

УДК 630.524.63(470.343)

**В. Л. Черных, В. П. Бессчетнов, Е. С. Вдовин****ДИНАМИКА ЛЕСНЫХ СТРАТ И ТОЧНОСТЬ ОЦЕНКИ ЗАПАСА  
НА ПРИМЕРЕ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЛЕСОВ УЧЕБНО-ОПЫТНОГО  
ЛЕСНИЧЕСТВА РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ**

*Приводится оценка динамики лесного фонда Учебно-опытного лесничества Республики Марий Эл с 1984 по 2003 год с применением ГИС-технологий. Дан подробный анализ динамики лесных страт. Произведен расчёт оптимального количества пробных площадей для проведения выборочной инвентаризации по материалам трёх последовательных лесоустройств.*

**Ключевые слова:** инвентаризация леса, вероятность, выборочные измерения, страта, пробная площадь, оценка запаса, изменчивость, точность.

**Введение.** Для получения точной и достоверной характеристики структуры лесных ресурсов на основе данных выборочной государственной инвентаризации леса требуется классифицировать объект лесоинвентаризации в соответствии с принятыми признаками классификации.

Страта – это специальным способом образованная территориальная общность таксационных выделов, определяемая либо техническими и технологическими особенностями лесоучётных работ, либо однородностью антропогенных и природных воздействий, либо однородностью реакции на эти воздействия [1].

Лесоустройство выделяет следующие признаки: преобладающая порода, класс (группа) возраста, класс бонитета насаждений или тип лесорастительных условий. Кроме того, могут выделяться части объекта по хозяйственным или другим признакам. В то же время дробность стратификации объекта, или степень детализации результатов инвентаризации, возможна лишь до определенного предела, после которого дальнейшее дробление объекта не имеет смысла. Такой предел, видимо, может определяться точностью результативных данных в стратах, характеризующих общие запасы насаждений [2, 3].

Стратификацию осуществляют перед проведением полевых исследований. Стратифицированную выборку, по мнению Ж. Авери [4], необходимо применять в случае, когда дисперсия запасов между стратами больше дисперсии внутри страты. Следовательно, стратифицированная выборка – это выборка, в которой генеральная совокупность разделена на частичные совокупности, которые сами по себе являются однородными, а между собой – разнородными. Выборка должна соответствовать генеральной совокупности по структуре.

Согласно п. 1.1. Рабочих правил проведения полевых работ по государственной инвентаризации лесов [5], для определения количественных и качественных характеристик лесов в пределах лесного района разрабатывается единая оптимальная схема стратификации. Стратификация проводится путем группирования лесных насаждений в относительно однородные группы (страты), в пределах которых изменчивость запасов древесины меньше, чем в общей совокупности. Для осуществления стратификации используются таксационные характеристики выделов, установленные при лесоустройстве. В качестве определяющих таксационных признаков для формирования страт могут использоваться:

- группа древесных пород (или преобладающая древесная порода);
- группа возраста;

- типы (или группы типов) лесорастительных условий;
- высотная поясность в горных условиях.

Стратификация приносит уточнение оценки наблюдаемых величин. Даже в случае, когда большая территория кажется однородной, целесообразно подразделить ее схематически на блоки и работать с ней, как со стратифицированной.

Проанализировав действующие Рабочие правила по ГИЛ, можно сделать вывод о том, что для российских лесов применяется достаточно простая схема стратификации, а именно, для формирования страт в пределах лесного района используются только два показателя: группа древесных пород и группа возраста.

**Цель работы** – выявить динамику формирования лесных страт на примере ретроспективной оценки лесов Учебно-опытного лесничества Республики Марий Эл для повышения точности таксации запаса лесных насаждений.

**Решаемые задачи:**

- создание геоинформационной системы (ГИС) на территорию объекта исследований;
- стратификация лесного фонда опытного объекта в базовом периоде;
- ретроспективный анализ динамики формирования.

