

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 3 (94). С. 22–29.

Forest of Russia and economy in them. 2025. № 3 (94). P. 22–29.

Научная статья

УДК 630*52:630*174.754

DOI: 10.51318/FRET.2025.94.3.003

МОРФОЛОГИЯ КРОН ДЕРЕВЬЕВ В ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОСАХ ВДОЛЬ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ЕКАТЕРИНБУРГ – КАМЕНСК-УРАЛЬСКИЙ

Павел Николаевич Уразов¹, Владимир Андреевич Усольцев²,
Алина Флоритовна Уразова³, Николай Иванович Плюха⁴

^{1–3} Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

² Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

⁴ Ботанический сад Уральского отделения, Екатеринбург, Россия

¹ gold-pashka@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4150-2555>

² Usoltsev50@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4587-8952>

³ urazovaaf@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2771-2334>

⁴ nikcskript@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1628-3300>

Аннотация. Защитные свойства придорожных лесных полос в значительной степени определяются морфологией кроны деревьев. Информация о форме, структуре кроны и их фитонасыщенности необходима при оценке ветропроницаемости защитных лесных полос и при формировании их оптимальной ажурности. С морфологией кроны связан характер заполнения пространства лесного полога фитоэлементами, что определяет параметры пропускания и перехвата солнечной энергии, а также микроклимат под лесным пологом. К морфологическим показателям кроны относятся, в частности, отношение диаметра кроны к диаметру ствола на высоте груди (D_k/d) и отношение диаметра кроны к ее длине (D_k/L_k). Цель нашего исследования заключалась в анализе морфологии кроны деревьев в путезащитных лесных полосах на территории Свердловской области, расположенных вдоль пути Екатеринбург – Каменск-Уральский с 21 км по 80 км. Были поставлены задачи – выявить закономерности изменения относительных показателей D_k/d и D_k/L_k в связи с высотой деревьев у древесных видов, произрастающих в путезащитных лесных полосах. Для реализации поставленных задач в спелых насаждениях была заложена серия пробных площадей, на каждой из которых обмерено по 10–15 модельных деревьев сосны, березы, ели, тополя и лиственницы, всего 280. Рассчитаны для каждой породы аллометрические зависимости показателей D_k/d и D_k/L_k от высоты деревьев, согласно которым названные показатели снижаются по мере увеличения высоты дерева. Выполнены ранжирования пород по показателям D_k/d и D_k/L_k . Закономерность связи D_k/d со степенью светолюбия породы, ранее установленная американскими учеными, не получила подтверждения.

Ключевые слова: защитные полосы, сосна обыкновенная, береза повислая, ель сибирская, тополь бальзамический, лиственница сибирская, морфологические показатели кроны, регрессионные модели

Для цитирования: Морфология кроны деревьев в защитных лесных полосах вдоль железной дороги Екатеринбург – Каменск-Уральский / П. Н. Уразов, В. А. Усольцев, А. Ф. Уразова, Н. И. Плюха // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 3 (94). С. 22–29.

Original article

MORPHOLOGY OF TREE CROWNS IN PROTECTIVE FOREST BELTS ALONG YEKATERINBURG – KAMENSK-URALSKY RAILWAY

Pavel N. Urazov¹, Vladimir A. Usoltsev², Alina F. Urazova³, Nikolay I. Plyukha⁴

¹⁻³ Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

² Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia

⁴ Botanical Garden, Ural Branch of RAS, Yekaterinburg, Russia

¹ gold-pashka@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4150-2555>

² Usoltsev50@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4587-8952>

³ urazovaaf@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2771-2334>

⁴ nikcskript@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1628-3300>

Abstract. The protective properties of roadside forest belts are largely determined by the morphology of tree crowns. Information about the shape, structure of crowns and their phyto-saturation is necessary when assessing the wind permeability of protective forest belts and when forming their optimal openness. The morphology of the crowns is related with the nature of filling the space of the forest canopy with phytoelements, which determines the parameters of transmission and interception of solar energy, as well as the microclimate under the forest canopy. The morphological parameters of crowns include, in particular, the ratio of crown diameter to trunk diameter at breast height (D_k/d) and the ratio of crown diameter to its length (D_k/L_k). The purpose of our research was to analyze the morphology of tree crowns in the protective forest belts in the Sverdlovsk region, located along the Yekaterinburg – Kamensk-Uralsky railway from 21 km to 80 km. The tasks were set to identify patterns of change of the relative indicators D_k/d and D_k/L_k in connection with the height of trees in woody species growing in protective forest belts. To implement the set tasks, a series of sample plots was established in mature stands, on each of which 10–15 model trees of pine, birch, spruce, poplar and larch were measured, a total of 280 trees. For each species, allometric dependences of D_k/d and D_k/L_k on the height of trees are calculated, according to which these indicators decrease as the height of the tree increases. The species were ranked according to the indicators D_k/d and D_k/L_k . The pattern of the D_k/d relationship with the degree of photophily of the species, previously established by American scientists, has not been confirmed.

