

УДК 630.05

DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2018.3.10

# Упрощенные формулы для определения объемов стволов березы

**М. Н. Ефремова** – Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М. Ф. Решетнева, аспирант, Красноярск, Российская Федерация, [tenia@mail.ru](mailto:tenia@mail.ru)

**С. Л. Шевелев** – Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М. Ф. Решетнева, заведующий кафедрой, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Красноярск, Российская Федерация, [shewel341@yandex.ru](mailto:shewel341@yandex.ru)

Установлена высокая корреляционная связь видовых площадей поперечных сечений с диаметрами стволов на высоте 1,3 м. На основе зависимости составлены упрощенные формулы для определения объемов стволов растущих деревьев березы повислой в Красноярско-Ачинско-Канском лесостепном районе.

**Ключевые слова:** береза повислая, объем ствола, запас древостоя

Для ссылок: <http://dx.doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2018.3.10>

Ефремова, М. Н. Упрощенные формулы для определения объемов стволов березы

[Электронный ресурс] / М. Н. Ефремова, С. Л. Шевелев // Лесохоз. информ. : электрон. сетевой журн. – 2018. – № 3. – С. 81–86 . URL: <http://lhi.vniilm.ru/>

Упрощенные формулы для определения объемов стволов или запаса древостоя широко используются в практике при глазомерной таксации. В числе этих математических выражений формулы Денцина и Н. Н. Дементьева для определения объемов стволов растущих деревьев. Аналогичный подход был применен Н. В. Третьяковым и Н. П. Анучиным для определения запаса древостоя.

Упрощенные формулы – это уравнения, включающие чаще всего 2, реже 3 переменных, отличающихся достаточной простотой, удобные для запоминания. Их применение позволяет с достаточной точностью решать практические задачи, контролировать результаты глазомерной таксации, выявлять грубые ошибки таксационных измерений.

Для упрощения математических выражений используется ряд приемов, в числе которых: сильное (практически до целых чисел) округление констант; замена переменных величин их средними значениями и использование их в качестве постоянных коэффициентов; пренебрежение небольшим влиянием отдельных показателей, не вводимых в формулы; замена криволинейных зависимостей прямолинейными; приведение некоторых распределений к нормальному виду и т. п.

Применение упрощенных формул повышает значения относительных ошибок, однако с увеличением числа наблюдений значение ошибок снижается пропорционально корню квадратному из числа наблюдений, в связи с чем приближенные способы оказываются весьма рациональными и обеспечивают достаточную точность.

Так, Н. Н. Дементьев [1] получил упрощенную формулу для определения объемов стволов ( $V, \text{м}^3$ ) со вторым средним коэффициентом формы ( $q_2$ ), равным 0,65:

$$V = h / 3 \times d^2, \quad (1)$$

где:

$h$  – высота ствола, м;

$d$  – диаметр на высоте 1,3, м.

Для стволов, имеющих другие коэффициенты формы, на каждые 0,05 коэффициента ( $q_2$ ) вносится поправка 3 м высоты, причем если коэффициент формы больше среднего, то поправка вводится со знаком плюс, и наоборот.

Эмпирическая формула объема ствола Денцина [1] позволяет получать объем ствола только по значению диаметра дерева на высоте 1,3 м (в сантиметрах):

$$V = d^2 / 1000. \quad (2)$$

Формула Денцина дает правильные результаты для определенных высот древесных пород (сосна – 30 м, ель – 26 м, пихта – 25 м). Если фактические высоты иные, то вводится поправка в объем ствола на каждый метр разницы высот: для сосны и ели – 3 %, пихты – 4 %.

Н. В. Третьяков [2], корректируя значения суммы видовых площадей поперечных сечений ( $\sum gf_{\text{ср.}}$ ) для отдельных пород и используя данные таблиц хода роста, вывел ряд формул для упрощенного определения запасов древостоев.

Н. П. Анучиным [1] предложены упрощенные формулы для определения запасов древостоев двух групп пород, которые получены путем анализа закономерностей изменения видовых высот. На базе полученных уравнений Н. П. Анучиным [1] построена номограмма для определения запаса.

**Цель настоящей работы** – построение упрощенных уравнений для определения объемов стволов растущих деревьев березы в районе исследования.

