

Научная статья
УДК 630*52

АЛЛОМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДИАМЕТРА КРОНЫ И ДИАМЕТРА СТВОЛА ДЛЯ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ВИДОВ И РОДОВ ЕВРАЗИИ

Иван Степанович Цепордей¹, Николай Иванович Плюха²

¹ Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

^{1,2} Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия

¹ ivan.tsepordey@yandex.ru

² nikskript@mail.ru

Аннотация. По фактическим данным 5570 модельных деревьев семи хвойных и 16 лиственных лесобразующих видов и родов Евразии построены 23 аллометрические модели зависимости диаметра кроны от диаметра ствола и зависимости диаметра ствола от диаметра кроны. Выполнено ранжирование всех родов как по диаметру кроны, так и по диаметру ствола.

Ключевые слова: диаметр кроны, диаметр ствола, аллометрические модели, ранжирование

Благодарности: авторы выражают благодарность научному руководителю профессору, д-ру с.-х. наук В. А. Усольцеву (г. н. с. БС УрО РАН, профессору кафедры ЛТиЛУ УГЛТУ).

Для цитирования: Цепордей И. С., Плюха Н. И. Аллометрические модели диаметра кроны и диаметра ствола для лесобразующих видов и родов Евразии // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVI Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 179–183.

Original article

ALLOMETRIC MODELS OF CROWN DIAMETER AND STEM DIAMETER FOR FOREST-FORMING SPECIES AND GENERA OF EURASIA

Ivan S. Tsepordey¹, Nikolai I. Plyuha²

¹ Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

^{1,2} Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Ekaterinburg, Russia

¹ ivan.tsepordey@yandex.ru

² nikskript@mail.ru

Abstract. According to the actual data of 5570 model trees of seven coniferous and sixteen deciduous forest-forming species and genera in Eurasia, 23 allometric models of crown diameter dependence on trunk diameter and trunk diameter dependence on crown diameter were constructed. All genera were ranked, both by crown diameter and stem diameter.

Keywords: crown diameter, stem diameter, allometric models, ranking

Acknowledgments: the authors are grateful to the scientific supervisor, Doctor of Agricultural Sciences, Professor V. A. Usoltsev (Chief Researcher of the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Professor of the Department of Forest Taxation and Forest Management, Ural State Forestry University).

For citation: Tsepordey I. S., Plyuha N. I. (2025) Allometricheskie modeli diametra krony i diametra stvola dlya leso-obrazuyushhix vidov i rodov Evrazii [Allometric models of crown diameter and stem diameter for forest-forming species and genera of Eurasia]. *Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii* [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : proceedings of the XVI International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 179–183. (In Russ).

Диаметр кроны (ДК) как одна из характеристик, определяющих распределение листвы, хвои и ветвей в пространстве полога, имеет важное значение для понимания архитектуры деревьев и динамики лесных экосистем [1].

Традиционные ручные методы измерения ДК требуют значительного времени и усилий. С развитием лазерных технологий появились более совершенные методы измерения ДК, позволяющие сканировать морфологию деревьев в пределах лесного выдела, а спутниковые системы зондирования позволяют идентифицировать кроны деревьев с помощью специальных алгоритмов [2]. Таким образом, распространенным и экономически эффективным вариантом является разработка моделей ДК, включающих размеры дерева в качестве легко измеряемых независимых переменных [3].

С другой стороны, получили распространение аллометрические модели зависимости фитомассы от диаметра ствола для разных древесных видов [4]. Однако при бортовой лазерной таксации деревьев точная оценка диаметра ствола невозможна [5]. Поэтому стали совмещать названные традиционные аллометрические модели со вспомогательными моделями, предназначенными для применения на основе лазерного зондирования [6].

В связи с двумя основными направлениями применения взаимосвязей диаметров ствола и кроны в настоящем исследовании поставлена цель разработки для лесообразующих видов Евразии двух типов всеобщих аллометрических моделей:

- зависимости диаметра кроны от диаметра ствола;
- зависимости диаметра ствола от диаметра кроны.

Для осуществления поставленной цели исследования из сформированной базы данных в количестве 15800 определений [7] отобраны 5570 модельных деревьев 23 видов и родов (подродов), в том числе 3100 – для семи хвойных и 2470 – для 16 лиственных видов и родов. Данные, полученные в результате статистической обработки, представлены следующим образом: максимальные значения диаметра ствола на уровне груди в сантиметрах и диаметра кроны в метрах составили 72,90 и 15,50 соответственно, в то время как минимальные значения были 0,20 и 0,07. Средние значения оказались равными 14,10 и 2,81, со стандартными отклонениями 9,67 и 1,76 соответственно.