Keywords: protective belts, Scots pine, silver birch, Siberian spruce, balsamic poplar, Siberian larch, crown morphological parameters, regression models

For citation: Morphology of tree crowns in protective forest belts along Yekaterinburg – Kamensk-Uralsky railway / P. N. Urazov, V. A. Usoltsev, A. F. Urazova, N. I. Plyukha // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 3 (94). P. 22–29.

Введение

Защитные свойства придорожных лесных полос в значительной степени определяются морфологией крон деревьев (Ковалев, 1975, 1980). Информация о форме, структуре крон и их фитонасыщенности необходима при оценке ветропроницаемости защитных лесных полос и при формировании их оптимальной ажурности (Ковалев, 1980; Танюкевич, 2015). С морфологией крон свя-

зан характер заполнения пространства лесного полога фитоэлементами, что определяет параметры пропускания и перехвата солнечной энергии, а также микроклимат под лесным пологом (Алексеев, 1975; Hemery et al., 2005; Кириллов, 2008; Усольцев, 2013; Pretzsch, 2019). С архитектурой крон связаны радиационный и водно-тепловой режимы, газообмен, продукционный процесс, т.е. комплекс явлений, определяющих лесную экосистему как

своеобразную лабораторию, в которой происходит аккумуляция и превращение вещества и энергии (Сукачев и др., 1957; Росс, 1975; The role..., 2024). Морфология и фитонасыщенность крон определяют акустические свойства путезащитной лесной полосы, которая может играть роль и фильтра, и резонатора звуковых частот в зависимости от области звукового спектра (Martens, 1980; Усольцев, 1985). Аллометрические соотношения параметров крон используются для обоснования оптимальной густоты насаждений (Crown..., 2022).

К морфологическим показателям крон относятся, в частности, отношение диаметра кроны к диаметру ствола на высоте груди (D_k/d) и отношение диаметра кроны к ее длине (D_k/L_k). Знание названных соотношений может быть использовано для связи с густотой древостоя (Dawkins, 1963), при разработке режимов прореживания (Nemery et al., 2005), прогнозировании максимальной площади сечений древостоев (Briegleb, 1952) и оптимальной густоты посадки (Thill, 1980). Отношение D_k/d использовали для оценки диаметра и площади сечения ствола на высоте груди по диаметрам кроны, измеренным с помощью аэрофотоснимков или других методов дистанционного зондирования (Gering, May, 1995). Соотношение D_k/d может быть полезным при проверке таблиц хода роста и других моделей роста древостоев (Philip, 1994) и было использовано для оценки светолюбия видов при наиболее высоких значениях у теневыносливых видов (Shallenberger et al., 1986). Для нескольких древесных видов установлено снижение D_k/d по мере увеличения диаметра ствола: наиболее высокое отношение D_k/d наблюдается в молодом возрасте, но с увеличением диаметра ствола это соотношение снижается и стабилизируется при диаметре около 30 см (Nemery et al., 2005). Поскольку в математическом отношении не совсем корректна ситуация, когда один и тот же показатель входит в модель и в качестве независимой переменной, и в состав зависимой переменной, а также с учетом перспективности исследования морфологии крон и лесного полога с помощью бортового и наземного лидаров показатели D_k/d и D_k/L_k , по-видимому, более корректно связывать

не с диаметром ствола, а с высотой дерева, – показателем, более точно оцениваемым дистанционными, а не традиционными наземными методами (Синицын, Сухих, 1979).

Цель, задачи, методика и объекты исследования

Цель нашего исследования заключалась в анализе морфологии крон деревьев в путезащитных лесных полосах на территории Свердловской области, расположенных вдоль пути Екатеринбург – Каменск-Уральский с 21 км по 80 км. Были поставлены задачи – выявить закономерности изменения относительных показателей D_k/d и D_k/L_k в связи с высотой деревьев у древесных видов, произрастающих в путезащитных лесных полосах.

