

научных трудов пятой научно-практической конференции аспирантов и молодых ученых. М.: Изд-во ВИЛАР, 2017. С. 49-52.

2. Маланкина Е.Л., Коздовская Л.Н. Особенности компонентного состава эфирного масла чабера садового (*Satureja hortensis* L.) в зависимости от сорта. М.: Известия ТСХА, 2017 №3. С.19-29.

3. Савченко О.М., Маланкина Е.Л., Козловская Л.Н. Влияние регуляторов роста на прорастание семян лука победного (*Allium victorialis* L.) и лука медвежьего (*Allium ursinum* L.). Известия ТСХА, 2010. №6. С.61-66

4. Фундаментальная фитопатология /Под ред. Ю.Т.Дьякова. Изд.стереотип. М.: КРАСАНД, 2017. - 512 с.

5. Glazunova A., Firdous Hazieva *Polemonium caeruleum* is a useful resource for medicines production / Материалы международной научной конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 150-летию со дня рождения В.П.Горячкина. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2018. С. 321-322.

УДК 502/504:630\*53

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИИ ЧАПМАНА-РИЧАРДСА ДЛЯ ВЫРАВНИВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ ВЫСОТ ДЕРЕВЬЕВ ОТ ДИАМЕТРОВ НА ВЫСОТЕ ГРУДИ

*Лебедев Александр Вячеславович, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, alebedev@rgau-msha.ru*

**Аннотация:** Точность определения высот деревьев имеет важное значение в лесном хозяйстве. На конкретном участке высота обычно рассчитывается с использованием моделей, где она является функцией от диаметра на высоте груди. В работе показана возможность использования для выравнивания зависимости высот от диаметров функции Чапмана-Ричардса.

**Ключевые слова:** функция Чапмана-Ричардса, функция Митчерлиха, высота, диаметр на высоте груди, древостой.

Одними из самых важных таксационных показателей в лесном хозяйстве являются диаметр дерева на высоте груди (ДВГ) и высота (h). Определение высот деревьев является более трудоемкой задачей по сравнению с диаметрами. Поэтому, как правило, на лесном участке проводится измерение высот не для всех деревьев. По результатам выборочных измерений высоты рассчитываются по парной зависимости от диаметра на высоте груди.

Считается [4], что при описании зависимости высот от диаметров S-образные функции лучше отражают биологические особенности по сравнению с вогнутыми функциями. В настоящее время во многих странах мира лесное хозяйство направлено на комплексное использование биомассы, в том числе и

тонкомерных деревьев, поэтому S-образные кривые следует считать более подходящими, так как вогнутые кривые в нижнем диапазоне могут обладать плохой обобщающей способностью. Ряд исследователей [2, 3] показывает, что функция Чампана-Ричардса среди многообразия трехпараметрических моделей может считаться лучшей для описания зависимости между высотами и диаметрами деревьев.

Функция Чампана-Ричардса (также известная как функция Митчерлиха, Дракина Вуевского) для зависимости высот от диаметра на высоте груди записывается в следующем виде:

$$h = 1.3 + b_1(1 - \exp(-b_2 DBH))^{b_3}.$$

По данным измерения высот и диаметров деревьев березы в Лесной опытной дачи для 23 опытных участках [1] проводилось определение параметров модели путем минимизации среднеквадратической ошибки. В качестве критериев качества модели использовались среднеквадратическая ошибка (RMSE), средний абсолютный процент ошибки (MAPE), коэффициент детерминации ( $R^2$ ), скорректированный коэффициент детерминации ( $R^2$ -adj.), информационный критерий Акаике (AIC), информационный критерий Байеса (BIC). Результаты выравнивания (параметры уравнения и метрики качества) высот диаметров на опытных участках приведены в таблице.