**Методика исследований.** На территории Республики Марий Эл для проведения исследований нами было выбрано Учебно-опытное лесничество потому, что оно имеет сходную с лесами республики структуру лесного фонда, а также отражает весь спектр лесорастительных условий республики.

Для создания ГИС использовались картографические (планшеты в масштабе 1:10000 и планы лесонасаждений в масштабе 1:25000) и таксационные материалы трёх последовательных лесоустройств. Для всех трёх периодов созданы ГИС с поведельной информацией. Поведельная база данных создавалась в среде программного комплекса ForestDB [6].

В данную систему входит подсистема «Карточка таксации», которая является аналогом комплекса программ «АРМ-таксатора», от которого заимствована:

- 1) методология ввода и кодирования входных данных;
- 2) организация нормативно-справочной информации.

Отличительными особенностями подсистемы являются: организация графического интерфейса, использование распространенного формата баз данных (DBF) поддерживаемого большинством СУБД.

Данные, сформированные подсистемой, можно эффективно использовать для подготовки атрибутивной информации для описания лесного участка и экспорта данных в ГИС MapInfo и др.[6].

**Результаты исследований.** Согласно существующей методике [5], которую применяет ФГУП «Рослесинфорг», нами проведена стратификация территории лесного фонда Учебно-опытного лесничества (уменьшенная копия объекта ГИЛ). В результате анализа таксационной характеристики лесного фонда выявлено 13 страт:

- ✓ хвойные (молодняки, средневозрастные, приспевающие, спелые);
- ✓ твердолиственные (молодняки, средневозрастные, приспевающие, спелые);
- ✓ мягколиственные (молодняки, средневозрастные, приспевающие, спелые);
- ✓ не покрытые лесом земли.

Для анализа динамики площадей Учебно-опытного лесничества по основным категориям земель были использованы карты на поведельном уровне детализации. Получены тематические карты по категориям земель (табл. 1).

Площадь лесничества за изучаемый период времени уменьшилась на 871 га (табл. 2).

Динамика площадей лесных насаждений Учебно-опытного лесничества по хозяйствам представлена на рис. 1.

Т а б л и ц а 1

## Динамика площадей Учебно-опытного лесничества по основным категориям земель

Годы	Земли											
	лесные								нелесные		общая площадь	
	покрытые лесом						непокрытые лесом					
	хвойные		мягко- лиственные		твёрдо- лиственные							
	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
1983	11729,4	48,1	10383,4	42,6	124,1	0,5	594,9	2,4	1541,2	6,3	24373	100
1991	12142,4	50,4	9685,3	40,2	99,8	0,4	269,1	1,1	1885,4	7,8	24082	100
2003	11968,0	50,9	9792,0	41,7	101,2	0,4	240,0	1,0	1400,8	6,0	23502	100
2010*	11078,0	47,1	9619,0	40,9	101,0	0,4	556,0	2,4	2148,0	9,1	23502	100

\* данные взяты из Отчёта об обобщённых результатах государственной инвентаризации лесов ГУ «Учебно-опытное лесничество» Министерства лесного хозяйства Республики Марий Эл.

