины, запаса, площади и возраста основных лесобразующих пород в нашем исследовании использованы аналитические обзоры о состоянии лесов, их количественных и качественных характеристиках по субъектам и лесным районам Российской Федерации и сводные таблицы базы данных ППП ГИЛ 1-го цикла, подготовленные и предоставленные ФГБУ «Рослесинфорг».

Различия фактических значений погрешности определения запаса древесины с целевыми (плановыми) оценивали с помощью непараметрического

статистического критерия Т-Вилкоксона [4, 5]. Критерий используют в случае анализа пары зависимых выборок. Размер каждой пары выборок: по лесным районам – 42, по субъектам РФ – 84. Расчет статистического критерия и проверка гипотез о сходстве/различии погрешностей оценки выполнены в программном пакете с открытым исходным кодом JASP версии 0.18.3.0¹.

Результаты исследования

Согласно нормативным документам ГИЛ 1-го цикла, критерием точности определения количественных и качественных характеристик лесов является точность определения общего запаса древесины лесных насаждений [6]. Погрешность определения общего запаса древесины установлена в размере не более $\pm 1\%$ в целом. Фактическая погрешность определения общего запаса древесины по итогам первого цикла ГИЛ по стране составила $\pm 0,35\%$ при статистической надежности 95% (вероятность ошибки $\pm 5\%$), т.е. оказалась выше запланированной [1]. Таким образом, поставленная задача и планируемая нормативными документами точность определения общего и среднего запаса древесины в лесах страны при принятом уровне доверительной вероятности достигнута. Точность, оцененная для генеральной совокупности по заложенным на лесных землях ППП, позволяет сделать вывод, что объем выборочных измерений и результаты их статистической обработки с достаточной

статистической надежностью (доверительной вероятностью) характеризуют общие запасы древостоев, полученные для лесов Российской Федерации в целом, и другие измеренные и оцененные статистической выборкой параметры.

Методическими рекомендациями по проведению государственной инвентаризации лесов [6] целевая (планируемая) точность определения запаса древесины для лесных районов была установлена с варьированием от ± 1 до $\pm 10\%$. Число и перечень лесных районов соответствуют отраслевым нормативным документам [7], однако в ходе 14-летнего периода реализации ГИЛ они пересматривались. Достигнутая фактическая и целевая погрешности оценки запасов древесины по лесным районам в первом цикле ГИЛ приведены в табл. 1.

Средняя целевая погрешность оценки запаса древесины по лесным районам составила $3,7 \pm 0,36\%$, а достигнутая средняя фактическая погрешность – $2,84 \pm 0,34\%$, т.е. несколько выше планового значения (см. табл. 1).

Чтобы реализовать возможность использования данных ГИЛ 1-го цикла для планирования лесохозяйственной деятельности по регионам, генеральная совокупность характеристик лесов на этапе постобработки разделена по субъектам Российской Федерации. Из 84 субъектов, охваченных обследованиями 1-го цикла ГИЛ, в состав 58 (70%) входит несколько лесных районов. В таком случае плановую (целевую) точность можно рассчитать исходя из средневзвешенного по площади лесных районов в границах субъекта

Таблица 1. Погрешность оценки общего запаса древесины по результатам 1-го цикла ГИЛ по лесным районам, целевая (плановая) и фактическая, %

№ п/п	Лесной район	Погрешность оценки	
		Целевая	Фактическая
1	Район притундровых лесов и редкостойной тайги Европейско-Уральской части Российской Федерации	7,0	3,2
2	Северо-таежный район европейской части Российской Федерации	3,0	1,0
3	Карельский северо-таежный район	5,0	2,6
4	Карельский таежный район	5,0	2,4

¹ <https://jasp-stats.org/download>.

ОКОНЧАНИЕ ТАБЛ. 1

№ п/п	ЛЕСНОЙ РАЙОН	Погрешность оценки	
		ЦЕЛЕВАЯ	ФАКТИЧЕСКАЯ
5	Двинско-Вычегодский таежный район	3,0	1,5
6	Балтийско-Белозерский таежный район	2,0	1,1
7	Западно-Уральский таежный район	6,0	3,0
8	Южно-таежный район европейской части Российской Федерации	1,0	0,73
9	Район хвойно-широколиственных (смешанных) лесов европейской части Российской Федерации	1,0	0,54
10	Лесостепной район европейской части Российской Федерации	2,0	0,67
11	Район степей европейской части Российской Федерации	3,0	2,1
12	Район полупустынь и пустынь европейской части Российской Федерации	7,0	4,6
13	Северо-Кавказский горный район	3,0	3,0
14	Крымский горный район	2,0	2,0
15	Северо-Уральский таежный район	3,0	2,1
16	Средне-Уральский таежный район	2,0	2,0
17	Южно-Уральский лесостепной район	2,0	1,1
18	Западно-Сибирский район притундровых лесов и редкостойной тайги	7,0	4,9
19	Западно-Сибирский северо-таежный равнинный район	3,0	3,0
20	Западно-Сибирский средне-таежный равнинный район	3,0	1,6
21	Западно-Сибирский южно-таежный равнинный район	2,0	1,2
22	Западно-Сибирский подтаежно-лесостепной район	2,0	2,0
23	Среднесибирский район притундровых лесов и редкостойной тайги	10,0	9,7
24	Среднесибирский плоскогорный таежный район	4,0	3,9
25	Среднеангарский таежный район	3,0	1,9
26	Нижнеангарский таежный район	3,0	1,2
27	Среднесибирский подтаежно-лесостепной район	2,0	0,9
28	Восточно-Сибирский район притундровых лесов и редкостойной тайги	10,0	10,0
29	Восточно-Сибирский таежный мерзлотный район	5,0	5,0
30	Верхнеленский таежный	4,0	4,2
31	Алтае-Саянский горно-таежный район	3,0	1,5
32	Алтае-Саянский горно-лесостепной район	4,0	2,6
33	Алтае-Новосибирский район лесостепей и ленточных боров	2,0	1,64
34	Байкальский горный лесной район	3,0	3,0
35	Забайкальский горно-мерзлотный район	5,0	3,9
36	Забайкальский горный лесной район	3,0	3,0
37	Забайкальский лесостепной район	3,0	3,0
38	Дальневосточный район притундровых лесов и редкостойной тайги	10,0	8,9
39	Камчатский таежный район	4,0	2,4
40	Дальневосточный таежный район	2,0	1,5
41	Приамурско-Приморский хвойно-широколиственный район	2,0	1,5
42	Дальневосточный лесостепной район	4,0	3,0
Среднее		3,7±0,36*	2,8±0,34*

