

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630.524.63(470.343)

В. Л. Черных, Е. С. Вдовин, Д. М. Ворожцов

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ВЫБОРОЧНОЙ ТАКСАЦИИ ЗАПАСА ДРЕВОСТОЕВ НА ПРИМЕРЕ УЧЕБНО-ОПЫТНОГО ЛЕСНИЧЕСТВА РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

Описана методика подготовительных работ для проведения государственной инвентаризации лесов. Приведены результаты выборочной инвентаризации лесного фонда Учебно-опытного лесничества. Выполнено сравнение выборочной таксации запаса лесных насаждений с классическим методом таксации. Предложен алгоритм определения мест закладки пробных площадей.

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

Введение. Лес, лесные массивы представляют собой большие совокупности древостоев и деревьев в них, определение параметров которых на основе сплошных измерений практически недостижимо, т.е. в практике инвентаризации приходится иметь дело с очень большими совокупностями, все единицы которых изучить и охарактеризовать на основе сплошных измерений невозможно. В этом случае отбирают для измерений ограниченное число единиц (участков, пробных площадей, деревьев), с заданной точностью характеризующих изучаемую совокупность.

Результатом выборочного метода является получение средних таксационных показателей и запасов больших лесных массивов по измерениям на круговых пробных площадях (реласкопических или постоянного радиуса), закладываемых на территории объекта, на основе требований математической статистики, или же на ленточных пробных площадях по ходовым линиям через определенные интервалы.

Теоретической базой выборочных измерений являются законы теории вероятностей и математической статистики. В соответствии с этим при выборочном изучении лесных массивов путем закладки пробных площадей по определенной системе достигается получение всех необходимых характеристик лесного фонда с определением статистических показателей их оценок.

Сложившаяся в России структура лесоучетных работ формировалась в течение длительного периода времени, трансформируясь и совершенствуясь в зависимости от политических и экономических условий, а также научного и практического опыта в об-

ласти лесного хозяйства. В развитие лесочетных работ большой вклад внесли многие выдающиеся ученые и известные практики лесного хозяйства: Г.Л. Гартиг, Ф.К. Арнольд, А.Р. Варгас де Бадемар, А.Ф. Рудзский, М.М. Орлов, Н.В. Третьяков, П.В. Горский, В.К. Захаров, А.В. Тюрин, Н.П. Анучин, А.А. Байтин и др. [1–3].

Статистические методы инвентаризации или обследования лесов на региональном и локальном уровнях проводились в России для рекогносцировочного выявления лесных ресурсов, оценки качественной структуры молодняков, инвентаризации лесов. Так, например, в 1925 году выборочно-статистическая инвентаризация лесов была осуществлена в Ленинградской области на площади 241 тыс. га.

В 70-х гг. прошлого столетия ВНИИЛМ [1, 2, 4] совместно с Всесоюзным объединением «Леспроект» разработали методику и провели статистическую инвентаризацию лесов Ивановской области. В конце 70-х гг. «Леспроект» был разработан и в последующем применен на площади около 400 млн. га фотостатистический метод инвентаризации резервных лесов северо-восточной части страны, базирующийся на дешифрировании аэро- и космических снимков. Для пустынных районов Средней Азии и Казахстана в 80-х гг. был разработан аналогичный метод и успешно применен на практике.

Однако статистические способы инвентаризации лесов в нашей стране не получили дальнейшего развития и распространения, поскольку на территории всей страны периодически проводились лесоустройство или повыдельная инвентаризация лесов в пределах лесхозов, которые обеспечивали получение территориально привязанной (в атрибутивной и картографической формах) информации о лесах, это обеспечивало не только составление материалов по учету лесного фонда, но и текущее оперативное лесоуправление как на локальном, так и региональном уровнях.

Следует особо отметить, что получаемые при статистической инвентаризации лесов данные могут быть использованы для общей оценки лесных ресурсов, но они не могут заменить материалы лесоустройства при разработке лесных планов, лесохозяйственных регламентов, проектов освоения лесов. Возможно их использование при корректировке государственных лесных реестров на уровне субъектов федерации и по лесным районам.

