

## FEATURES OF FOREST TAXATION STRUCTURE AT THE SPE «PRIPYAT-STOKHOD» WITHIN FUNCTIONAL ZONES

*Lakyda P., Melnyk A.*

*Present article summarizes the results of analysis made on the forest taxation structure within the functional zones in «Prypiat-Stokhid» National Nature Park, as a basis for assessing their bio-productivity. The specificity of the stands propagation, composed with the most common tree species, in the park within the Forest Fund were determined. For each functional zone it was represented the forest stand's distribution in terms of the area, stock, age classes, density and productivity.*

Статья поступила в редколлегию 11.03.2015 г.



УДК 630\*52

### ТОВАРИЗАЦИЯ РАСЧЕТНОЙ ЛЕСОСЕКИ ПО СОРТИМЕНТНЫМ ТАБЛИЦАМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЯДОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕРЕВЬЕВ ПО ЕСТЕСТВЕННЫМ СТУПЕНЯМ ТОЛЩИНЫ

**Машковский В.П.**

*Белорусский государственный технологический университет  
(г. Минск, Беларусь)*

*В статье описывается методика получения товарной структуры древостоев по сортиментным таблицам с использованием рядов распределения деловых и дровяных стволов по естественным ступеням толщины. Такая методика обеспечивает более высокую точность, чем использование товарных таблиц. Полученные с ее помощью результаты имеют меньшую систематическую ошибку. Высокая трудоемкость выполнения вычислений при данном способе товаризации при современном развитии вычислительной техники не является существенным недостатком. Предлагаемая методика может быть рекомендована для получения данных о товарной структуре расчетной лесосеки при лесоустроительном проектировании.*

#### ВВЕДЕНИЕ

В ходе лесоустроительного проектирования главного пользования лесом наряду с расчетом размера лесопользования определяется товарная структура древесины, которая будет заготовлена в результате проведения рубок главного пользования лесом. Для этого используют товарные таблицы, с помощью которых на основании средних высот и диаметров древостоев, а также классов товарности и древесной породы, получают выход в процентах дровяной и деловой древесины по категориям крупности, который затем переводят в абсолютные величины, используя общий запас древостоя. Однако эту же ин-

формацию можно получить и другим путем. Ранее было показано, что при использовании рядов распределения диаметров по естественным ступеням толщины можно сформировать перечень деревьев и с его помощью с достаточной точностью определить запас древостоя [1]. Аналогичным образом можно поступить и при выполнении товаризации лесосечного фонда – получить на основании рядов распределения диаметров по естественным ступеням толщины перечень и затем обработать его с помощью сортиментных таблиц. Однако для того чтобы можно было использовать сортиментные таблицы, недостаточно иметь обычные ряды распределения по естественным ступеням толщины, так как для определения выхода древесины различных категорий необходимо знать число деловых и дровяных деревьев по каждой ступени толщины. Таким образом, для реализации предлагаемой методики получения товарной структуры древостоев необходимо иметь отдельно распределение по естественным ступеням толщины деловых и дровяных стволов. В данной работе рассматривается методика товаризации лесосечного фонда по сортиментным таблицам с использованием рядов распределения деловых и дровяных деревьев по естественным ступеням толщины, приводятся необходимые для ее реализации нормативные материалы по сосне и анализируется точность, которую данная методика может обеспечить.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Предлагаемый способ получения данных о товарной структуре лесосечного фонда апробирован на примере сосны. Ряды распределения диаметров по естественным ступеням толщины для деловых и дровяных стволов были получены на основании данных таксации древостоев на пробных площадях. Расчеты выполнялись для сосны из приспевающих, спелых и перестойных древостоев. Причем использовались пробные площади, которые были заложены как в сосновых древостоях, так и в древостоях с преобладанием других древесных пород, но имеющих в своем составе сосну. Распределение исследуемых элементов леса (сосна) по классам возраста приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение элементов леса (сосна) по классам возраста

Класс возраста	Число элементов леса, шт.
2-й	1
3-й	7
4-й	254
5-й	241
6-й	28
7-й и >	7
Итого	538

Перечеты деревьев анализируемых элементов леса обрабатывались следующим образом. Сначала вычислялись накопленные частоты, начиная от самых крупных ступеней толщины. Затем строилась математическая модель