* Приведено среднее значение (\bar{x}) со средней ошибкой выборочного среднего ($s_{\bar{x}}$) $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$, где: $s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$ [3].

РФ значения допустимой ошибки определения запаса древесины. Рассчитанная целевая (плановая) и фактическая погрешности оценки запасов древесины по субъектам РФ по итогам ГИЛ 1-го цикла представлены в табл. 2.

Средняя целевая погрешность в разрезе субъектов Российской Федерации, с учетом целевой погрешности по лесным районам в составе субъекта, составила $2,64 \pm 0,18\%$. Средняя фактическая погрешность по субъектам

ТАБЛИЦА 2. ПОГРЕШНОСТЬ ОЦЕНКИ ЗАПАСА ДРЕВСИНЫ ПО ИТОГАМ 1-ГО ЦИКЛА ГИЛ ПО СУБЪЕКТАМ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, %

№ п/п	СУБЪЕКТ РФ	СРЕДНИЙ ЗАПАС, м ³ /га	ПОГРЕШНОСТЬ ОЦЕНКИ	
			ЦЕЛЕВАЯ	ФАКТИЧЕСКАЯ
1	Белгородская область	287	2,00	3,4
2	Брянская область	268	1,07	3,7
3	Владимирская область	240	1,00	3,2
4	Воронежская область	236	2,30	3,5
5	Ивановская область	239	1,0	5,6
6	Костромская область	253	1,0	3,0
7	Калужская область	325	1,0	3,7
8	Курская область	253	2,0	4,9
9	Липецкая область	274	2,0	2,8
10	Московская область и город федерального значения Москва	321	1,02	4,9
11	Рязанская область	196	1,23	2,4
12	Орловская область	284	2,0	5,6
13	Смоленская область	253	1,0	4,4
14	Тамбовская область	260	2,0	3,3
15	Тверская область	259	1,0	1,1
16	Тульская область	330	1,3	4,5
17	Ярославская область	260	1,0	3,5
18	Республика Карелия	188	5,0	2,0
19	Республика Коми	147	4,3	2,9
20	Архангельская область	179	3,1	2,2
21	Вологодская область	233	1,6	3,2
22	Калининградская область	294	1,0	4,2
23	Ленинградская область	269	2,0	1,6
24	Мурманская область	64	3,6	2,9
25	Новгородская область	237	1,0	2,3
26	Псковская область	250	1,0	2,3
27	Город федерального значения Санкт-Петербург	322	2,0	65,8
28	Ненецкий автономный округ	106	7,0	32,1
29	Республика Адыгея	318	3,0	3,5
30	Республика Калмыкия	12	6,43	28,4
31	Республика Крым	195	2,02	6,5
32	Краснодарский край	276	3,0	4,1
33	Астраханская область	96	5,7	9,0

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛ. 2

№ п/п	СУБЪЕКТ РФ	СРЕДНИЙ ЗАПАС, м ³ /га	ПОГРЕШНОСТЬ ОЦЕНКИ	
			ЦЕЛЕВАЯ	ФАКТИЧЕСКАЯ
34	Волгоградская область	146	3,0	8,2
35	Ростовская область	77	3,0	4,5
36	Город федерального значения Севастополь	134	2,0	25,8
37	Республика Дагестан	152	3,2	2,8
38	Республика Ингушетия	219	3,0	12,0
39	Кабардино-Балкарская Республика	297	3,0	7,7
40	Карачаево-Черкесская Республика	338	3,0	4,5
41	Республика Северная Осетия – Алания	352	3,0	3,9
42	Чеченская Республика	223	3,0	7,6
43	Ставропольский край	169	3,0	9,4
44	Республика Башкортостан	220	1,94	2,0
45	Республика Марий Эл	261	1,0	4,01
46	Республика Мордовия	275	1,32	4,0
47	Республика Татарстан	215	1,64	2,0
48	Удмуртская Республика	286	1,0	7,5
49	Республика Чувашия	235	1,0	3,5
50	Пермский край	224	2,9	1,5
51	Кировская область	241	1,35	2,4
52	Нижегородская область	221	1,0	3,0
53	Оренбургская область	161	2,81	4,9
54	Пензенская область	223	2,0	2,0
55	Самарская область	193	2,2	2,5
56	Саратовская область	139	2,52	1,9
57	Ульяновская область	234	1,96	2,5
58	Курганская область	193	2,0	5,4
59	Свердловская область	253	2,22	2,2
60	Тюменская область	168	2,0	2,6
61	Челябинская область	201	2,0	3,4
62	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	133	3,0	2,27
63	Ямало-Ненецкий автономный округ	46	4,34	3,26
64	Республика Алтай	165	3,1	5,7
65	Республика Бурятия	106	3,9	3,8
66	Республика Тыва	141	3,21	7,7
67	Республика Хакасия	177	2,9	6,9
68	Алтайский край	185	2,4	4,3
69	Забайкальский край	98	4,0	3,5
70	Красноярский край	103	4,0	3,5
71	Иркутская область	196	3,7	3,3
72	Кемеровская область – Кузбасс	171	2,7	3,4
73	Новосибирская область	158	2,02	4,0
74	Омская область	148	2,0	3,5