Реформирование существовавшей структуры лесочетных работ произошло с изменением Российского лесного законодательства в 2006 году. Впервые появилась формулировка «государственная инвентаризация лесов» (ГИЛ). Основной целью государственной инвентаризации в России является оценка состояния лесов, определения их количественных и качественных характеристик на основе выборочной таксации постоянных пробных площадей, а также и оценка эффективности мероприятий по охране, защите, воспроизводству лесов. Планируется получить достоверный и единовременный срез информации о состоянии лесов страны и произошедших в них изменениях. Предполагается, что внедрение ГИЛ позволит более эффективно управлять лесами на федеральном и региональном уровнях.

Отметим, что практические работы по проведению ГИЛ в России начались в 2008 году и не все методические вопросы окончательно решены.

Цель работы – совершенствование методики подготовительных работ и оценка точности результатов выборочной таксации при проведении государственной инвентаризации лесов.

Для реализации поставленных целей определены следующие **задачи**:

- стратификация лесного фонда объекта ГИЛ;
- оптимизация количества пробных площадей (ПП) для проведения ГИЛ;

- оценка точности определения запасов лесных насаждений при проведении ГИЛ.

Методика исследований. Опираясь на теорию вероятности и математическую статистику, лесной массив объекта ГИЛ может рассматриваться как генеральная совокупность, а следовательно, его параметры возможно оценить выборочными методами. При организации выборочной таксации необходимо учесть:

- 1) репрезентативность выборки, которая обеспечивается статистическим размещением пробных площадей по принятой регулярной сети;
- 2) минимальный объем выборки для достижения требуемой точности;
- 3) система ГИЛ должна быть независимой от других методов учета лесов [4].

Стратифицированная выборка – выборка, в которой генеральная совокупность разделена на частичные совокупности, которые сами по себе должны быть однородными, а между собой – разнородными. Выборка должна соответствовать генеральной совокупности по структуре.

Выбор схемы отбора проб. Для апробации существующей методики [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.

Расчет объёма выборки. Количество пробных площадей для каждой страты определяется по формуле

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

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

При принятии базовой точности ($g=10\%$) определения запаса по стратам общее количество пробных площадей составило бы 890 шт. Отметим, что доля пробных площадей, которая приходится на молодняки, составляет 63 %. Это связано с большой изменчивостью (табл. 1) запаса древостоев в этой страте.

При определении нормы пользования древесиной требования к точности оценки запаса в молодняках менее существенны, чем в спелых древостоях. Следовательно, в молодняках может быть установлена точность определения запаса $\pm 20\%$ за счет повышения точности определения в страте спелых древостоев до $\pm 5\%$ [6]. Исходя из этого, произведен расчет количества ПП по стратам для опытного объекта ГИЛ (табл. 1).

В соответствии с рабочими правилами ГИЛ [5] количество пробных площадей по лесничествам, входящим в состав исследуемого объекта, рассчитывается по общему количеству пробных площадей в данной страте, умноженному на удельный вес площади данной страты в этом лесничестве от общей площади страты в объекте ГИЛ.

Следует отметить, что алгоритм определения мест закладки ПП в существующей методике ГИЛ разработчиками Рослесинфорг закрыт [5] и реализован в программном комплексе Field-Map.

Места закладки ПП для проведения выборочной инвентаризации в объекте работы ГИЛ можно определять двумя способами.

Т а б л и ц а 1

Оптимальное количество пробных площадей по стратам

Хозяйство	Группа возраста	Шифр страты	Площадь, га	Средний запас, м ³	Стандартное отклонение, м ³	Коэффициент вариации, %	Количество пробных площадей, шт.
хвойное	молодняки	хм	2158,1	78	57,2	73	67
	средневозрастные	хср	5630,4	227	64,9	29	41
	приспевающие	хп	2802,6	236	47,6	20	20
	спелые	хсп	1376,9	265	40,7	15	47
мягколиственное	молодняки	мм	910,5	37	23,8	64	52
	средневозрастные	мср	2476,3	169	78,0	46	106
	приспевающие	мп	3029,9	223	56,5	25	32
	спелые	мсп	3375,3	266	56,4	21	90
твёрдолистное	молодняки	твм	7,8	68	28,8	42	11*
	средневозрастные	тср	61,4	185	52,5	28	28*
	приспевающие	тп	30,1	189	51,9	27	10*
	спелые	тсп	1,9	78	57,2	0	0
не покр. лесом земли	-	нлз	95,1	-	-	-	4
		Итого	21956,3	-	-	-	559