связи диаметров и накопленных частот с помощью методики интерполирования неубывающих последовательностей полиномами третьей степени. Данная методика уже применялась при актуализации лесного фонда по таблицам классов возраста и была описана ранее [2]. Далее с помощью полученной модели вычислялись индивидуальные диаметры для каждого дерева в древостое. Полученные диаметры группировались по естественным ступеням толщины. Границы естественных ступеней толщины вычислялись путем умножения среднего диаметра древостоя (среднеквадратического) на соответствующие коэффициенты. При формировании центральной ступени для нижней границы использовался коэффициент 0,95, а для верхней – 1,05. Коэффициенты для предшествующей или следующей ступени толщины вычислялись путем прибавления или вычитания 0,1. После определения границ интервалов, вычисленные диаметры всех деревьев в древостое распределялись по естественным ступеням толщины. Затем полученные частоты выражались в процентах. Далее для каждой естественной ступени толщины вычислялись средние арифметические значения частот.

Описанная выше методика использовалась для получения рядов распределения диаметров по естественным ступеням толщины как для деловых, так и для дровяных стволов. При получении рядов распределения диаметров по естественным ступеням толщины для деловых и дровяных стволов границы естественных ступеней толщины вычислялись с использованием среднего диаметра элемента леса в целом. Полученные таким образом ряды распределения приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Ряды распределения диаметров деловых и дровяных стволов по естественным ступеням толщины (сосна)

Границы естественных ступеней толщины	Частоты, %	
	деловые стволы	дровяные стволы
$0,25D_{\text{ср}}-0,35D_{\text{ср}}$	0,1	2,7
$0,35D_{\text{ср}}-0,45D_{\text{ср}}$	0,7	7,5
$0,45D_{\text{ср}}-0,55D_{\text{ср}}$	2,5	18,4
$0,55D_{\text{ср}}-0,65D_{\text{ср}}$	5,3	18,0
$0,65D_{\text{ср}}-0,75D_{\text{ср}}$	8,8	14,1
$0,75D_{\text{ср}}-0,85D_{\text{ср}}$	12,3	11,1
$0,85D_{\text{ср}}-0,95D_{\text{ср}}$	15,5	8,4
$0,95D_{\text{ср}}-1,05D_{\text{ср}}$	17,2	7,5
$1,05D_{\text{ср}}-1,15D_{\text{ср}}$	14,3	4,7
$1,15D_{\text{ср}}-1,25D_{\text{ср}}$	10,2	2,7
$1,25D_{\text{ср}}-1,35D_{\text{ср}}$	6,8	2,6
$1,35D_{\text{ср}}-1,45D_{\text{ср}}$	3,5	1,6
$1,45D_{\text{ср}}-1,55D_{\text{ср}}$	1,5	0,3
$1,55D_{\text{ср}}-1,65D_{\text{ср}}$	0,7	0,2
$1,65D_{\text{ср}}-1,75D_{\text{ср}}$	0,4	0,1
$1,75D_{\text{ср}}-1,85D_{\text{ср}}$	0,2	0,1
$1,85D_{\text{ср}}-1,95D_{\text{ср}}$	0,0	0,0

Кроме рядов распределения диаметров стволов по ступеням толщины, на основании тех же перерчетов был определен средний процент деловых стволов, который составил 98,5%, 80,6% и 43,5% для 1, 2 и 3-го классов товарности соответственно.

Полученные таким образом ряды распределения использовались в описываемом методе при определении запаса дров и деловой древесины по категориям крупности на основе показателей, приводимых в таксационном описании.

На первом этапе относительные частоты рядов распределения (таблица 2) переводились в абсолютные значения по следующим формулам:

$$N_i^{\text{дел}} = \frac{P_i^{\text{дел}}}{100} \times \frac{G_T}{G_{\text{ср}}} \times \frac{P_{\text{ср}}^{\text{дел}}}{100} \quad \text{— для числа деловых стволов,} \quad (1)$$

$$N_i^{\text{др}} = \frac{P_i^{\text{др}}}{100} \times \frac{G_T}{G_{\text{ср}}} \times \frac{100 - P_{\text{ср}}^{\text{дел}}}{100} \quad \text{— для числа дровяных стволов,} \quad (2)$$