ОКОНЧАНИЕ ТАБЛ. 2

№ п/п	СУБЪЕКТ РФ	СРЕДНИЙ ЗАПАС, м ³ /га	ПОГРЕШНОСТЬ ОЦЕНКИ	
			ЦЕЛЕВАЯ	ФАКТИЧЕСКАЯ
75	Томская область	159	2,5	2,2
76	Республика Саха (Якутия)	75	7,45	7,5
77	Камчатский край	56	7,8	5,7
78	Приморский край	203	2,1	4,0
79	Хабаровский край	89	2,0	2,3
80	Амурская область	104	2,1	2,1
81	Магаданская область	25	5,3	10,4
82	Сахалинская область	138	2,0	3,5
83	Еврейская автономная область	131	2,0	2,3
84	Чукотский автономный округ	25	10,0	33,1
	Итого	126	2,64±0,18*	6,05±0,97*

* Приведено среднее значение (\bar{x}) со средней ошибкой выборочного среднего (s_x) $\bar{x} \pm s_x$, где: $s_x = \frac{s}{\sqrt{n}}$ [3].

приблизительно в 2 раза выше запланированной – 6,05±0,97% (см. табл. 2). Отклонение фактической погрешности от целевой по субъектам Российской Федерации показано на рис. 1.

Фактическая погрешность ниже целевой отмечена в 16-ти субъектах РФ: Республика Карелия, Республика Коми, Архангельская область, Ленинградская область, Мурманская область, Республика Дагестан, Пермский край, Саратовская область,



Рис. 1. Сравнение целевой и фактической погрешностей оценки запасов древесины ГИЛ 1-го цикла по субъектам Российской Федерации

ХМАО, ЯНАО, Республика Бурятия, Забайкальский край, Красноярский край, Иркутская область, Томская область и Камчатский край.

Фактическая погрешность, равная целевой, получена для 10 субъектов РФ: Тверская область, республики Башкортостан и Татарстан, Пензенская область, Самарская область, Свердловская область, Республика Саха (Якутия), Хабаровский край, Амурская область, Еврейская АО.

Для остальных 58 субъектов Российской Федерации фактическая погрешность больше целевой, установленной нормативными документами. Это объясняется рядом причин, в частности небольшим объемом выборки для лесов городских агломераций (Москва и Московская область, Санкт-Петербург и Севастополь); дискретным характером распределения древесной растительности и значительным варьированием запасов в малолесных субъектах Российской Федерации, в частности расположенных в притундровой зоне, зоне степей и полупустынь (Республика Калмыкия, Астраханская, Волгоградская области, Ставропольский край, Ненецкий и Чукотский АО), в горных труднодоступных территориях (республики Алтай и Тыва, Кабардино-Балкарская, Чеченская, Ингушская). Увеличивать точность определения запасов для субъектов малолесных районов с дискретно распределенными лесами, в горных труднодоступных территориях, малоосвоенных и труднодоступных притундровых редколесьях экстенсивной зоны хозяйствования не представляется целесообразным и оправданным по затратам.

Пространственное представление отклонений фактических погрешностей оценки запаса древесины по результатам 1-го цикла ГИЛ от погрешностей, допустимых нормативными документами (см. рис. 1), свидетельствует об избыточности объема выборки ППП для 16 субъектов Российской Федерации и недостаточности объема выборки для 58 субъектов Российской Федерации, т.е. для более половины общего их количества. Во втором цикле этот дисбаланс предполагается устранить.

Сравним фактические погрешности определения запаса древесины с целевыми (плановыми) по лесным районам и субъектам Российской Федерации с помощью статистического критерия. Целевая и фактическая погрешности представляют собой связанные выборки, так как любому объекту из первой выборочной совокупности (целевая погрешность) соответствует ровно один объект из второй (фактическая погрешность). Меры различий двух связанных выборок делятся на параметрические и непараметрические. К параметрическим относится *t*-критерий Стьюдента, к непараметрическим – критерий *T*-Вилкоксона [4, 5].

Для сравнения значений фактической и плановой погрешностей использовали критерий *T*-Вилкоксона для связанных выборок². Причины выбора критерия:

1. Фактическая и плановая погрешности являются связанными переменными, так как каждому объекту соответствует по одному значению из каждой группы, при том что сами значения являются мерами одной и той же величины, т. е. ошибки в процентах, которая рассчитана для одинаковой совокупности ППП.

2. Наборы переменных не подчиняются какому-либо закону распределения, поэтому для статистической оценки предпочтительней использовать непараметрический критерий³ как меру сходства/различия выборок.

Использование критерия *T*-Вилкоксона для связанных (зависимых) выборок показало наличие достоверных различий при заданном уровне значимости ($\alpha = 0,05$) и установленном числе степеней свободы между плановыми и фактическими значениями запаса древесины как для лесных районов, так и для субъектов РФ. Проверка гипотезы о сходстве ошибок по лесным районам с помощью критерия *T*-Вилкоксона подтвердила, что целевая ошибка больше фактического значения. Ранговый коэффициент корреляции по лесным районам составил +0,95. Проверка гипотезы о сходстве ошибок оценки запаса древесины по субъектам РФ показала, что фактическая ошибка больше плановой. При этом ранговый коэффициент

² <http://sci2s.ugr.es/keel/pdf/algorithm/articulo/wilcoxon1945.pdf>.

³ <https://academic.oup.com/biomet/article-abstract/52/3-4/591/336553?redirectedFrom=fulltext&login=false>.

корреляции составляет -0,79. Таким образом, исходя из статистических критериев можно заключить, что по лесным районам в ходе ГИЛ получена избыточная точность оценки запаса древесины, а по субъектам РФ фактически не удалось достичь целевой точности. Достигнутая погрешность определения запаса по лесам страны в целом не позволяет использовать выборку того же объема для оценки запасов древесины отдельных субъектов Российской Федерации. Нужно пересчитать объем выборки исходя из фактического размаха варьирования среднего запаса древесины по субъекту, допустимой во 2-м цикле точности оценки запаса древесины при установленном уровне статической надежности оценки.