Примечание: * – количество пробных площадей скорректировано ввиду большего количества проб, полученного расчётным путём, по сравнению с общим количеством выделов в данной страте. В выборку включены все таксационные выделы страты.

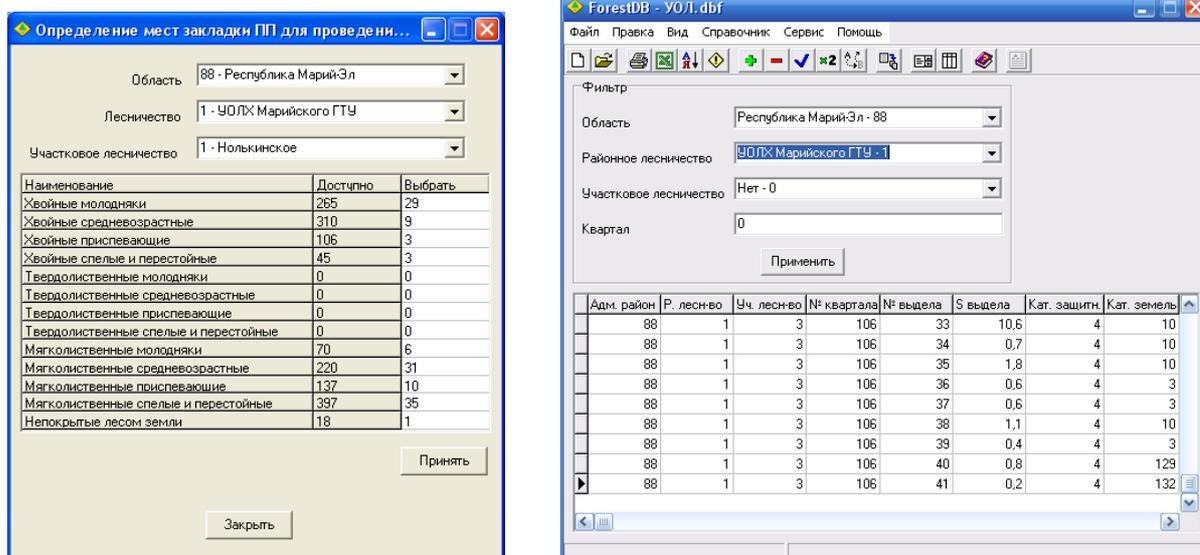


Рис.1. Интерфейс программного комплекса ForestDB

1. В среде ГИС (например, MapInfo) на план лесонасаждений объекта инвентаризации наносится сетка с размером ячейки 300×300 м (рекомендации методики ГИЛ Рослесинфорг). Далее на территории лесного фонда выбираются все точки, которые попа-

дают в каждую конкретную страту. Эта процедура выполняется с помощью SQL-запроса в среде ГИС. Полученная база данных точек регулярной сетки экспортируется в формате DBF в MS Excel, где производится случайный отбор мест закладки пробных площадей с использованием функции случайных чисел.

2. При наличии поведельной базы данных [7, 8] с помощью модуля «Определение мест закладки пробных площадей» программного комплекса «ForestDB» пользователь задаёт требуемое количество пробных площадей в страте. В результате расчётов с использованием функции случайных чисел определяются места закладки пробных площадей и формируются файлы по стратам с указанием списка номеров кварталов и выделов (рис. 1).

Конкретное размещение пробной площади в объекте работы ГИЛ определяется в среде ГИС с использованием регулярной сетки по следующему алгоритму (рис. 2).

Предлагаемые способы определения мест закладки пробных площадей при ГИЛ дают равнозначные результаты, но по практическому применению первый способ занимает больше времени.