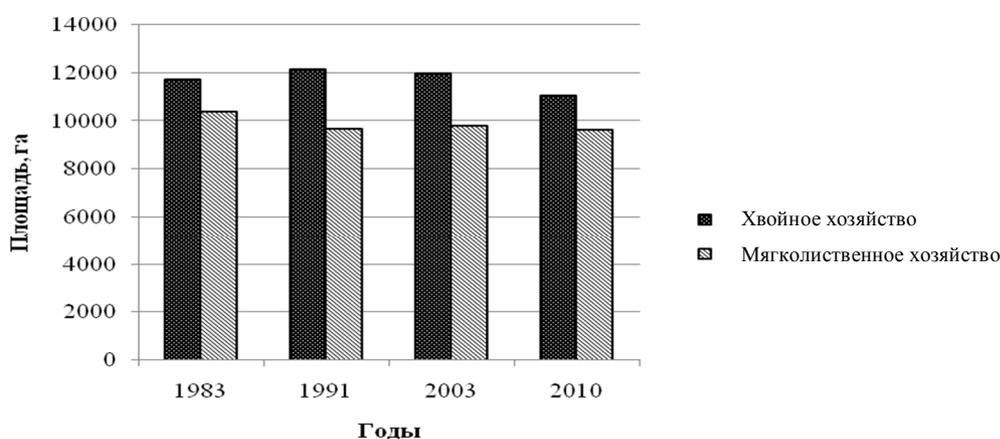


Рис. 1. Динамика площадей насаждений по годам учёта

Следует отметить, что твердолиственное хозяйство в анализ динамики не включено, так как это хозяйство занимает только 0,4 % от всей площади лесничества.

**Анализ динамики площади страт лесничества.** По планам лесонасаждений выполнен анализ динамики площадей и периметров страт по лесничеству. В среде ГИС были определены площади и периметры страт. Результаты приведены в табл. 2.

Из таблицы видно, что происходит увеличение площадей в приспевающих и спелых стратах за счет уменьшения площадей в стратах молодняков и средневозрастных насаждений. Это вызвано снижением интенсивности ведения лесного хозяйства в Учебно-опытном лесничестве, что приводит к накоплению запаса во всех категориях защитности.

Распределение площадей и запасов лесных насаждений Учебно-опытного лесничества по преобладающим породам в разрезе трёх последовательных лесоустройств представлено в табл. 3.

Приведённые материалы позволяют сделать вывод о том, что при незначительном изменении в площадях хозяйств происходит увеличение суммарного запаса по хозяйствам, что также обусловлено увеличением доли спелых и приспевающих насаждений.

Для каждого периода лесоустройства по формулам определения количества наблюдений при заданной точности [7], с учётом изменчивости запаса, рассчитано число пробных площадей по стратам [8].

Результаты расчета оптимального количества пробных площадей для 1983, 1991 и 2003 гг. приведены в табл. 4 (звездочками указано количество пробных площадей, скоррек-

Таблица 2

**Динамика площади и периметра страт  
Учебно-опытного лесничества**

Страты		Площади и периметры страт по годам таксации		
		1983	1991	2003
хм	га	2984,4	3131,4	2158,1
	км	472,6	289,7	400,1
хср	га	6194,2	5624,3	5630,4
	км	908,1	741,3	812,5
хп	га	1321,5	1840,8	2802,6
	км	225,7	294,2	524,8
хсп	га	1229,3	1545,9	1376,9
	км	231,3	289,7	321,1
мм	га	1270,5	1134,6	910,5
	км	212,3	222,1	258,6
мср	га	5972,4	4106,9	2476,3
	км	939,7	629,1	573,0
мп	га	1619,7	2642,8	3029,9
	км	340,0	429,8	669,1
мсп	га	1520,8	1801	3375,3
	км	342,0	323,4	524,5
нлз	га	594,9	269,1	240
	км	100,0	55,7	64,3
Итого	га	22707,7	22096,8	22000,0

тированных ввиду большего количества проб, полученного расчётным путём, по сравнению с общим количеством выделов в данной страте; в выборку включены все выдела страты).

Приведённые материалы позволяют сделать вывод о том, что при незначительном изменении в площадях хозяйств происходит увеличение суммарного запаса древесины по хозяйствам, что также обусловлено увеличением доли спелых и приспевающих насаждений.

Для каждого периода лесоустройства с учётом изменчивости и заданной точности оценки запаса по стратам определялось количество пробных площадей [7, 8], согласно формуле

$$N = \frac{S^2 \cdot t^2}{(\bar{X} \cdot g)^2},$$

где  $S^2$  – дисперсия запасов древесины;  $t^2$  – значение критерия Стьюдента (1,96 для вероятности 0,95);  $\bar{X}$  – среднее значение запаса древесины, м<sup>3</sup>/га;  $g$  – целевая точность (в долях ед.).

Таким образом, количество пробных площадей убывает с каждым десятилетием (рис. 2).