Для реализации поставленных задач была заложена серия пробных площадей, таксационная характеристика которых была опубликована ранее (Уразова и др., 2024). На каждой пробной площади были выполнены обмеры от 10 до 15 модельных деревьев, в том числе 44 – сосны обыкновенной, 164 – березы повислой, 40 – тополя бальзамического, 17 – ели сибирской и 15 – лиственницы сибирской. Замеряли мерной вилкой диаметр ствола на высоте груди в двух направлениях, диаметр кроны рулеткой в двух направлениях, высоту дерева и протяженность бессучковой части ствола высотомером с точностью до 0,1 м. Возраст модельных деревьев: сосны – 75–80, березы – 65–85, тополя – 65–71, ели – 67–85 и лиственницы – 67 лет.

Результаты и их обсуждение

На начальном этапе анализа исходных данных была предпринята попытка оценить влияние опущенного эффекта на закономерности изменения показателей D_k/d и D_k/L_k в связи с высотой деревьев. Для этого сравнили данные обмеров деревьев, растущих в середине рядов и на опушке полосы. Оказалось, что различие названных зависимостей для D_k/d статистически не значимо ($t = 0,01 \dots 0,6 < t_{05} = 1,96$), а различие зависимостей для D_k/L_k – или не значимо, или значимо на предельном значении критерия Стьюдента ($t = 2,0 > t_{05} = 1,96$).

Последнее означает, что D_k/L_k в опушечных рядах несколько превышает значения в средних рядах, но это различие очень мало, и им можно пренебречь. Дальнейший анализ нами выполнен для всей совокупности деревьев.

По исходным данным модельных деревьев рассчитаны регрессионные модели:

$$\ln(D_k/d) \text{ uln}(D_k/L_k) = a_0 + a_1 \ln(h), \quad (1)$$

где D_k – диаметр кроны, м;

L_k – длина кроны, м;

d – диаметр ствола на высоте груди, см;

h – высота дерева, м.

Характеристика моделей (1) приведена в таблице. Регрессионные коэффициенты при перемен-

ной $\ln(h)$ значимы на уровне вероятности $p < 0,05$ и выше.

Поскольку все исходные данные представлены деревьями в приспевающем и спелом возрасте, можно считать, что наиболее высокие из них относятся к лидерам, а наиболее низкие – к угнетенным. Согласно рисунку, мы получили для D_k/d и D_k/L_k закономерности, аналогичные установленным для 11 древесных пород Великобритании (Nemery et al., 2005). По величине D_k/d породы угнетенных деревьев располагаются в последовательности (по убыванию): лиственница и ель, береза, тополь, сосна, а породы деревьев-лидеров в последовательности: тополь, береза, сосна, ель и лиственница.

Характеристика моделей (1)

Characteristics of models (1)

Зависимая переменная Dependent variable	Коэффициенты Coefficients		adjR ^{2**}	SE***
	a_0^*	$a_1 \ln(h)$		
Сосна Pine				
$\ln(D_k/d)$	−1,0159	−0,3646	0,156	0,15
$\ln(D_k/L_k)$	1,0930	−0,7454	0,126	0,27
Береза Birch				
$\ln(D_k/d)$	−0,1496	−0,5332	0,247	0,24
$\ln(D_k/L_k)$	1,4770	−0,8463	0,414	0,26
Ель Spruce				
$\ln(D_k/d)$	0,6249	−0,8463	0,491	0,20
$\ln(D_k/L_k)$	2,8899	−1,3025	0,202	0,56
Тополь Poplar				
$\ln(D_k/d)$	−0,9068	−0,2323	0,139	0,14
$\ln(D_k/L_k)$	2,4917	−1,0749	0,463	0,31
Лиственница**** Larch****				
$\ln(D_k/d)$	0,7594	−0,8866	0,373	0,11

* В свободный член введена поправка на логарифмирование (Baskerville, 1972).

** $adjR^2$ – коэффициент детерминации, скорректированный на число переменных.

*** SE – стандартная ошибка уравнения.

**** Для лиственницы модель (1) для D_k/L_k оказалась статистически не значимой.

* A correction for logarithmization (Baskerville, 1972) was introduced into the free term.