Наше исследование построено на концепции всеобщности, а именно на моделировании взаимосвязи диаметров ствола и кроны на уровне родов и подродов как совокупностей викарирующих видов, произрастающих на территории Евразии. Построение моделей на уровне не только видов, но также родов и подродов, позволяет применить их в локальных условиях и заполнить имеющиеся пробелы по отдельным видам. Приняты два варианта структуры аллометрической модели:

$$\ln D_{cr} = a_0 + a_1(\ln D), \quad (1)$$

$$\ln D = a_0 + a_1(\ln D_{cr}). \quad (2)$$

Все регрессионные коэффициенты моделей статистически значимы на уровне $p < 0,001$, что обеспечивает воспроизводимость полученных результатов.

Далее выполнено ранжирование каждого из моделируемых показателей при фиксированных значениях другого (рис. 1 и 2).

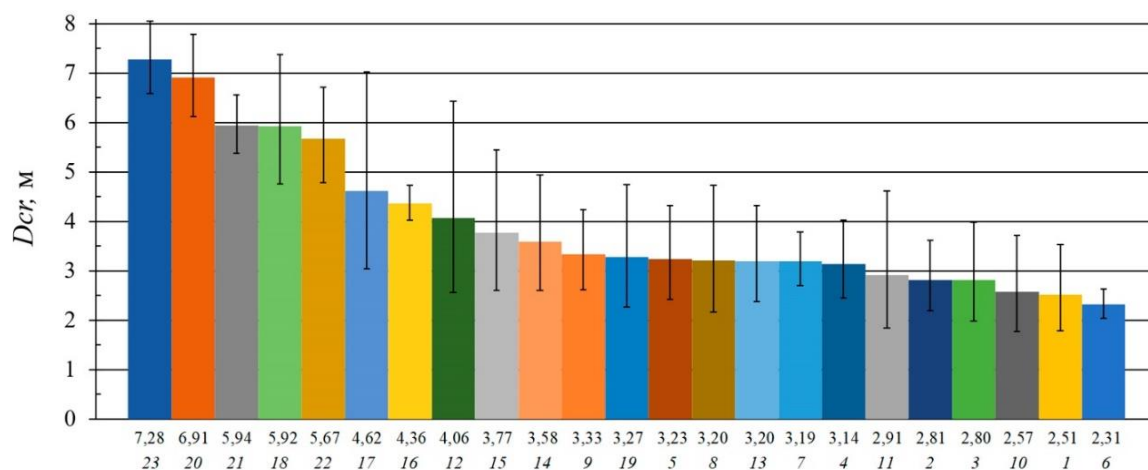


Рис. 1. Диаграмма распределения 23 видов, родов и подродов Евразии по величине диаметра кроны при среднем значении диаметра ствола на высоте груди, равном 14,1 см. Цифры по оси абсцисс (рис. 1 и рис. 2): в верхнем ряду – значения диаметра ствола для каждого из 23 видов, родов и подродов, м; в нижнем ряду – порядковый номер вида, рода или подрода

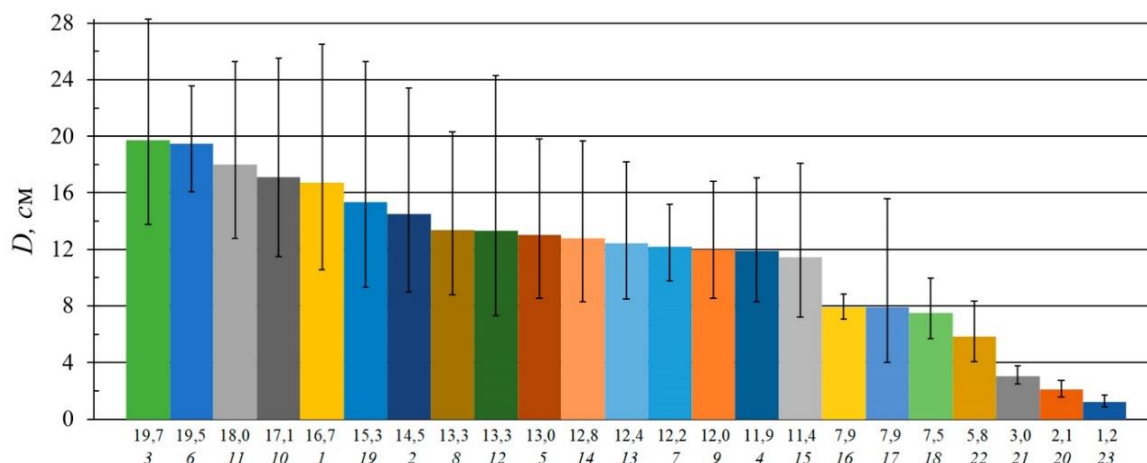


Рис. 2. Диаграмма распределения 23 видов, родов и подродов Евразии по величине диаметра ствола на высоте груди при среднем значении диаметра кроны, равном 2,81 м