Для решения поставленной задачи на 6-ти пробных площадях проведены рубка и измерение 147 модельных деревьев. Пробные площади заложены в березовых древостоях Красноярско-Ачинско-Канского лесостепного района. Доля участия березы в составе древостоя – 7 единиц. Сопутствующие породы – осина и лиственница. Относительная полнота древостоев изменяется от 0,8 до 0,9; запас составляет 210–270  $\text{м}^3/\text{га}$ , средний диаметр – 17–30 см. Продуктивность древостоев характеризуется II классом бонитета, все они относятся к травяной группе типов леса.

Анализ объемообразующих характеристик стволов деревьев, таких как видовая высота (hf), видовой диаметр (df) и видовая площадь поперечного сечения (gf) показал, что для практического использования последняя представляет значительный интерес. Этот показатель тесно коррелирует как с характеристиками формы, так и с таксационными показателями деревьев:

#### ПАРНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ КОРРЕЛЯЦИИ

ПОКАЗАТЕЛИ ДЕРЕВЬЕВ БЕРЕЗЫ	HF, М	DF, СМ	H, М	D <sub>1,3</sub> , СМ	A, ЛЕТ
Видовая площадь сечения (g <sub>1,3</sub> ), м <sup>2</sup>	0,47	0,94	0,71	0,96	0,53

Характер связи между диаметром ствола на высоте 1,3 м и видовой площадью сечения в древостоях березы района исследования приведен на рис. 1.

Уравнение связи видовой площади поперечного сечения и диаметра имеет вид:

$$gf = 0.000063 \times d_{1,3}^{1.797}. \quad (3)$$

Адекватность соответствует коэффициенту детерминации ( $R^2$ ) = 0,98, при стандартной ошибке уравнения ( $S$ ) = 0,002.

Попытка округлить это выражение с целью упрощения не увенчалась успехом, так как даже незначительное изменение значения степени влечет существенные изменения в величине gf.

Для определения объема ствола предложено следующее уравнение:

$$V = (0.000063 \times d_{1,3}^{1.797}) \times h. \quad (4)$$

При использовании уравнения (4) обеспечивается достаточная точность результатов, но для вычисления оно неудобно.

Для получения упрощенных уравнений ряд gf поделен на 2 части: для стволов диаметром 12–22 см на высоте 1,3 м и стволов диаметром 23–36 см на высоте 1,3 м.

Полученные совокупности аппроксимированы линейными уравнениями вида:  $y = a + bx$  (рис. 2).