Для пояснения хода работы рассмотрим первый способ определения мест закладки пробных площадей.

С помощью полевой карты, предварительно загруженной в GPS-приёмник, с нанесёнными на неё пробными площадями, находили требуемый выдел и проводили в нём измерительную таксацию согласно требованиям рабочих правил ГИЛ [5] и лесоустойчивой инструкции [9].

Для формирования базы данных лесотаксационной характеристики пробных площадей и материалов лесоустройства по стратам нами использован модуль «Карточка таксации» программного комплекса «ForestDB» [7]. С помощью этого модуля выполнялись и расчеты средних таксационных показателей по стратам и методам таксации.

Определение ошибки оценки запаса древостоя. Использование безвозвратной выборки при ГИЛ обосновано тем, что на практике встречаются варианты, когда необходимое число пробных площадей равно или не намного больше количества объектов в страте. В этом случае ошибка выборочной средней запаса в страте рассчитывается по формуле [10]

$$\mu = \sqrt{\frac{s^2}{n} \left(1 - \frac{n}{N}\right)},$$

где s^2 – дисперсия выборочной совокупности при определении запаса;

n – численность выборки, шт.;

N – численность генеральной совокупности, шт.

В табл. 2 приведен расчет выборочных характеристик запаса древостоев по стратам.

В молодняках изменчивость запаса оказалась очень большой, а точность оценки средних значений по стратам и методам таксации не выходит за пределы 10 %.

На рис. 3 представлены диаграммы для сравнения значений среднего запаса древостоев, вычисленных по данным лесоустройства и данным выборочной таксации для каждой страты в отдельности. Оказалось, что наименьшие отклонения имеются в страте спелых насаждений до ± 4 % и в страте приспевающих насаждений до ± 7 %. Следует отметить, что материалы лесоустройства занижают средние запасы на 1 га во всех стратах от 0,4 % в спелых и перестойных насаждениях до 21,6 % в молодняках в сравнении с данными, полученными выборочным методом. Исключением являются спелые хвойные насаждения, где различие среднего запаса составило +4,2 %.

Т а б л и ц а 2

Статистические показатели запаса по стратам, полученные различными методами таксации

Страта (шифр)	Статистические показатели оценки запаса			
	\bar{X} , м ³ /га	m_x , м ³ /га	V , %	P , %
Выборочная таксация				
хм	90	7,0	77	9,4
хсп	257	10,1	20	3,2
хп	238	10,6	18	4
хсп	254	5,9	27	4
мм	45	3,3	60	8,3
мсп	184	7,6	40	3,9
мп	239	10,0	21	3,6
мсп	267	6,0	19	2
Глазомерно-измерительная таксация (материалы лесоустройства)				
хм	78	6,7	73	9,0
хсп	227	10,0	29	4,5
хп	236	10,5	20	4,5
хсп	265	5,6	15	2,2
мм	37	3,1	64	8,9
мсп	169	7,2	46	4,5
мп	223	9,8	25	4,5
мсп	266	5,6	21	2,2