Таким образом, по фактическим данным 3100 модельных деревьев для семи хвойных и 2470 деревьев для 16 лиственных видов и родов (подродов) разработаны 23 аллометрические модели зависимости диаметра кроны от диаметра ствола и зависимости диаметра ствола от диаметра кроны, характеризующие коэффициентами детерминации в диапазоне от 0,34 (для дубов) до 0,98 (для ив). Все модели значимы на уровне t_{001} и выше. Они предназначены для совмещения с существующими моделями связи фитомассы деревьев с ДК или с диаметром ствола по рекурсивному принципу. Выполнено ранжирование всех родов как по диаметру кроны, так и по диаметру ствола.

Список источников

1. Umeki K., Kikuzawa K. Patterns in individual growth, branch population dynamics, and growth and mortality of first-order branches of *Betula platyphylla* in northern Japan // *Annals of Forest Science*. 2000. Vol. 57. P. 587–598.
2. Individual tree crown delineation method based on multi-criteria graph using geometric and spectral information: Application to several temperate forest sites / M. Deluzet, T. Erudel, X. Briottet [et al.] // *RemoteSensing*. 2022. Vol. 14. Article 1083.
3. Усольцев В. А. Фитомасса модельных деревьев лесообразующих пород Евразии: база данных, климатически обусловленная география, таксационные нормативы. Екатеринбург : УГЛТУ, 2016. 338 с.
4. Усольцев В. А. Взаимосвязь некоторых таксационных элементов кроны и ствола у березы пушистой в Северном Казахстане // *Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана*. 1971. № 2. С. 80–84.

5. Modelling the diameter distribution of savanna trees with drone-based LiDAR / M. L. M. Rudge, S. R. Levick, R. E. Bartolo [et al.] // *Remote Sensing*. 2021. Vol. 13 (7). Article 1266.

6. Kalliovirta J., Tokola T. Functions for estimating stem diameter and tree age using tree height, crown width and existing stand database information // *Silva Fennica*. 2005. Vol 39 (2). P. 227–248.

7. Усольцев В. А. Фитомасса модельных деревьев для дистанционной и наземной таксации лесов Евразии. Электронная база данных. 3-е дополненное издание. 3-е изд., доп. эл. издание. Екатеринбург, 2023. URL: <https://elar.usfeu.ru/handle/123456789/12451> (дата обращения: 03.10.2024).

References

1. Umeki K., Kikuzawa K. Patterns in individual growth, branch population dynamics, and growth and mortality of first-order branches of *Betula platyphylla* in northern Japan // *Annals of Forest Science*. 2000. Vol. 57. P. 587–598.

2. Individual tree crown delineation method based on multi-criteria graph using geometric and spectral information: Application to several temperate forest sites / M. Deluzet, T. Erudel, X. Briottet [et al.] // *Remote Sensing*. 2022. Vol. 14. Article 1083.

3. Usoltsev V. A. Phytomass of model trees of Eurasian forest-forming species: database, climate-driven geography, and inventory standards. Ekaterinburg : USFEU, 2016. 338 p.

4. Usoltsev V. A. The relationship of some crown and stem taxation elements in downy birch in Northern Kazakhstan // *Bulletin of Agricultural Science of Kazakhstan*. 1971. №. 2. P. 80–84.

5. Modelling the diameter distribution of savanna trees with drone-based LiDAR / M. L. M. Rudge, S. R. Levick, R. E. Bartolo [et al.] // *Remote Sensing*. 2021. Vol. 13 (7). Article 1266.

6. Kalliovirta J., Tokola T. Functions for estimating stem diameter and tree age using tree height, crown width and existing stand database information // *Silva Fennica*. 2005. Vol 39 (2). P. 227–248.

7. Usoltsev V. A. Phytomass of model trees for remote and ground forest inventory in Eurasia. Electronic database. 3rd supplemented edition. Ekaterinburg, 2023. URL: <https://elar.usfeu.ru/handle/123456789/12451> (accessed 03.10.2024).