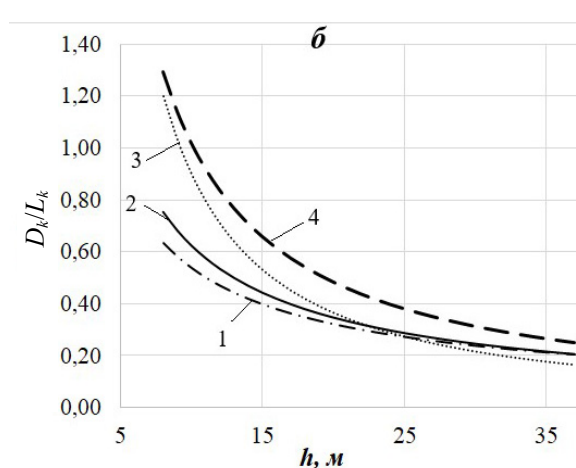
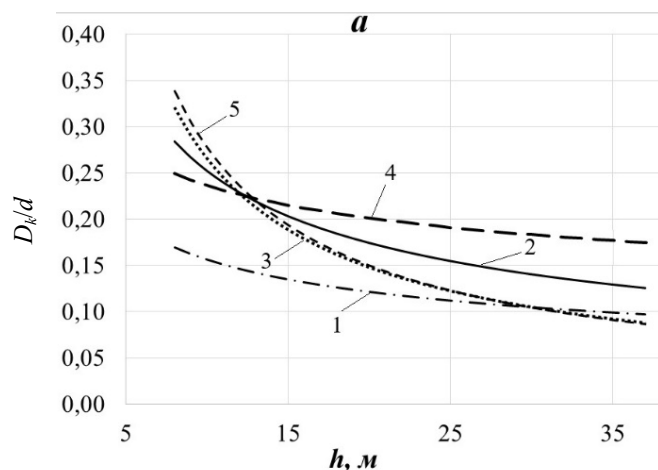
** $adjR^2$ – coefficient of determination adjusted for the number of variables.

*** SE – standard error of the equation.

**** For larch, model (1) for D_k/L_k was not statistically significant.

Таким образом, вслед за английскими учеными (Nemery et al., 2005) мы не получили подтверждения связи величины D_k/d со степенью светолюбия породы, как утверждали североамериканские ученые (Shallenberger et al., 1986). Более того, значения D_k/d у теневыносливой ели и наиболее

светолюбивой лиственницы, согласно рисунку (а), фактически совпадают. По величине D_k/L_k породы угнетенных деревьев располагаются в последовательности (по убыванию): тополь, ель, береза, сосна, а породы деревьев-лидеров в последовательности: тополь, береза и сосна, ель (см. рисунок).



Зависимость D_k/d (а) и D_k/L_k (б) от высоты дерева согласно модели (1).

Обозначения пород: 1 — сосна, 2 — береза, 3 — ель, 4 — тополь, 5 — лиственница

The dependence of D_k/d (а) and D_k/L_k (б) upon the height of the tree according to model (1).

Species designations: 1 — pine, 2 — birch, 3 — spruce, 4 — poplar, 5 — larch

Выводы

Таким образом, установлена закономерность снижения D_k/d и D_k/L_k по мере увеличения высоты деревьев, общая для всех исследованных пород. По величине D_k/d породы угнетенных деревьев располагаются в последовательности (по убыванию): лиственница и ель, береза, тополь, сосна, а породы деревьев-лидеров в после-

довательности: тополь, береза, сосна, ель и лиственница. По величине D_k/L_k породы угнетенных деревьев располагаются в последовательности (по убыванию): тополь, ель, береза, сосна, а породы деревьев-лидеров в последовательности: тополь, береза и сосна, ель. Не получила подтверждения закономерность связи величины D_k/d со степенью светолюбия пород, ранее установленная американскими учеными.

Список источников

- Алексеев В. А. Световой режим леса. Л. : Наука, 1975. 227 с.
- Кириллов С. Н. Экологическая роль прижелезнодорожных защитных лесных насаждений в снижении техногенного воздействия // Естественные науки. 2008. № 3 (24). С. 27–29.
- Ковалев Ю. Л. Архитектура дерева // Знание — сила. 1975. № 11. С. 36–38.
- Ковалев Ю. Л. Биометрическое обоснование площади питания деревьев и оптимальной ажурности лесных полос : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.03.04 / Ковалев Юрий Лазаревич. Волгоград : ВНИАЛМИ, 1980. 22 с.
- Росс Ю. К. Радиационный режим и архитектоника растительного покрова. Л. : Гидрометеиздат, 1975. 344 с.
- Синицын С. Г., Сухих В. И. Использование материалов многозональных и космических съемок в интересах лесного хозяйства // Аэрокосмические исследования Земли. М. : Наука, 1979. С. 86–101.