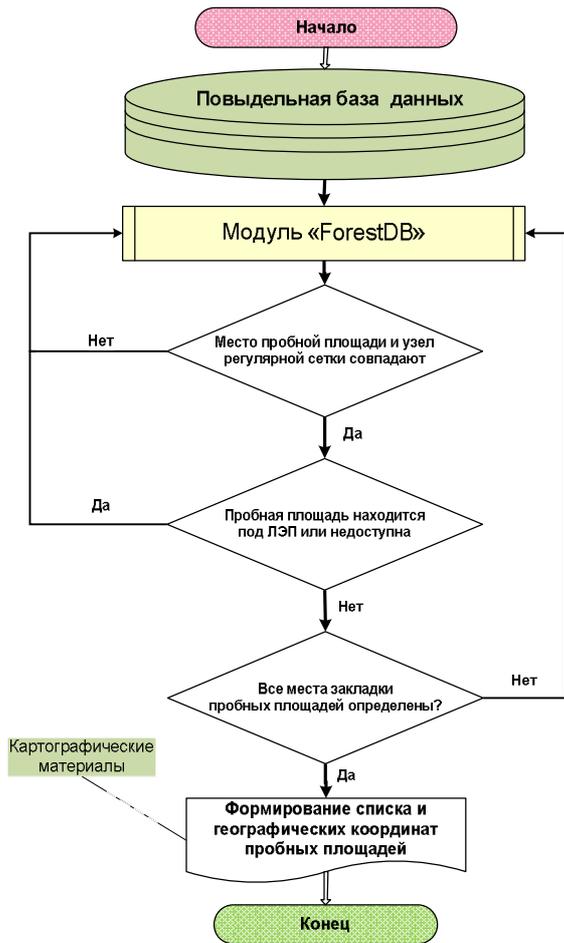


Рис.2. Алгоритм определения мест закладки пробных площадей

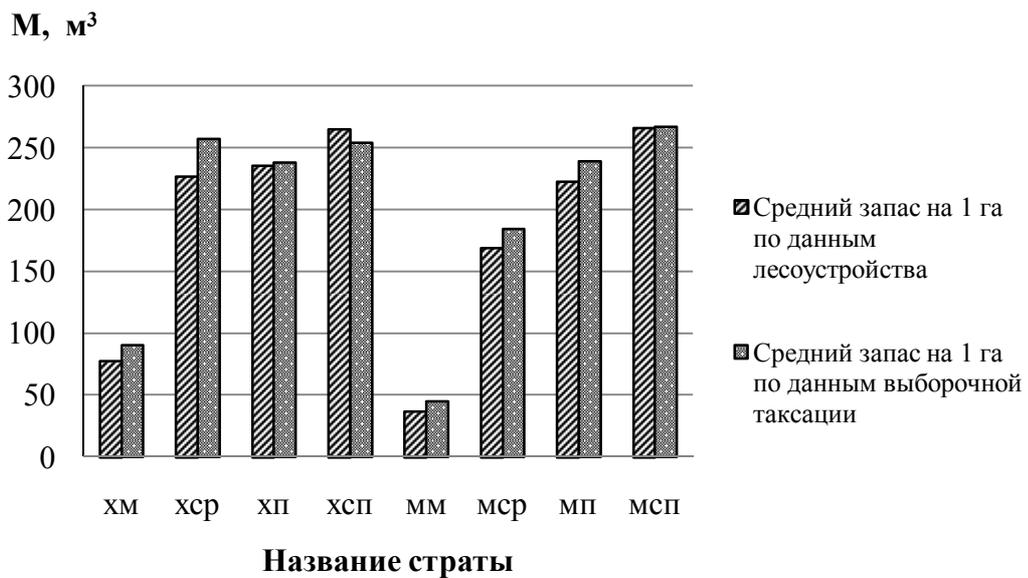


Рис. 3. Сравнение значений запасов, вычисленных по данным лесоустройства и данным выборочной таксации

В табл. 3 приведены средние таксационные показатели по преобладающим породам в спелых насаждениях.