Сравним погрешность оценки запаса древесины по древесным видам. По итогам ГИЛ 1-го цикла в лесах страны выявлено 233 древесных и кустарниковых вида, для которых проведён расчет запасов древесины с доверительными интервалами и участием в суммарном запасе древесины по стране (%). Из общего перечня для анализа в нашем исследовании отобран 21 древесный вид, доминирующий по запасу. Суммарный запас этих основных древесных видов составляет 108 386,65 млн м³, а их доля в структуре общего запаса древесины по стране 95,9%. Запас древесины и погрешность оценки запаса по доминирующим древесным видам представлены в табл. 3.

Таблица 3. Запас древесины по основным древесным видам, тыс. м³, доля в суммарном запасе, %, и погрешность оценки, %

ДРЕВЕСНАЯ ПОРОДА	Запас, тыс. м ³	ДОВЕРИТЕЛЬНЫЙ ИНТЕРВАЛ		Доля в общем запасе, %	ОШИБКА ОЦЕНКИ, %
		ЛЕВЫЙ	ПРАВЫЙ		
Сосна обыкновенная	21 891 578	21 481 989	22 301 167	19,5	0,95
Береза повислая	18 761 730	18 573 011	18 950 449	16,6	0,51
Лиственница даурская	15 177 024	14 891 046	15 463 002	13,4	0,96
Осина обыкновенная	10 040 691	9 860 924	10 220 458	8,9	0,91
Лиственница сибирская	8 718 185	8 514 543	8 921 828	7,7	1,19
Ель европейская	6 796 828	6 654 452	6 939 203	6,0	1,07
Ель сибирская	6 711 418	6 585 064	6 837 772	5,9	0,96
Кедр сибирский	4 696 517	4 510 098	4 882 936	4,2	2,03
Пихта сибирская	3 950 527	3 849 221	4 051 833	3,5	1,31
Береза плосколистная	1 853 237	1 807 887	1 898 586	1,6	1,25
Береза пушистая	1 856 167	1 805 845	1 906 488	1,6	1,38
Ель аянская	1 475 552	1 415 613	1 535 492	1,3	2,07
Липа мелколистная	1 254 758	1 173 403	1 336 113	1,1	3,31
Кедр корейский	946 722	868 634,7	1 024 809	0,8	4,21
Береза каменная	942 077,1	905 841	978 313,2	0,8	1,96
Дуб монгольский	695 529,7	669 957,4	721 102	0,6	1,88
Ольха белая (серая)	641 869,3	611 711,2	672 027,5	0,6	2,40
Пихта белокорая	544 522,3	523 440,2	565 604,5	0,5	1,98
Дуб черешчатый	509 466,3	422 324,1	596 608,6	0,5	8,73
Береза ребристая	438 773,5	409 549,9	467 997,2	0,4	3,40
Ольха черная	483 477,4	436 288	530 666,8	0,4	4,98
Всего	108 386 649,6	-	-	95,9	1,14
Прочие	4 741 825,0	-	-	4,1	
ИТОГО	113 128 474,6	112 344 299,5	113 912 650,8	100	0,35

Погрешность оценки запаса доминирующих древесных видов варьирует от 0,51 до 8,73%. Из них ошибка оценки запаса сосны обыкновенной, березы повислой, лиственницы даурской, осины обыкновенной – менее 1%, их доля в суммарном запасе древесины наибольшая и составляет: сосна обыкновенная – 19,5, береза повислая – 16,6, лиственница даурская – 13,4, осина обыкновенная – 8,9%. Средневзвешенная ошибка оценки запаса доминирующих древесных видов оценена в 1,14% (см. табл. 3).

Общая площадь лесных земель страны на год завершения 1-го цикла ГИЛ составила 899 959,1 тыс. га. Площадь, занимаемая 21 преобладающей по запасу древесной породой, –

757 769,3 тыс. га (84,2% общей лесной площади). Ошибка оценки площади, занимаемой основными древесными видами, представлена в табл. 4.

Среди основных лесообразующих пород наибольшие площади занимают: лиственница даурская – 20%, береза повислая – 14,5, сосна обыкновенная – 12,5%. Далее по убыванию: лиственница сибирская – 7,3; осина обыкновенная – 5,5; ель сибирская – 5,3; ель европейская – 3,8; береза плосколистная – 3,5; береза пушистая – 1,4% и прочие. Ошибка определения площади доминирующих по запасу древесных видов варьирует от 0,8 до 5,6%. Средневзвешенная погрешность оценки площади доминирующих древесных видов оценена в 1,4%.

Таблица 4. Площадь, занимаемая основными древесными видами (преобладающими по запасу), тыс. га, доля в общей лесной площади, %, и погрешность оценки, %