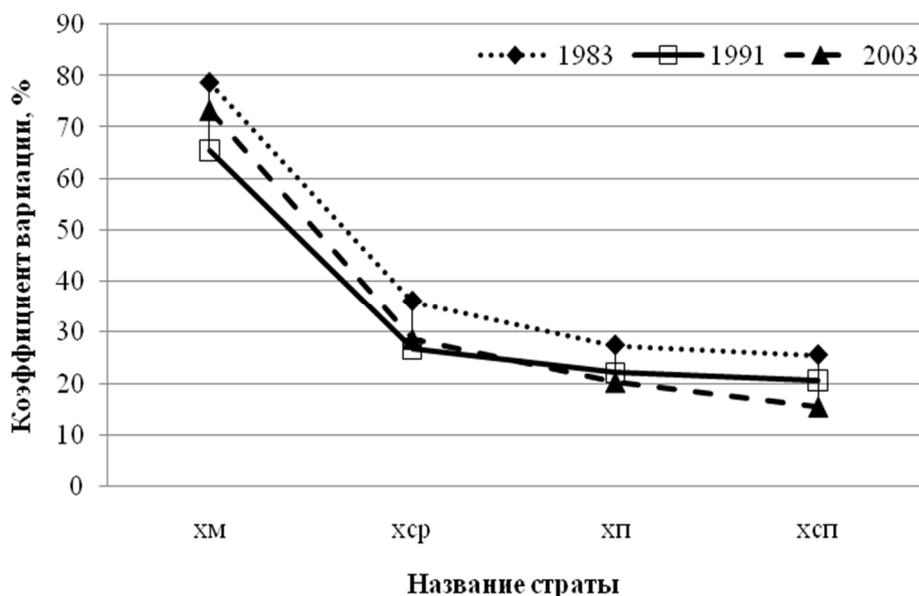


Рис. 2. Изменчивость запаса в стратах в хвойном хозяйстве по годам учёта

Таблица 3

## Динамика покрытых лесом земель Учебно-опытного лесничества по преобладающим породам

Преобладающая порода	Показатели	Годы лесоустройства		
		1983	1991	2003
Сосна	Общий запас, тыс. м <sup>3</sup>	1766,6	2366,5	2250,2
	Площадь, га	10887,3	11280,4	11059,2
	Запас на 1 га, м <sup>3</sup>	178,4	220,0	198,8
Ель	Общий запас, тыс. м <sup>3</sup>	155,3	152,1	210,2
	Площадь, га	729,6	783,3	851,7
	Запас на 1 га, м <sup>3</sup>	208,2	193,8	212,9
Остальные хвойные	Общий запас, тыс. м <sup>3</sup>	23,9	18,5	13,3
	Площадь, га	112,5	78,7	57,1
	Запас на 1 га, м <sup>3</sup>	239,2	137,2	236,4
Берёза	Общий запас, тыс. м <sup>3</sup>	1309,1	1412,7	1453,2
	Площадь, га	7459,6	7386,8	7541,7
	Запас на 1 га, м <sup>3</sup>	158,7	170,5	167,2
Липа	Общий запас, тыс. м <sup>3</sup>	347,5	406,0	394,2
	Площадь, га	1515,2	1340,9	1407,9
	Запас на 1 га, м <sup>3</sup>	181,0	240,2	223,8
Осина	Общий запас, тыс. м <sup>3</sup>	258,8	165,2	146,9
	Площадь, га	1101,7	705,8	584,6
	Запас на 1 га, м <sup>3</sup>	186,7	183,5	197,4
Остальные мягколиственные	Общий запас, тыс. м <sup>3</sup>	32,9	30,8	31,6
	Площадь, га	306,9	251,8	257,8
	Запас на 1 га, м <sup>3</sup>	109,9	126,5	112,9
Вяз	Общий запас, тыс. м <sup>3</sup>	0,0	0,0	0,2
	Площадь, га	0,4	0,0	1,6
	Запас на 1 га, м <sup>3</sup>	60,0	0,0	125,0
Дуб	Общий запас, тыс. м <sup>3</sup>	14,0	15,1	17,7
	Площадь, га	123,7	99,8	99,6
	Запас на 1 га, м <sup>3</sup>	110,1	154,2	158,2
Общий запас по хвойному хозяйству		1945,8	2537,1	2473,7
Общая площадь по хвойному хозяйству, га		11729,4	12142,4	11968,0
Общий запас по мягколиственному хозяйству, тыс. м <sup>3</sup>		1948,3	2014,8	2025,9
Общая площадь по мягколиственному хозяйству, га		10383,4	9685,3	9792,0
Общий запас по твердолиственному хозяйству, тыс. м <sup>3</sup>		14,0	15,1	17,9
Общая площадь по твердолиственному хозяйству, га		124,1	99,8	101,2