где  $N_i^{\text{дел}}$  – число деловых стволов в  $i$ -й естественной ступени толщины, шт./га;

$P_i^{\text{дел}}$  – процент деловых стволов в  $i$ -й естественной ступени толщины;

$G_T$  – сумма площадей сечений таксируемого древостоя, м<sup>2</sup>/га,

$G_{\text{ср}}$  – площадь сечения среднего дерева, м<sup>2</sup>;

$P_{\text{ср}}^{\text{дел}}$  – средний процент деловых стволов в зависимости от класса товарности;

$N_i^{\text{др}}$  – число дровяных стволов в  $i$ -й естественной ступени толщины, шт./га;

$P_i^{\text{др}}$  – процент дровяных стволов в  $i$ -й естественной ступени толщины.

Площадь сечения среднего дерева вычислялась по формуле площади круга на основании среднего диаметра элемента леса:

$$G_{\text{ср}} = \frac{\pi D_{\text{ср}}^2}{40\,000}, \quad (3)$$

где  $D_{\text{ср}}$  – средний диаметр древостоя, см;

Сумма площадей сечений древостоя определялась на основании относительной полноты следующим образом:

$$G_T = \Pi G_H, \quad (4)$$

где  $G_H$  – сумма площадей сечений нормального древостоя, м<sup>2</sup>/га;  $\Pi$  – относительная полнота.

Абсолютные значения естественных ступеней толщины для каждого перерчета вычислялись по формуле:

$$D_i = E_i D_{\text{ср}} \quad (5)$$

где  $D_i$  – абсолютное значение  $i$ -й естественной ступени толщины, см;  $E_i$  – величина  $i$ -й естественной ступени толщины.

Далее с помощью сортиментных таблиц Моисеенко Ф.П. [3, 4] для каждой естественной ступени толщины определялся общий объем, объем дров, объемы крупной, средней и мелкой деловой древесины для одного ствола путем интерполяции с помощью следующих формул:

$$V_i^k = V_1^k + \frac{(V_2^k - V_1^k) \cdot (D_i^2 - D_1^2)}{(D_2^2 - D_1^2)}, \quad (6)$$

$$V_i^k = V_{\min}^k \frac{D_i^2}{D_{\min}^2}, \quad (7)$$

$$V_i^k = V_{\max}^k \frac{D_i^2}{D_{\max}^2}, \quad (8)$$

где  $V_i^k$  – объем древесины  $k$ -й категории для одного ствола в  $i$ -й естественной ступени толщины, м<sup>3</sup>;

$V_1^k$  и  $V_2^k$  – объемы древесины  $k$ -й категории для одного ствола, взятые из сортиментных таблиц для диаметров  $D_1$  и  $D_2$ , м<sup>3</sup>;

$D_1$  – максимальный диаметр из сортиментных таблиц, который не превышает  $D_i$ , см;

$D_2$ , – минимальный диаметр из сортиментных таблиц, который больше, чем  $D_i$ , см;

$V_{\min}^k$  – объем древесины  $k$ -й категории для одного ствола, взятый из сортиментных таблиц для диаметра  $D_{\min}$ , м<sup>3</sup>;

$D_{\min}$ , – минимальный диаметр, который есть в сортиментных таблицах, см;

$V_{\max}^k$  – объем древесины  $k$ -й категории для одного ствола, взятый из сортиментных таблиц для диаметра  $D_{\max}$ , м<sup>3</sup>;

$D_{\max}$ , – максимальный диаметр, который есть в сортиментных таблицах, см;

Формула (7) используется для естественных ступеней толщины, абсолютная величина которых ( $D_i$ ) меньше, чем минимальный диаметр ( $D_{\min}$ ), имеющейся в сортиментных таблицах. Для естественных ступеней толщины, абсолютная величина которых ( $D_i$ ) превышает максимальный диаметр ( $D_{\max}$ ), имеющейся в сортиментных таблицах, применяется формула (8). Для остальных естественных ступеней толщины вычисления выполняются с помощью формулы (6).

Разряды высот, по которым подбирались сортиментные таблицы, определялись по соотношению среднего диаметра и средней высоты элемента леса.