Древесная порода	Площадь, тыс. га	Доверительный интервал		Доля в общей площади, %	Погрешность, %
		левый	правый		
Лиственница даурская	180 391,8	176 723,5	184 060,1	20,0	1,0
Береза повислая	130 798,3	128 870,4	132 726,1	14,5	0,8
Сосна обыкновенная	112 063,7	109 543,6	114 583,9	12,5	1,1
Лиственница сибирская	65 886,9	63 500,3	68 273,5	7,3	1,8
Осина обыкновенная	49 702,6	48 532,8	50 872,4	5,5	1,2
Ель сибирская	47 529,7	46 232,1	48 827,3	5,3	1,4
Ель европейская	34 205,6	33 344,9	35 066,3	3,8	1,3
Береза плосколистная	31 218,1	29 862,5	32 573,7	3,5	2,2
Кедр сибирский	23 722,9	22 761,8	24 684,1	2,6	2,1
Пихта сибирская	23 264,6	22 447,2	24 082,1	2,6	1,8
Береза пушистая	12 857,8	12 281,1	13 434,5	1,4	2,3
Ель аянская	7 701,1	7 172,4	8 229,8	0,9	3,5
Липа мелколистная	5 661,7	5 381,4	5 942,0	0,6	2,5
Кедр корейский	2 532,7	2 294,9	2 770,4	0,3	4,8
Береза каменная	7 711,1	7 249,3	8 173,0	0,9	3,1
Дуб монгольский	5 280,1	4 914,8	5 645,3	0,6	3,5
Ольха белая (серая)	7 609,8	7 081,6	8 137,9	0,8	3,5
Пихта белокорая	3 975,4	3 674,4	4 276,3	0,4	3,9
Дуб черешчатый	2 027,4	1 882,8	2 172,1	0,2	3,6
Береза ребристая (желтая)	1 757,4	1 565,4	1 949,3	0,2	5,6
Ольха черная	1 870,7	1 687,7	2 053,6	0,2	5,0
Всего	757 769,4	-	-	84,2	1,4
Прочие	142 189,7	-	-	15,8	-
Итого	899 959,1	-	-	100	

Достигнутая высокая точность оценки запасов (1,14%) и площадей доминирующих древесных видов (1,4%) по лесам страны в целом объясняется достаточным объемом статистической выборки для этих видов. Объекты инвентаризации локализованы в границах определенных ареалов, поэтому важно не только правильно рассчитать объем выборки, но и пространственно разместить выборочные участки (ППП), обеспечив репрезентативность выборки. Как показывает опыт национальных инвентаризаций зарубежных стран [8, 9], для получения выборочных характеристик пространственных объектов предпочтительнее размещать ППП в ячейках регулярной сети. Итоговые данные о точности оценки запасов и площадей доминирующих пород (см. табл. 3 и 4) подтверждают следующую закономерность: чем более компактно пространственно представлен древесный вид, тем более точно статистически оценивается его запас древесины и площадь. Например, береза ребристая (желтая) занимает 0,2% общей площади лесных земель, а ее доля в общем запасе составляет 0,4%, но произрастает этот древесный вид в компактном и ограниченном ареале в Приамурско-Приморском районе хвойно-широколиственных лесов на юге Дальнего Востока в Хабаровском, Приморском краях, Еврейской АО. Ошибка оценки запаса древесины березы ребристой (желтой) – 3,8% (см. табл. 3). Для сравнения: доля в общей площади лесных земель, занимаемая дубом черешчатым, такая же, как и у березы ребристой (желтой) – 0,2%, но погрешность оценки запаса древесины дуба черешчатого существенно выше – 8,7% (см. табл. 3). Это связано с тем, что ареал дуба черешчатого обширен и приходится на субъекты Европейско-Уральской части России, приуроченные к зонам хвойно-широколиственных лесов, лесостепной, степной и полупустынной. Рассредоточенность в границах огромного ареала и широкий диапазон варьирования лесорастительных условий объясняют большую погрешность оценки запаса этого вида по сравнению с видами, произрастающими в компактном ареале, такими как, например, береза ребристая (желтая).

Наибольшие погрешности определения запаса характерны для древесных видов с меньшей представленностью в общей обследованной площади лесных земель и проистекают из-за меньшего объема выборочных измерений. По древесным видам/породам, которые незначительно представлены в составе, имеют дисперсный характер распространения или незначительный по площади ареал, полученные оценки запаса могут быть недостоверными.

По итогам 1-го цикла ГИЛ средний возраст преобладающих по запасу древесных видов составил 86 лет. Погрешность оценки среднего возраста по выборке из генеральной совокупности для 21 древесного вида составляет 2,4% (табл. 5).

Погрешность оценки запаса древесины основных древесных видов, их площади и возраста при планировании ГИЛ не регламентированы, тем не менее это важные статистические показатели, имеющие как теоретическое (уточнение необходимого объема выборки во 2-м цикле ГИЛ), так и практическое значение (корректировка стратегических документов лесного планирования).

Обсуждение

Критический анализ итогов 1-го цикла ГИЛ показывает, что поскольку при проектировании сети выборочных измерений за основу стратификации был взят лесной район, то фактическая погрешность оценки общего запаса древесины по лесному району, как и по стране в целом, меньше плановой. Однако принятая величина целевой погрешности определения запаса древесины для лесных районов не имеет практического значения. Лесной район не является территориальной единицей управления лесами в отличие от субъекта Российской Федерации, где информация ГИЛ востребована и может быть использована для разработки лесных планов и других региональных документов планирования экономического и социального развития. В 2021 г. начаты работы 2-го цикла ГИЛ. Во 2-м цикле изменен принцип проектирования

ТАБЛИЦА 5. Средний возраст основных древесных видов (преобладающих по запасу), лет, и погрешность оценки, %

ДРЕВЕСНАЯ ПОРОДА	СРЕДНИЙ ВОЗРАСТ, ЛЕТ	ДОВЕРИТЕЛЬНЫЙ ИНТЕРВАЛ		Доля в общей площади, %	ПОГРЕШНОСТЬ, %
		ЛЕВЫЙ	ПРАВЫЙ		
Кедр корейский	169	163	175	0,30	1,81
Кедр сибирский (сосна кедровая)	138	133	143	2,60	1,85
Лиственница сибирская	122	120	125	7,30	1,25
Лиственница даурская	118	116	120	20,00	0,86
Ель сибирская	99	96	103	5,30	2,06
Сосна обыкновенная	96	94	97	12,50	0,53
Ель аянская	94	88	100	0,9	3,26
Береза каменная	88	79	97	0,90	5,22
Ель европейская	85	83	87	3,80	1,20
Пихта сибирская	80	77	83	2,60	1,91
Береза ребристая (желтая)	101	97	104	0,20	1,52
Береза пушистая	63	60	66	1,40	2,43
Дуб монгольский	92	86	97	0,60	2,77
Береза повислая	59	59	60	14,50	0,86
Осина обыкновенная	58	56	59	5,50	0,88
Пихта белокорая	73	69	76	0,40	2,10
Дуб черешчатый	66	62	70	0,20	3,09
Береза плосколистная	49	48	51	3,50	2,08
Липа мелколистная	50	48	53	0,60	3,06
Ольха черная	57	54	59	0,20	1,79
Ольха белая (серая)	41	34	48	0,80	8,71
Итого	86	–	–	84,1	2,4