Таблица 4

## Оптимальное количество пробных площадей по стратам

Хозяйство	Группа возраста	Шифр страты	Количество ПП, шт по годам учёта			
			1983	1991	2003	
Хвойное	молодняки	хм	77	54	67	
	средневозрастные	хср	65	36	41	
	приспевающие	хп	38	24	20	
	спелые	хсп	130	85	47	
Мягколиственное	молодняки	мм	198	151	52	
	средневозрастные	мср	59	56	106	
	приспевающие	мп	38	35	32	
	спелые	msp	118	157	90	
Твердолиственное	молодняки	тм	18	16*	11*	
	средневозрастные	тср	35*	32*	28*	
	приспевающие	тп	-	-	10*	
	спелые	тсп	3*	-	-	
Не покрытые лесом земли		-	нлз	17	8	10
Итого			796	654	514	

\* В выборку включены все выделы страты.

**Выводы.** По результатам анализа картографических материалов и таксационных характеристик Учебно-опытного лесничества было выявлено:

- доли хвойных и лиственных пород в составе лесного фонда Учебно-опытного лесничества остаются приблизительно постоянными и колеблются около 50 и 41 % по площади соответственно;
- за 20 лет произошло увеличение доли нелесных земель (с 6,3 до 9,1 %), а доля не покрытых лесом земель осталась на прежнем уровне (2,4 %);
- среди хвойных пород продолжает доминировать сосна обыкновенная, а среди лиственных преобладают насаждения березы повислой;
- за 20-летний промежуток времени прослеживается процесс усиления фрагментации растительного покрова, его расчленение на всё большее количество выделов, например, в 1983 году – 7037 шт., в 2003 – 8311 шт.;
- динамика покрытых лесом площадей оказывает непосредственное влияние на общее количество пробных площадей для объекта инвентаризации. Наблюдается постепенное уменьшение количества пробных площадей, необходимых для проведения выборочной инвентаризации по периодам учёта. Это вызвано снижением дисперсии запасов внутри страт ввиду увеличения количества выделов, составляющих страту, а также снижения варьирования относительно среднего значения запаса на 1 га;
- для достижения заданной точности оценки запаса значительное количество пробных площадей закладывается в страте молодняков. Снижение доли молодняков в составе лесного фонда Учебно-опытного лесничества за рассматриваемый период, обусловленное спадом хозяйственной деятельности, также влияет на общее количество пробных площадей в объекте;
- в динамике количество пробных площадей в каждой страте изменяется, а следовательно, изменяется точность оценки запасов и всех остальных показателей, определяемых на пробной площади. Ввиду того, что пробные площади располагаются в пространстве нерегулярно, то чтобы поддерживать точность оценки запасов на заданном уровне и получать достоверную информацию, необходимо будет корректировать оптимальное количество пробных площадей для каждого цикла работ по Государственной инвентаризации лесов.