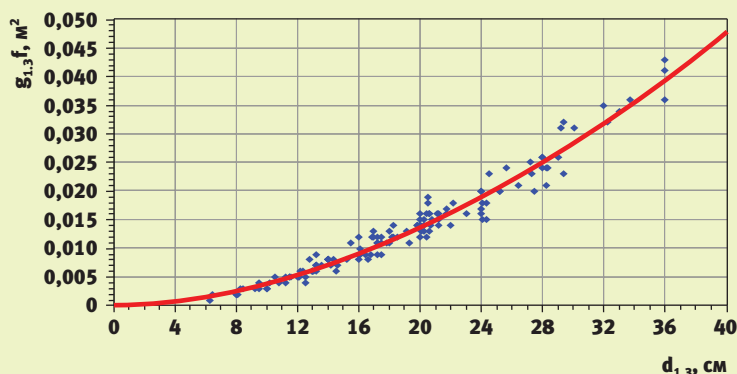


Рис. 1. Видовая площадь поперечных сечений стволов различного диаметра

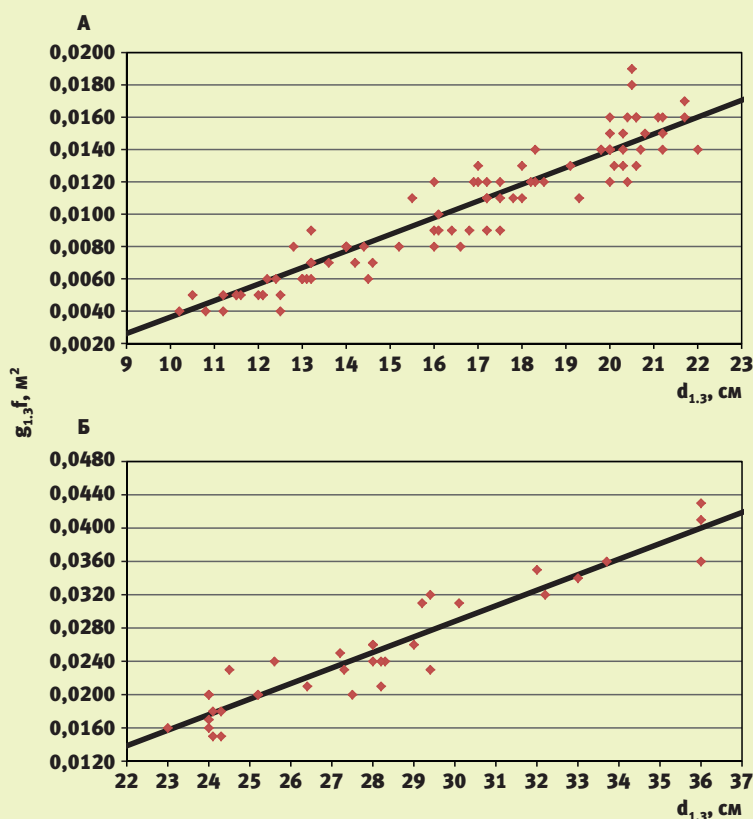


Рис. 2. Связь видовых площадей поперечных сечений с толщиной стволов березы:

А – для стволов  $d_{1,3}$  12–22 см;

Б – для стволов  $d_{1,3}$  23–36 см

Уравнения связи имеют вид:

✓ для стволов диаметром от 12 до 22 см:

$$gf_{12-22} = -0,006734 + 0,001033 \times d_{1,3}, \quad (5)$$

при  $R^2 = 0,96$  и  $S = 0,001$ .

✓ для стволов диаметром от 23 до 36 см:

$$g_{23-36}^f = -0,027225 + 0,001867 \times d_{1,3}, \quad (6)$$

при  $R^2 = 0,94$  и  $S = 0,002$ .

Далее, округляя коэффициенты, путем простейших преобразований получены упрощенные уравнения для определения объемов стволов:

$$V_{12-22} = (-0,006734 + 0,001033 \times d_{1,3}) \times h = \dots = (d_{1,3} - 7) \times 0,001h, \quad (7)$$

$$V_{23-36} = (-0,027225 + 0,001867 \times d_{1,3}) \times h = \dots = (2d_{1,3} - 27) \times 0,001h. \quad (8)$$

Сопоставление результатов вычисления объемов стволов березы для Красноярско-Ачинско-Канского лесостепного района по предложенным уравнениям и объемным таблицам [3], а также таблицам объема и сбега стволов не выявило значительных отличий (рис. 3).

Значения ошибок, определенные по рекомендуемой Н. В. Третьяковым [2] схеме, приведены в таблице. При расчетах ошибок, кроме данных таблиц, использовались данные 30 модельных деревьев.

В результате нашего исследования выявлены особенности связей видовых площадей поперечных сечений деревьев березы с диаметрами стволов на высоте 1,3 м. На их основе построены упрощенные уравнения для определения объемов стволов растущих деревьев, которые смогут найти применение в практике глазомерной таксации березняков Красноярско-Ачинско-Канского лесостепного района.

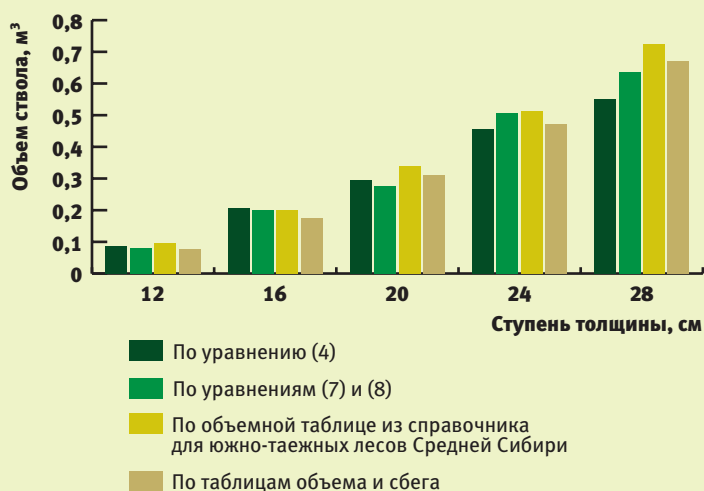


Рис. 3. Сопоставление значений объемов стволов березы, полученных различными способами

#### РАСЧЕТ ОШИБОК

ОШИБКА	По моделям с диаметром		По таблицам объема и сбега	По объемной таблице из справочника для южно-таежных лесов Средней Сибири
	12–22 см	23–36 см		
$V_{(12-22)} = (d_{1,3} - 7) \times 0,001h; V_{(23-36)} = (2d_{1,3} - 27) \times 0,001h$				
Систематическая ошибка	-3,5	9,4	-6,0	-7,1
Случайная ошибка	9,9	15,6	6,3	8,7
Ошибка для всех случаев [2]	2,6	5,5	2,8	2,4
$V = (0,000063 \times d_{1,3}^{1,797}) \times h$				
Систематическая ошибка	3,0	-2,2	-7,4	-9,0
Случайная ошибка	12,6	7,7	7,7	9,4
Ошибка для всех случаев [2]	3,3	2,0	3,4	2,5