Таблица

**Результаты выравнивания высот от диаметров на опытных участках**

№	Средний арифметический		Параметры			RMSE	MAPE	$R^2$	$R^2$ -adj.	AIC	BIC
	Диаметр, см	Высота, м	$b_1$	$b_2$	$b_3$						
1	27,1	24,7	26,056	0,139	3,101	1,536	4,996	0,744	0,731	61,8	68,3
2	10,5	13,3	14,838	0,237	1,815	0,917	5,762	0,820	0,816	-18,6	-9,7
3	11,2	13,8	15,421	0,254	2,127	0,868	5,643	0,911	0,909	-36,2	-27,2
4	13,3	15,1	15,668	0,238	1,960	0,838	4,705	0,857	0,854	-46,6	-37,5
5	12,2	14,4	16,355	0,205	1,754	0,909	5,388	0,909	0,907	-21,0	-12,2
6	11,7	14,4	17,261	0,164	1,328	1,075	6,641	0,879	0,876	25,3	34,0
7	13,1	15,6	18,722	0,156	1,545	1,086	5,770	0,879	0,877	28,5	37,2
8	13	15	17,491	0,180	1,747	1,252	7,658	0,852	0,849	74,8	83,9
9	14,3	16,3	19,782	0,127	1,298	1,339	6,796	0,815	0,810	81,8	90,4
10	15,4	18	19,615	0,151	1,309	1,141	5,128	0,721	0,712	32,4	40,3
11	29,2	26,1	27,910	0,082	1,082	1,179	3,648	0,609	0,586	24,5	30,5
12	12,6	13,9	16,975	0,111	0,919	0,967	5,852	0,858	0,851	1,6	8,2
13	12,2	11,4	11,942	0,225	2,164	0,700	5,245	0,661	0,639	-29,7	-23,9
14	14,5	14,9	16,389	0,147	1,232	0,711	3,798	0,858	0,850	-32,9	-26,8
15	14,9	15,2	16,396	0,189	2,023	0,970	5,285	0,813	0,801	2,9	8,7
16	15,2	15,3	17,544	0,131	1,198	0,842	4,863	0,925	0,921	-11,9	-6,0
17	21,4	23	23,824	0,187	3,671	1,000	3,449	0,710	0,683	6,0	10,9
18	7	11,4	13,119	0,312	1,822	0,558	4,003	0,896	0,893	-108,4	-100,7
19	4,7	7,4	8,234	0,356	1,212	0,460	5,053	0,877	0,865	-48,3	-43,6
20	10	13,1	14,231	0,273	2,122	0,762	4,688	0,840	0,835	-47,9	-40,1
21	2,7	5,2	6,102	0,580	1,423	0,384	6,284	0,917	0,914	-185,6	-177,8
22	7,4	10,4	11,731	0,289	1,527	0,607	5,135	0,887	0,884	-93,8	-86,0
23	4,1	7,1	11,571	0,115	0,695	0,473	5,120	0,781	0,774	-143,9	-136,1

Результаты проведенных расчетов показывают, что функция Чампана-Ричардса демонстрирует хорошую способность к выравниванию исходных данных. Для отдельных опытных участков значение среднего абсолютного процента ошибки (МАРЕ) находится в диапазоне от 3,449 до 7,658 %, коэффициент детерминации ( $R^2$ ) – от 0,661 до 0,925. Для параметров модели характерна достаточно высокая изменчивость в зависимости от возраста древостоев. Наименьшие значения параметра  $b_1$  получены для молодняков (пробная площадь 21,  $b_1 = 6.103$ ), а наибольшие – для спелых (пробная площадь 1,  $b_1 = 26.056$ ). Со старением древостоев (увеличением средних диаметра и высоты) происходит уменьшение параметра  $b_2$  и увеличение параметра  $b_3$ : для пробной площади 21  $b_2 = 0.580$  и  $b_3 = 1.423$ , а для пробной площади 1  $b_2 = 0.139$  и  $b_3 = 3.101$ .

Таким образом, функция Митчерлиха (Дракина-Вуевского, Чапмана-Ричардса) может быть применена на практике при выполнении лесохозяйственных и научно-исследовательских работ, а при разработке обобщенных моделей «высота - диаметр» эта функция может использоваться в качестве базовой.

#### Библиографический список

1. Лебедев А.В. Проверка двухпараметрических моделей зависимости высоты от диаметра на высоте груди в березовых древостоях / А.В. Лебедев, В.В. Кузьмичев // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2020. - Вып. 230. - С. 100–113. DOI: 10.21266/2079-4304.2020.230.100-113
2. Jiang L, Li Y. Application of nonlinear mixed-effects modeling approach in tree height prediction // Journal of Computers. 2010. - № 5 (10). - P. 1575-1581. DOI: 10.4304/jcp.5.10.1575-1581.
3. Shamaki S.B., Akindele S.O., Isah A.D., Mohammed I. Height-diameter Relationship Models for Teak (*Tectona grandis*) Plantation in Nimbia Forest Reserve, Nigeria // Asian Journal of Environment & Ecology. 2016. - № 1 (1). DOI: 10.9734/AJEE/2016/30635
4. Yuancai L., Parresol B.R. Remarks on Height-Diameter Modeling // Research Note SRS-10. USDA Forest Service, Southern Research Station, Asheville. 2001. P.

УДК 631.4

### ДИНАМИКА ОПАДА ДРЕВОСТОЕВ ЛЕСНОЙ ОПЫТНОЙ ДАЧИ РГАУ-МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА

*Мостовая Анна Сергеевна, аспирант кафедры Почвоведения, геологии и ландшафтоведения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ankhen2009@yandex.ru*

*Аннотация: в работе представлены результаты исследования лесной подстилки и опада на пробных площадях Лесной опытной дачи РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.*