**Работа выполнена в рамках Государственного контракта №16.515.11.5053: «Проведение проблемно-ориентированных прикладных исследований в области технологий заготовки и воспроизводства лесных ресурсов» по теме: «Разработка инновационной системы эффективного устойчивого лесопользования и лесовосстановления на ландшафтно-типологической основе с использованием адаптивно-модульных образцов техники и инфотелекоммуникационных методов экомониторинга» (раздел 4.1.6), на оборудовании ЦКП «ЭБЭЭ».**

#### Список литературы

1. Филипчук, А.Н. Определение объема выборки для государственной инвентаризации лесов России / А.Н. Филипчук, Д.В. Хлюстов, Г.Н. Чадин // Лесной вестник. – 2009. – № 3 (66). – С. 64-66.
2. Федосимов, А. Н. Выборочная таксация леса / А. Н. Федосимов, В. Г. Анисочкин. – М.: Лесная промышленность, 1979. – 170 с.
3. Федосимов, А.Н. Инвентаризация леса выборочными методами / А.Н. Федосимов. – М.: Лесная промышленность, 1986. – 192 с.
4. Филипчук, А.Н. Обзор методов инвентаризации в зарубежных странах / А. Н. Филипчук, В. В. Страхов, В. К. Тепляков // Экспресс-информация. – М.: Вниислесресурс, 1994. – 25 с.
5. Государственная инвентаризация лесов Российской Федерации. Рабочие правила проведения полевых работ. – М.: Рослесинфорг, 2009. – 96 с.
6. Черных, В.Л. Автоматизированная подсистема документационного обеспечения проекта освоения лесов (АПДОПОЛ) / В.Л. Черных, Д.М. Ворожцов, А.А. Домрачев, Д.В. Черных, М.А. Ануфриев // Материалы I Международной конференции «Проблемы лесостроительства и государственной инвентаризации лесов в России». – М.: ФГУП Рослесинфорг, 2009. – С. 241-244.

7. Черных, В.Л. Совершенствование методики выборочной таксации запаса древостоев на примере Учебно-опытного лесничества Республики Марий Эл/ В.Л. Черных, Е.С. Вдовин, Д.М. Ворожцов // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2011.– № 1. – С.3-10.

8. Глушенков, И.С. Оптимизация выборок при проведении государственной инвентаризации лесов / И.С. Глушенков, О.И. Глушенков // Лесное хозяйство. – 2009. – № 2. – С. 46-47.

Статья поступила в редакцию 20.06.11.

*V. L. Chernykh, V. P. Besschetnov, E. S. Vdovin.*

**FOREST STRATUM DYNAMICS AND WOOD STOCK ESTIMATION ACCURACY  
ON THE EXAMPLE OF FOREST INVENTORY OF MARI EL REPUBLIC  
SCIENTIFIC-EXPERIMENTAL FORESTRY**

*Estimation of wood fund dynamics of scientific-experimental forestry from 1984 to 2003 with application of GIS-technologies is presented. A detailed analysis of forest stratum dynamics is given. Calculation of optimum quantity of the sampled plots for carrying out of sampled inventory on the basis of data of three consecutive periods of forest management is performed.*

**Key words:** forest inventory, probability, selective measurement, stratum, sampled plots, reserves estimation, variability, accuracy.

---

*ЧЕРНЫХ Валерий Леонидович* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесной таксации и лесоустройства МарГТУ. Область научных интересов – проблемы лесной таксации, математического моделирования, информационных и ГИС-технологий в лесном хозяйстве. Автор (соавтор) 18 монографий, лесотаксационных справочников, учебных пособий, более 250 методических разработок и статей, пяти авторских свидетельств на программное обеспечение.

E-mail: sitlx@mail.ru

*БЕССЧЕТНОВ Владимир Петрович* – доктор биологических наук, профессор, декан факультета лесного хозяйства, заведующий кафедрой лесных культур Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. Область научных интересов – лесные культуры, селекция и интродукция древесных и кустарниковых видов, проблемы эффективности лесной селекции и совершенствования селекционного потенциала природных популяций и плюсовых деревьев основных лесобразующих пород. Автор 116 публикаций.

E-mail: lesfak@bk.ru

*ВДОВИН Евгений Сергеевич* – аспирант кафедры лесной таксации и лесоустройства МарГТУ. Область научных интересов – обработка изображений, математическое моделирование и информационные технологии в лесном хозяйстве. Автор 15 публикаций.

E-mail: vdovin\_evgenii@inbox.ru