## Список использованной литературы

1. Анучин, Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – М. : Лесн. пром-сть, 1977. – 511 с.
2. Третьяков, Н. В. Справочник таксатора / Н. В. Третьяков, П. В. Горский, Г. Г. Самойлович. – М.-Л. : Гослесбумиздат, 1952. – 853 с.
3. Лесотаксационный справочник для южно-таежных лесов Средней Сибири / С. Л. Шевелев, В. В. Кузьмичев, Н. В. Павлов, А. С. Смольянов. – М. : ВНИИЛМ, 2002. – 166 с.

## References

1. Anuchin, N. P. Lesnaya taksaciya [The forest inventory]/ N. P. Anuchin. – M. : Lesn. prom-st', 1977. – 511 s.
2. Tret'yakov, N. V. Spravochnik taksatora [Directory of enumeration officer]/ N. V. Tret'yakov, P. V. Gorskij, G. G. Samojlovich. – M.-L. : Goslesbumizdat, 1952. – 853 s.
3. Lesotaksacionnyj spravochnik dlya yuzhno-taezhnyh lesov Srednej Sibiri [The forest inventory directory for southern taiga forests of Middle Siberia]/ S. L. Shevelev, V. V. Kuz'michev, N. V. Pavlov, A. S. Smol'yanov. – M. : VNIILM, 2002. – 166 s.

# Simplified Formulas for Determining the Volumes of the Trunks of Birch

**M. Efremova** – Reshetnev Siberian State University of Science and Technologies, graduate student, Krasnoyarsk, Russian Federation, [tenia@mail.ru](mailto:tenia@mail.ru)

**S. Shevelev** – Reshetnev Siberian State University of Science and Technologies, Head of the Department, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Krasnoyarsk, Russian Federation, [shewel341@yandex.ru](mailto:shewel341@yandex.ru)

**Keywords:** silver birch, volume of trunk, stock of stand

The article is devoted to the consideration of questions the construction of simplified formulas to calculation the volumes of the trunks of growing trees silver birch of the Krasnoyarsk-Achinsk-Kansk forest-steppe region.

The study based on the materials of six sample plots, with the felling and measuring of 147 model trees.

At the first stage of the work, was the analysis of the main volume-forming characteristics of the trunks. They included species height, species diameter and species cross-sectional area. It turned out that the species cross-sectional area is of considerable interest for practical usage.

Then the equation of relationship between the diameter of trunk at breast height and species cross-sectional area was obtained, also between them high correlation dependence was established.

An attempt to simplify the obtained formula to determine the volume of the trunk was not successful, because even a slight rounding of the constant coefficients of the equation entails significant changes in the value of the species cross-sectional area.

Despite the fact that this formula has shown good results, but in the calculation it was uncomfortable. In this regard, to obtain the simplified formulas of a range of species cross-sectional area divided into two parts: for trunks with a diameter 12–22 cm and trunks with a diameter 23–36 cm.

The resulting sets approximated by linear equations. Then by rounding of the coefficients of the equations and carrying out simple transformations were derived simplified formulas to determining the volumes of trunks.

In addition, systematic and random errors according to the scheme recommended by N. V. Tretyakov [1] were calculated. When comparing the calculated values of the volumes of trunks of birch, on the proposed formulas and the volume tables [2] were not reveal significant differences.

As a result of the work done: revealed the features relationships the species cross-sectional areas of trees of birch with the diameters of trunks at breast height; built simplified formulas to determining the volumes of the trunks of growing trees. The results of research can find usage in the practice of the ocular forest inventory of the birch stands of the Krasnoyarsk-Achinsk-Kansk forest-steppe region.

## References

1. Tretyakov, N. V. Directory of enumeration officer / N. V. Tretyakov, P. V. Gorsky, G. G. Samoilovich. – M.-L. : Goslesbumizdat, 1952. – 853 p.
2. The forest inventory directory for southern taiga forests of Middle Siberia / S. L. Shevelev, V. V. Kuzmichev, N. V. Pavlov, A. S. Smolyanov. – M. : VNIILM, 2002. – 166 p.