сети ППП таким образом, чтобы полученная информация имела практическое применение на уровне субъектов РФ. Объем выборки ППП пересчитан по субъектам РФ, сгруппированным по зонам с разным уровнем ведения лесного хозяйства и интенсивностью лесопользования. Субъекты дифференцированы по принадлежности к 3-м зонам с разной целевой (плановой) точностью оценки запаса древостоев (рис. 2).

В первую зону (целевая погрешность до $\pm 5\%$ при доверительной вероятности 0,68) вошли 46 субъектов европейской части России, Урала, Сибири и Дальнего Востока с хорошо развитой дорожно-транспортной сетью и высокоинтенсивным использованием лесных ресурсов. Площадь лесов этой зоны составляет 174 млн га (14,7%).

Во вторую зону (погрешность до $\pm 7\%$ при доверительной вероятности 0,68) включены 25 субъектов Российской Федерации, расположенные на юге европейской части России, Сибири и Дальнего Востока, с наличием дорожно-транспортной сети, интенсивным уровнем лесопользования и ведения лесного хозяйства. Площадь лесов – 324,5 млн га (27,3%).

К третьей зоне (погрешность до $\pm 10\%$ при доверительной вероятности 0,68) отнесены 13 субъектов Российской Федерации с труднодоступными и малонаселенными территориями севера Красноярского края, Иркутской обл. и другие субъекты, расположенные на севере Европейско-Уральской части и Западной Сибири, Дальнего Востока. Площадь лесов – 689,2 млн га



Рис. 2. Зонирование территории РФ по погрешности определения запаса древесины во 2-м цикле ГИЛ по [10]

(58,0%). Принятый методический подход к зонированию территории и объект определения погрешности таксационных показателей (запас древесины) обоснован с научной и практической точек зрения и подтвержден практикой ведения национальных инвентаризаций лесов в зарубежных странах.

В 1-м цикле ГИЛ ППП размещены в выделенных стратах случайным образом. Несмотря на то что случайная выборка в теории выборочных методов считается самой надежной и требует меньшего количества выборочных наблюдений для достижения одинаковой точности с регулярной, для генеральных совокупностей с пространственно распределенными выборочными переменными она имеет существенный недостаток [8, 9, 11]. В случае обследования пространственно выраженных объектов наилучшая выборка с точки зрения репрезентативности – равномерная (регулярная). Этот методический подход реализуется во 2-м цикле ГИЛ. Предусмотрен переход на регулярное размещение ППП и отказ от предварительной стратификации с использованием разновременных материалов лесоустройства.

Выбор шестиугольной (гексагональной) сети, ячейки которой будут варьировать от 2–4 до 32 км, в качестве регулярной основы для размещения ППП предпочтителен для Российской Федерации, имеющей значительную площадь лесов, расположенных в разных лесорастительных условиях. При этом сохранена возможность использования ППП, заложенных в ходе 1-го цикла ГИЛ, для повторных измерений и проектирования новых на основе их случайного размещения внутри гексагонов, в границы которых ППП 1-го цикла не попали. Для повторных измерений предполагается сохранить порядка 80% ППП 1-го цикла. Предварительные расчеты показали, что это обеспечит получение данных о текущих приростах основных лесобразующих пород с $\pm 10\%$ -й погрешностью при доверительной вероятности 0,95.

Переход на использование регулярной сети размещения ППП является научно обоснованным, обеспечивает равномерное распределение ППП по всей площади лесов. Однако при пороговых значениях погрешности определения запаса древесины от ± 5 до $\pm 10\%$ при доверительной вероятности 0,95 это потребовало бы более

высоких затрат в связи с бóльшим количеством единиц выборки. Для того чтобы снизить затраты, при проектировании выборочных измерений ГИЛ 2-го цикла предусмотрено снижение доверительной вероятности до 0,68. При такой доверительной вероятности 32% значений запаса древесины могут выйти за пределы двух стандартных отклонений. Это решение нельзя признать бесспорным. Опыт зарубежных стран показывает, что работы по национальной инвентаризации лесов (НИЛ) начинались с уровня доверительной вероятности 0,68 с дифференцированной погрешностью определения запаса древесины на уровне $\pm 5 \dots \pm 10\%$. В дальнейшем, с развитием систем НИЛ и накоплением фактических данных о варьировании среднего запаса древостоев, уровень доверительной вероятности был повышен до 0,95 [12–15]. В настоящее время некоторые страны, в частности бореального пояса, достигли погрешности определения запаса древесины менее $\pm 1\%$ при доверительной вероятности 0,95 [12–15]. Если говорить о принятой для 2-го цикла ГИЛ доверительной вероятности определения запаса древесины 0,68, то достаточно обоснованным можно считать ее применение для третьей зоны, где не планируется использование лесов с целью заготовки древесины в ближайшем обозримом будущем. Что касается первой, высокоинтенсивной зоны использования лесов, то значительное ухудшение достоверности оценки запаса древесины вызывает серьезные опасения. По нашему мнению, требуется дополнительное обсуждение этого вопроса с учетом целесообразности более достоверного и точного учета лесных ресурсов в зоне интенсивного использования лесов и ведения лесного хозяйства.