Т а б л и ц а 3

Средние таксационные показатели по преобладающим породам в спелых насаждениях

Средние таксационные показатели	Береза			Осина			Сосна			Ель		
	<i>H, м</i>	<i>D, см</i>	<i>KT, ед</i>	<i>H, м</i>	<i>D, см</i>	<i>KT, ед</i>	<i>H, м</i>	<i>D, см</i>	<i>KT, ед</i>	<i>H, м</i>	<i>D, см</i>	<i>KT, ед</i>
Среднее	<u>26,7</u> 26,7	<u>25,4</u> 27,0	<u>2,0</u> 2,2	<u>25,3</u> 25,4	<u>27,3</u> 26,7	<u>2,9</u> 2,7	<u>28,0</u> 28,2	<u>33,9</u> 35,3	<u>1,0</u> 1,0	<u>26,9</u> 28,0	<u>32,0</u> 30,0	<u>1,2</u> 2,0
Стандартная ошибка	<u>0,1</u> 0,2	<u>0,1</u> 0,3	<u>0,0</u> 0,0	<u>0,1</u> 0,2	<u>0,4</u> 0,8	<u>0,0</u> 0,1	<u>0,1</u> 0,7	<u>0,3</u> 1,3	<u>0,0</u> 0,0	<u>0,2</u> 0,0	<u>0,5</u> 0,0	<u>0,1</u> 0,0
Медиана	<u>26,0</u> 26,0	<u>26,0</u> 26,0	<u>2,0</u> 2,0	<u>25,0</u> 25,0	<u>26,0</u> 26,0	<u>3,0</u> 3,0	<u>28,0</u> 28,0	<u>32,0</u> 32,0	<u>1,0</u> 1,0	<u>27,0</u> 28,0	<u>32,0</u> 30,0	<u>1,0</u> 2,0
Мода	<u>26,0</u> 25,0	<u>26,0</u> 26,0	<u>2,0</u> 2,0	<u>25,0</u> 25,0	<u>28,0</u> 26,0	<u>3,0</u> 3,0	<u>28,0</u> 27,0	<u>32,0</u> 32,0	<u>1,0</u> 1,0	<u>27,0</u> -	<u>32,0</u> -	<u>1,0</u> -
Стандартное отклонение	<u>2,6</u> 2,2	<u>3,7</u> 3,1	<u>0,2</u> 0,4	<u>1,5</u> 0,9	<u>5,8</u> 3,2	<u>0,5</u> 0,6	<u>2,5</u> 5,0	<u>5,7</u> 9,1	<u>0,2</u> 0,3	<u>1,4</u> -	<u>3,4</u> -	<u>0,4</u> -
Дисперсия выборки	<u>6,6</u> 4,7	<u>13,4</u> 9,7	<u>0,0</u> 0,1	<u>2,4</u> 0,9	<u>33,8</u> 10,0	<u>0,3</u> 0,3	<u>6,1</u> 25,2	<u>32,0</u> 83,7	<u>0,0</u> 0,1	<u>2,0</u> -	<u>11,5</u> -	<u>0,2</u> -
Точность, %	<u>0,4</u> 0,9	<u>0,5</u> 1,2	<u>0,4</u> 1,9	<u>0,4</u> 0,9	<u>1,5</u> 2,9	<u>1,2</u> 5,4	<u>0,4</u> 2,6	<u>0,8</u> 3,8	<u>1,0</u> 4,4	<u>0,8</u> -	<u>1,5</u> -	<u>4,9</u> -
Изменчивость, %	<u>9,7</u> 8,2	<u>14,6</u> 11,5	<u>10,0</u> 18,2	<u>5,9</u> 3,5	<u>21,2</u> 12,0	<u>17,2</u> 22,2	<u>8,9</u> 17,7	<u>16,8</u> 25,8	<u>20,0</u> 30,0	<u>5,2</u> -	<u>10,6</u> -	<u>33,3</u> -
Количество наблюдений, ед.	<u>750</u> 90	<u>750</u> 90	<u>750</u> 90	<u>192</u> 17	<u>192</u> 17	<u>192</u> 17	<u>424</u> 47	<u>424</u> 47	<u>424</u> 47	<u>47</u> 1	<u>47</u> 1	<u>47</u> 1
Уровень надежности (95,0 %)	<u>0,2</u> 0,5	<u>0,3</u> 0,7	<u>0,0</u> 0,1	<u>0,2</u> 0,5	<u>0,8</u> 1,6	<u>0,1</u> 0,3	<u>0,2</u> 1,5	<u>0,5</u> 2,7	<u>0,0</u> 0,1	<u>0,4</u> -	<u>1,0</u> -	<u>0,1</u> -

Примечание: в числителе приведены показатели по материалам лесоустройства, в знаменателе – по материалам выборочной таксации

Точность оценки таксационных показателей (*D*, *H* и *KT* – класса товарности) по материалам выборочной и производственной таксации не выходят за пределы 5 %.

Выводы. Внедрение государственной инвентаризации лесов на основе выборочного метода таксации пробных площадей дает возможность получить информацию о лесах с известной точностью.

Показатель точности оценки запаса лесных насаждений выборочным методом колеблется от $\pm 2,1$ % в спелых насаждениях до $\pm 9,4$ % в молодняках.