- Сукачев В. Н., Зонн С. В., Мотовилов Г. П. Методические указания к изучению типов леса. М. : Изд-во АН СССР, 1957. 30 с.
- Танюкевич В. В. Мелиоративная роль фитомассы лесных полос степных агроландшафтов Среднего и Нижнего Дона : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.03.03 / Танюкевич Вадим Викторович. Волгоград : ВНИАЛМИ, 2015. 47 с.
- Уразова А. Ф., Нагимов З. Я., Уразов П. Н. Таксационная характеристика защитных лесных полос вдоль железной дороги Екатеринбург – Каменск-Уральский // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 1 (88). С. 101–111.
- Усольцев В. А. Моделирование структуры и динамики фитомассы древостоев. Красноярск : Изд-во Красноярского ун-та, 1985. 191 с.
- Усольцев В. А. Вертикально-фракционная структура фитомассы деревьев. Исследование закономерностей. Екатеринбург : УГЛТУ, 2013. 603 с.
- Baskerville G. L. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass // Canadian Journal of Forest Research. 1972. Vol. 2, № 1. P. 49–53.
- Briegleb P. A. An approach to density measurement in Douglas fir // Journal of Forestry. 1952. Vol. 50. P. 529–536.
- Crown allometry and growing space requirements of four rare domestic tree species compared to oak and beech: implications for adaptive forest management / J. Schmucker, E. Uhl, M. Steckel [et al.] // European Journal of Forest Research. 2022. Vol. 141. P. 587–604.
- Dawkins H. C. Crown diameters: their relation to bole diameter in tropical forest trees // Commonwealth Forestry Review. 1963. Vol. 42. P. 318–333.
- Gering L. R., May D. M. The relationship of diameter at breast height and crown diameter for four species groups in Hardin County, Tennessee // Southern Journal of Applied Forestry. 1995. Vol. 19. P. 177–181.
- Hemery G. E., Savill P. S., Pryor S. N. Applications of the crown diameter – stem diameter relationship for different species of broadleaved trees // Forest Ecology and Management. 2005. Vol. 215, № 1–3. P. 285–294. DOI: 10.1016/j.foreco.2005.05.01
- Martens M. J. M. Foliage as a low-pass filter: experiments with model forests in an anechoic chamber // Journal of the Acoustical Society of America. 1980. Vol. 67. № 1. P. 66–72.
- Philip M. S. Measuring Trees and Forests. Second ed. CAB International, Oxon, UK, 1994. 310 p.
- Pretzsch H. The effect of tree crown allometry on community dynamics in mixed-species stands versus monocultures. A review and perspectives for modeling and silvicultural regulation // Forests. 2019. Vol. 10, № 9. Article 810. URL: https://www.waldwachstum.wzw.tum.de/fileadmin/publications/Pretzsch_The_effect_2019.pdf (accessed 10.06.2024).
- Shallenberger S. W., Carvell K. L., Smith C. Crown/stem diameter relationship of four Appalachian hardwoods // West Virginia Forestry Notes. 1986. № 12. P. 4–6.
- The role of tree crown on the performance of trees at individual and community levels: whole-phenotypic context matters / J. Klipel, D. da Cunha Morales, K. M. Bordin [et al.] // Plant Ecology. 2024. (Preprint). URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11258-024-01442-5> (accessed 16.06.2024).
- Thill A. Qualité des grumes de quelques essences feuillues et de l'Épicéa commun // Bulletin de la Société royale forestière de Belgique. 1980. Vol. 87, № 1. P. 1–17.

References

- Alekseev V. A. The light regime of the forest. Leningrad : Nauka, 1975. 227 p.
- Baskerville G. L. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass // Canadian Journal of Forest Research. 1972. Vol. 2, № 1. P. 49–53.