После того как объем древесины различных категорий для одного ствола был определен для всех естественных ступеней толщины, вычислялся общий запас на гектаре древесины соответствующих категорий для всего древостоя в целом следующим образом:

$$M_{\text{кр}} = \sum_{i=1}^m V_i^{\text{кр}} \cdot N_i^{\text{дел}}, \quad (9)$$

$$M_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^m V_i^{\text{ср}} \cdot N_i^{\text{дел}}, \quad (10)$$

$$M_{\text{мел}} = \sum_{i=1}^m V_i^{\text{мел}} \cdot N_i^{\text{дел}}, \quad (11)$$

$$M_{\text{др.дел}} = \sum_{i=1}^m V_i^{\text{др.дел}} \cdot N_i^{\text{дел}}, \quad (12)$$

$$M_{\text{др.др}} = \sum_{i=1}^m V_i^{\text{др.др}} \cdot N_i^{\text{др}}, \quad (13)$$

$$M_{\text{др}} = M_{\text{др.дел}} + M_{\text{др.др}}. \quad (14)$$

где  $M_{\text{кр}}$  – запас крупной деловой древесины в древостое,  $\text{м}^3$ ;

$m$  – число естественных ступеней толщины;

$V_i^{\text{кр}}$  – объем крупной деловой древесины для одного ствола в  $i$ -й естественной ступени толщины,  $\text{м}^3$ ;

$M_{\text{ср}}$  – запас средней деловой древесины в древостое,  $\text{м}^3$ ;

$V_i^{\text{ср}}$  – объем средней деловой древесины для одного ствола в  $i$ -й естественной ступени толщины,  $\text{м}^3$ ;

$M_{\text{мел}}$  – запас мелкой деловой древесины в древостое,  $\text{м}^3$ ;

$V_i^{\text{мел}}$  – объем мелкой деловой древесины для одного ствола в  $i$ -й естественной ступени толщины,  $\text{м}^3$ ;

$M_{\text{др.дел}}$  – запас дров из деловых стволов,  $\text{м}^3$ ;

$V_i^{\text{др.дел}}$  – объем дровяной древесины для одного делового ствола в  $i$ -й естественной ступени толщины,  $\text{м}^3$ ;

$M_{\text{др.др}}$  – запас дров из дровяных стволов,  $\text{м}^3$ ;

$V_i^{\text{др.др}}$  – объем дровяной древесины для одного дровяного ствола в  $i$ -й естественной ступени толщины,  $\text{м}^3$ ;

$M_{\text{др}}$  – запас дров в древостое,  $\text{м}^3$ .

Для сравнения выход древесины различных категорий для тех же элементов леса был определен обычным образом с помощью товарных таблиц В.Ф. Багинского, А.Г. Костенко [4, 5]. Запас древостоя в данном случае определялся по стандартным таблицам для сосны на основании относительной полноты и средней высоты древостоя. Далее подбиралась товарная таблица для сосновых древостоев соответствующего класса товарности, с помощью которой на основании средних диаметра и высоты элемента леса определялся выход древесины по категориям в процентах. В том случае, если средние диаметр и высота элемента леса не совпадали со значениями, имеющимися в товарной таблице, относительный выход древесины по категориям определялся с использованием линейной интерполяции, которая выполнялась в два этапа: сначала по высоте, а затем по диаметру. Далее полученные относительные значения выхода древесины различных категорий переводились в абсолютные величины с использованием запаса древостоя.

Точность товаризации, выполненной обоими методами, оценивалась путем сравнения выхода древесины различных категорий с результатами обработки исходных перечетов по обычной методике с помощью сортиментных таблиц Ф.П. Моисеенко [3, 4]. При этом вычислялись отклонения по каждой категории древесины для всех анализируемых элементов леса. Затем по каждой категории древесины определялись максимальные отклонения в большую и меньшую стороны. Кроме того, вычислялись среднее арифметическое