Относительные отклонения среднего запаса на 1 га по данным выборочной таксации от аналогичного показателя по материалам лесоустройства находятся в пределах от +15 до -4 % в спелых древостоях, а в приспевающих и средневозрастных стратах не выходят за пределы +15 %, в мягколиственных молодняках достигают значения +21,6 %. Таким образом, данные выборочной таксации не превышают допустимой ошибки при глазомерно-измерительном способе таксации лесов, за исключением мягколиственных молодняков. Большая ошибка в этой страте вызвана высоким варьированием запаса древостоя элемента леса.

Разработан и апробирован алгоритм определения мест закладки пробных площадей в среде ГИС MapInfo и программного комплекса «ForestDB».

Список литературы

1. Федосимов, А.Н. Инвентаризация леса выборочными методами / А.Н. Федосимов – М.: Лесная промышленность, 1986. – 192 с.
2. Федосимов, А.Н. Выборочная таксация леса / А.Н. Федосимов, В.Г. Анисочкин. – М.: Лесная промышленность, 1979. – 170 с.
3. Филиппчук, А.Н. Определения объема выборки для государственной инвентаризации лесов России / А.Н. Филиппчук, Д.В. Хлюстов, Г.Н. Чадин // Лесной вестник. – М.: 2009. – N 3 (66). – С 64–66.
4. Сухих, В.И. Проблемы лесоуправления и лесоустройства в современной России / В.И. Сухих, Р.Ф. Трейфельд // Лесное хозяйство. – 2009. – №5. – С. 31–34.
5. Государственная инвентаризация лесов Российской Федерации. Временные рабочие правила проведения полевых работ. – М.: Рослесинфорг, 2008. – 68 с.
6. Глушенков, И.С. Оптимизация выборки при проведении государственной инвентаризации лесов / И.С. Глушенков, О.И. Глушенков // Лесное хозяйство. – 2009. – №2. – С. 46–47.
7. Черных, В.Л. Система формирования базы данных таксационной характеристики лесного участка – System of forming data base for forest inventory (ForestDB) / Черных В.Л., Ануфриев М.А., Ворожцов Д.М., Бажин О.Н. и др. // Современное состояние и перспективы применения ГИС-технологий и аэрокосмических методов в лесном хозяйстве и садово-парковом строительстве. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2008. – С. 117–120.
8. Черных, В.Л. Геоинформационные системы в лесном хозяйстве: Учебное пособие для вузов / В.Л. Черных. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – 200 с.
9. Лесоустроительная инструкция. Приказ МПР России № 31 от 06.02.2008 г.
10. Лакин, Г.Ф. Биометрия: Учебное пособие для вузов / Г.Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.

Статья поступила в редакцию 17.01.11.

V. L. Chernykh, E. S. Vdovin, D. M. Vorozhtsov

PERFECTION METHODS OF FOREST STANDS STOCKS SELECTIVE TAXATION ON THE EXAMPLE OF MARI EL REPUBLIC SCIENTIFIC-EXPERIMENTAL FORESTRY

A preparatory work method for National Forest Inventory is offered. The sampling inventory results of the forest resources of a Scientific-experimental forestry are presented. Comparison of a selective taxation of the forest stands stock with the classical method of taxation is carried out. An indicator plots laying allocation algorithm is offered.

Key words: forest inventory, probability, sampling measurement of the stratum, indicator plot, reserves estimation, variability, accuracy.

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

E-mail: sitlx@mail.ru

ВОРОЖЦОВ Дмитрий Михайлович – кандидат технических наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства МарГТУ. Область научных интересов – статистическая обработка изображений, математическое моделирование и информационные технологии в лесном хозяйстве. Автор двух авторских свидетельств на программное обеспечение, 13 методических разработок и статей.

E-mail: VorozhtsovDM@marstu.net

ВДОВИН Евгений Сергеевич – аспирант кафедры лесной таксации и лесоустройства МарГТУ. Область научных интересов – обработка изображений, математическое моделирование и информационные технологии в лесном хозяйстве. Автор 12 публикаций.

E-mail: VdovinES@marstu.net