Выводы

Анализ результатов ГИЛ 1-го цикла показал, что достигнутая точность определения основных таксационных показателей соответствует всей генеральной совокупности лесных земель страны. Фактическая погрешность оценки общего

запаса древесины составляет $\pm 0,35\%$, запаса доминирующих древесных видов – $\pm 1,1\%$, их площади – $\pm 1,4\%$, возраста основных лесобразующих древесных видов – $\pm 2,4\%$.

Статистические критерии подтвердили, что в ходе ГИЛ по лесным районам получена избыточная точность оценки запаса древесины, а по субъектам Российской Федерации не удалось достичь целевой точности. Переход от генеральной совокупности данных по стране к выборке по субъектам Российской Федерации, т.е. с уменьшением площади объекта инвентаризации, привел к увеличению погрешности определения общего запаса древесины и других таксационных показателей. Достигнутая фактическая погрешность общего запаса древесины по субъектам Российской Федерации свидетельствует о недостаточности объема выборочных измерений при статистической надежности 95% для более чем $\approx 50\%$ объектов инвентаризации. Вместе с тем информация ГИЛ на сегодняшний день актуальна и получена с помощью точных измерительных методов, что позволяет использовать ее для обновления документов лесного планирования на уровне субъектов Российской Федерации. Для более мелких территориальных единиц управления лесами (лесничество, участковое лесничество) объем выборочных измерений таксационных характеристик недостаточен для практического применения. Необходимо продолжать научные исследования, направленные на практическое использование информации ГИЛ для разработки региональных документов лесного планирования и социально-экономического развития.

Информация ГИЛ на основе статистической выборки с заданными параметрами точности и достоверности определения таксационных показателей охватывает все составляющие лесной экосистемы. На сегодня формат данных ГИЛ ориентирован, скорее, на национальную отчетность международного уровня, а не на внутреннюю, основанную на действующем лесном законодательстве и нормативно-методической базе. Перспективное направление использования массива данных ГИЛ – актуализация

национальной отчетности в международных процессах по лесам, таких как Глобальная оценка лесных ресурсов ФАО/ООН (ГОЛР), Рамочная конвенция ООН об изменении климата (РКИК ООН), отчетность по линии Европейской экономической комиссии (ЕЭК) ООН/ФАО, Форум по лесам ООН, Конвенция ООН о сохранении биоразнообразия (КБР).

Список источников

1. Аналитический обзор количественных и качественных характеристик лесов Российской Федерации: итоги первого цикла государственной инвентаризации лесов. – Текст : электронный / А.Н. Филипчук, Н.В. Малышева, Т.А. Золина, С.В. Федоров, А.М. Бердов, В.Н. Косицын, А.Н. Югов, П.С. Кинигопуло // Лесохозяйственная информация. – 2022. – № 1. – С. 5–34. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2022.1.01. – Режим доступа: URL: <http://lhi.vniilm.ru>.
2. Анализ зарубежного опыта национальных инвентаризаций лесов: методы, выборка, результаты и международная статистика. – Текст : электронный / Н.В. Малышева, А.Н. Филипчук, Т.А. Золина, П.С. Кинигопуло, Е.М. Шалимова, А.С. Попик, Г.В. Сильягина // Лесохозяйственная информация. 2022. – № 2. – С. 90–132. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2022.2.08. – Режим доступа: URL: <http://lhi.vniilm.ru/>
3. Carbon stock in living biomass of Russian forests: new quantification based on data from the first cycle of the State Forest Inventory / A.N. Filipchuk, N.V. Malysheva, T.A. Zolina, A.A. Seleznev // Cent. Eur. For. J. – 2023. – 69. – P. 248–261. DOI: 10.2478/forj-2023-0021.
4. Закс, Л. Статистическое оценивание / Л. Закс. – Москва : Статистика, 1976. – 598 с.
5. Гланц, С. Медико-биологическая статистика : пер. с англ. / С. Гланц. – Москва : Практика, 1999. – 459 с.
6. О внесении изменений в Методические рекомендации по проведению государственной инвентаризации лесов, утвержденные приказом Рослесхоза от 10.11.2011 № 472. Приказ Рослесхоза от 15.03.2018 № 173.
7. Об утверждении перечня лесорастительных зон Российской Федерации и перечня лесных районов Российской Федерации. Приказ Минприроды России от 18.08.2014 № 367 (с изм. от 23.12.2015 № 569, 21.03.2016 № 83, 19.02.2019 № 105, 07.06.2022 № 393).
8. Алексеев, А.С. Основные принципы организации и проведения Государственной инвентаризации лесов (ГИЛ). – Текст : электронный / А.С. Алексеев // Вопросы лесной науки. – 2019. – Т. 2. – 19 с. DOI 10.31509/2658-607x-2019-2-1-1-18.
9. A constructive review of the State Forest Inventory in the Russian Federation – Текст : электронный / A. Alekseev, E. Tomppo, R.E. McRoberts, K. von Gadow // Forest Ecosystems. – 2019. – 6:9. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1186/s40663-019-0165-3>.
10. Регламент организации и проведения мероприятий по государственной инвентаризации лесов центральным аппаратом Рослесхоза, территориальными органами Рослесхоза и подведомственными организациями. Приложение к Приказу Рослесхоза от 06.05.2022 № 556.
11. Алексеев, А.С. Опыт статистической инвентаризации лесов в России и современная государственная инвентаризация лесов / А.С. Алексеев // Лесное хозяйство. – 2013. – № 2. – С. 41–43.
12. A century of National Forest Inventory in Norway – informing past, present, and future decisions. – Текст : электронный / J. Breidenbach, A. Granhus, G. Hysten, R. Eriksen and R. Astrup // Forest Ecosystems. – 2020. – 7:46. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1186/s40663-020-00261-0>.
13. Fridman, J. Sweden. – Ch. 42. National Forest Inventories. Assessment of Wood Availability and Use / J. Fridman, B. Westerlund ; ed. C. Vidal, I. Alberdi, I. Hemandez, J. Redmond, K. Schadauer. – Switzerland : Springer International Publishing, 2016. – P. 769–782.
14. Designing and Conducting a Forest Inventory – case: 9th National Forest Inventory of Finland / E. Tomppo, J. Heikkinen, H.M. Henttonen, A. Ihalainen, M. Katila, H. Mäkelä, T. Tuomainen, N. Vainikainen. – Dordrecht, Heidelberg, London, New York : Springer Science+Business Media B.V., 2011. – 270 p. DOI 10.1007/978-94-007-1652-0.
15. Korhonen, K.T. Finland. – Ch. 19. National Forest Inventories. Assessment of Wood Availability and Use / K.T. Korhonen ; ed. C. Vidal, I. Alberdi, I. Hemandez, J. Redmond, K. Schadauer. – Switzerland : Springer International Publishing, 2016. – P. 369–384.