и среднеквадратическое значения для полученных отклонений. Последние два значения выражались как в абсолютных значениях (м<sup>3</sup>), так и в процентах к среднему запасу всех анализируемых элементов леса.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как показывают результаты расчетов, приведенные в таблице 3, товаризация по сортиментным таблицам с использованием рядов распределения деловых и дровяных стволов по естественным ступеням толщины дает вполне приемлемые результаты. Что касается максимальных отклонений в большую или меньшую стороны, то оба способа характеризуются примерно одинаковыми величинами. В некоторых случаях максимальные отклонения больше при использовании товарных таблиц, а в некоторых – при использовании рядов распределения по естественным ступеням толщины и сортиментных таблиц. Однако как среднее арифметическое значение отклонений, так и среднеквадратическое отклонение во всех случаях оказались меньшими при использовании сортиментных таблиц и рядов распределения по естественным ступеням толщины. Таким образом, при выполнении товаризации не отдельных древостоев, а целых лесных массивов этот способ даст меньшую как систематическую, так и стандартную ошибки.

Таблица 3 – Анализ точности товаризации, выполненной разными способами

Способ вычисления запаса	Отклонения					
	абсолютные, м <sup>3</sup>				относительные, %	
	максимальные		средние		средние	
	в мень- шую сторону	в боль- шую сторону	ариф- метиче- ское	квадра- тиче- ское	ариф- метиче- ское	квадра- тическое
Запас крупной деловой древесины						
По стандартным и товарным таблицам	-33,5	37,5	7,3	14,0	2,3	5,3
По естественным ступеням и сортиментным таблицам	-33,9	31,5	2,8	11,0	0,6	4,3
Запас средней деловой древесины						
По стандартным и товарным таблицам	-63,6	37,5	-8,5	15,7	-2,8	6,0
По естественным ступеням и сортиментным таблицам	-67,7	54,5	-2,6	13,0	-0,7	5,0
Запас мелкой деловой древесины						
По стандартным и товарным таблицам	-32,8	22,8	-1,5	5,8	-1,0	2,2
По естественным ступеням и сортиментным таблицам	-13,0	22,5	0,1	3,9	0,1	1,5
Запас дровяной древесины						
По стандартным и товарным таблицам	-42,7	47,9	2,5	6,9	1,0	2,6
По естественным ступеням и сортиментным таблицам	-64,5	11,6	0,0	6,2	-0,2	2,4

Использование рядов распределения по естественным ступеням толщины и сортиментных таблиц при определении выхода дровяной, а также крупной, средней и мелкой деловой древесины является весьма трудоемким спо-

собом в вычислительном отношении. Однако при современном развитии вычислительной техники это нельзя считать существенным недостатком. Таким образом, получив ряды распределения деловых и дровяных стволов по естественным ступеням толщины для основных лесобразующих древесных пород и разработав необходимое программное обеспечение, можно получать товарную структуру лесных массивов на основе показателей, имеющих в таксационном описании, и без использования товарных таблиц.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показывают, что с использованием рядов распределения деловых и дровяных стволов по естественным ступеням толщины можно моделировать перечеты для конкретных древостоев, обработка которых по сортиментным таблицам позволяет получить выход деловой древесины по категориям крупности и дров. Такая методика обеспечивает более высокую точность, чем использование товарных таблиц. Полученные с ее помощью результаты имеют меньшую систематическую ошибку. Высокая трудоемкость выполнения вычислений при данном способе получения товарной структуры древостоев при современном развитии вычислительной техники не является существенным недостатком. Таким образом, предлагаемая методика может быть рекомендована для получения данных о товарной структуре лесных массивов, например, для товаризации расчетной лесосеки при лесоустраительном проектировании.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Машковский В.П. Точность вычисления запаса разными методами при глазомерно-измерительной таксации леса // Труды БГТУ. 2014. № 1: Лесное хоз-во. С. 26-30.
2. Машковский В.П. Актуализация лесного фонда по таблицам классов возраста с использованием интерполяции / В.П. Машковский // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хоз-во. – 2007. – Вып. XV. С. 59-64.
3. Моисеенко Ф.П. Таблицы для сортиментного учета леса на корню. – Мн.: Государственное издательство БССР, 1961. – 584 с.
4. Нормативные материалы для таксации леса Белорусской ССР. - М., 1984. – 308 с.
5. Багинский В.Ф., Костенко А.Г. Определение товарной структуры древостоев Белоруссии при лесоустройстве: метод. рекомендации с прил. товарн. табл.; Гослесхоз СССР, БелНИИЛХ, БЛУП. – Гомель, 1978. – 34 с.