References

1. Analiticheskij obzor kolichestvennyh i kachestvennyh harakteristik lesov Rossijskoj Federacii: itogi pervogo cikla gosudarstvennoj inventarizacii lesov. – Tekst : elektronnyj / A.N. Filipchuk, N.V. Malysheva, T.A. Zolina, S.V. Fedorov, A.M. Berdov, V.N. Kosicyn, A.N. Yugov, P.S. Kinigopulo // Lesochozajstvennaya informaciya. – 2022. – № 1. – S. 5–34. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2022.1.01. – Rezhim dostupa: URL: <http://lhi.vniilm.ru>.
2. Analiz zarubezhnogo opyta nacional'nyh inventarizacij lesov: metody, vyborka, rezul'taty i mezhdunarodnaya statistika. – Tekst : elektronnyj / N.V. Malysheva, A.N. Filipchuk, T.A. Zolina, P.S. Kinigopulo, E.M. Shalimova, A.S. Popik, G.V. Sil'nyagina // Lesochozajstvennaya informaciya. 2022. – № 2. – S. 90–132. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2022.2.08. – Rezhim dostupa: URL: <http://lhi.vniilm.ru/>
3. Carbon stock in living biomass of Russian forests: new quantification based on data from the first cycle of the State Forest Inventory / A.N. Filipchuk, N.V. Malysheva, T.A. Zolina, A.A. Seleznev // Cent. Eur. For. J. – 2023. – 69. – R. 248–261. DOI: 10.2478/forj-2023-0021.
4. Zaks, L. Statisticheskoe ocenivanie / L. Zaks. – Moskva : Statistika, 1976. – 598 s.
5. Glanc, S. Mediko-biologicheskaya statistika : per. s angl. / S. Glanc. – Moskva : Praktika, 1999. – 459 s.
6. O vnesenii izmenenij v Metodicheskie rekomendacii po provedeniyu gosudarstvennoj inventarizacii lesov, utverzhdennye prikazom Rosleskhoza ot 10.11.2011 № 472. Prikaz Rosleskhoza ot 15.03.2018 № 173.
7. Ob utverzhdenii perechnya lesorastitel'nyh zon Rossijskoj Federacii i perechnya lesnyh rajonov Rossijskoj Federacii. Prikaz Minprirody Rossii ot 18.08.2014 № 367 (s izm. ot 23.12.2015 № 569, 21.03.2016 № 83, 19.02.2019 № 105, 07.06.2022 № 393).
8. Alekseev, A.S. Osnovnye principy organizacii i provedeniya Gosudarstvennoj inventarizacii lesov (GIL). – Tekst : elektronnyj / A.S. Alekseev // Voprosy lesnoj nauki. – 2019. – T. 2. – 19 s. DOI 10.31509/2658-607h-2019-2-1-1-18.
9. A constructive review of the State Forest Inventory in the Russian Federation – Tekst : elektronnyj / A. Alekseev, E. Tomppo, R.E. McRoberts, K. von Gadow // Forest Ecosystems. – 2019. – 6:9. – Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1186/s40663-019-0165-3>.
10. Reglament organizacii i provedeniya meropriyatij po gosudarstvennoj inventarizacii lesov central'nym apparatom Rosleskhoza, territorial'nymi organami Rosleskhoza i podvedomstvennymi organizacijami. Prilozhenie k Prikazu Rosleskhoza ot 06.05.2022 № 556.
11. Alekseev, A.S. Opyt statisticheskoy inventarizacii lesov v Rossii i sovremennaya gosudarstvennaya inventarizaciya lesov / A.S. Alekseev // Lesnoe hozjajstvo. – 2013. – № 2. – S. 41–43.
12. A century of National Forest Inventory in Norway – informing past, present, and future decisions. – Tekst : elektronnyj / J. Breidenbach, A. Granhus, G. Hysten, R. Eriksen and R. Astrup // Forest Ecosystems. – 2020. – 7:46. – Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1186/s40663-020-00261-0>.
13. Fridman, J. Sweden. – Ch. 42. National Forest Inventories. Assessment of Wood Availability and Use / J. Fridman, V. Westerlund ; ed. S. Vidal, I. Alberdi, I. Hernandez, J. Redmond, K. Schadauer. – Switzerland : Springer International Publishing, 2016. – R. 769–782.
14. Designing and Conducting a Forest Inventory – case: 9th National Forest Inventory of Finland / E. Tomppo, J. Heikkinen, H.M. Henttonen, A. Ihalainen, M. Katila, N. Mäkelä, T. Tuomainen, N. Vainikainen. – Dordrecht, Heidelberg, London, New York : Springer Science+Business Media B.V., 2011. – 270 r. DOI 10.1007/978-94-007-1652-0.
15. Korhonen, K.T. Finland. – Ch. 19. National Forest Inventories. Assessment of Wood Availability and Use / K.T. Korhonen ; ed. S. Vidal, I. Alberdi, I. Hernandez, J. Redmond, K. Schadauer. – Switzerland : Springer International Publishing, 2016. – R. 369–384.