- Briegleb P. A.* An approach to density measurement in Douglas fir // *Journal of Forestry*. 1952. Vol. 50. P. 529–536.
- Crown allometry and growing space requirements of four rare domestic tree species compared to oak and beech: implications for adaptive forest management / *J. Schmucker, E. Uhl, M. Steckel* [et al.] // *European Journal of Forest Research*. 2022. Vol. 141. P. 587–604.
- Dawkins H. C.* Crown diameters: their relation to bole diameter in tropical forest trees // *Commonwealth Forestry Review*. 1963. Vol. 42. P. 318–333.
- Gering L. R., May D. M.* The relationship of diameter at breast height and crown diameter for four species groups in Hardin County, Tennessee // *Southern Journal of Applied Forestry*. 1995. Vol. 19. P. 177–181.
- Hemery G. E., Savill P. S., Pryor S. N.* Applications of the crown diameter – stem diameter relationship for different species of broadleaved trees // *Forest Ecology and Management*. 2005. Vol. 215, № 1–3. P. 285–294. DOI: 10.1016/j.foreco.2005.05.01
- Kirillov S. N.* The ecological role of near-railroad protective forest stands in reducing man-made impacts // *Estestvennye nauki*. 2008. № 3 (24). P. 27–29. (In Russ.)
- Kovalev Yu. L.* Architecture of a tree // *Znanie – sila*. 1975. № 11. P. 36–38. (In Russ.)
- Kovalev Yu. L.* Biometric substantiation of the area of tree nutrition and optimal transparency of forest belts : abstract. diss. ... candidate of agricultural sciences: 03.06.04 / Kovalev Yuri Lazarevich. Volgograd : All-Union Research Institute of Agroforestry Melioration, 1980. 22 p.
- Martens M. J. M.* Foliage as a low-pass filter: experiments with model forests in an anechoic chamber // *Journal of the Acoustical Society of America*. 1980. Vol. 67, № 1. P. 66–72.
- Philip M. S.* Measuring Trees and Forests. Second ed. CAB International, Oxon, UK, 1994. 310 p.
- Pretzsch H.* The effect of tree crown allometry on community dynamics in mixed-species stands versus monocultures. A review and perspectives for modeling and silvicultural regulation // *Forests*. 2019. Vol. 10. № 9. Article 810. URL: https://www.waldwachstum.wzw.tum.de/fileadmin/publications/Pretzsch_The_effect_2019.pdf (accessed 10.06.2024).
- Ross Y. K.* Radiation regime and architectonics of vegetation cover. Leningrad : Hydrometeoizdat, 1975. 344 p.
- Shallenberger S. W., Carvell K. L., Smith C.* Crown/stem diameter relationship of four Appalachian hardwoods // *West Virginia Forestry Notes*. 1986. № 12. P. 4–6.
- Sinitsyn S. G., Sukhikh V. I.* The use of materials from multi-zone and space surveys in the interests of forestry // *Aerospace research of the Earth*. Moscow : Nauka, 1979. P. 86–101. (In Russ.)
- Sukachev V. N., Sonn S. V., Motovilov G. P.* Methodological guidelines for the study of forest types. Moscow : Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1957. 30 p.
- Tanyukevich V. V.* Meliorative role of phytomass of forest belts of steppe agricultural landscapes of the Middle and Lower Don river : abstract. diss. ... doctor of agricultural sciences : 06.03.03 / Vadim Viktorovich Tanyukevich. Volgograd : All-Union Research Institute of Agroforestry Melioration, 2015. 47 p.
- The role of tree crown on the performance of trees at individual and community levels: whole-phenotypic context matters / *J. Klipel, D. da Cunha Morales, K. M. Bordin* [et al.] // *Plant Ecology*. 2024. (Preprint). URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11258-024-01442-5> (accessed 16.06.2024).
- Thill A.* Qualité des grumes de quelques essences feuillues et de l'Épicéa commun // *Bulletin de la Société royale forestière de Belgique*. 1980. Vol. 87, № 1. P. 1–17.
- Urazova A. F., Nagimov Z. Ya., Urazov P. N.* Taxation characteristics of protective forest belts along the Yekaterinburg – Kamensk-Uralsky railway // *Forests of Russia and economy in them*. 2024. № 1. P. 101–111. (In Russ.)
- Usoltsev V. A.* Modeling of the structure and dynamics of forest phytomass. Krasnoyarsk : Publishing House of the Krasnoyarsk University, 1985. 191 p.
- Usoltsev V. A.* Vertical fractional structure of tree phytomass. The research of patterns. Yekaterinburg : USFEU, 2013. 603 p.

Информация об авторах

П. Н. Уразов – аспирант;

В. А. Усольцев – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

А. Ф. Уразова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Н. И. Плюха – аспирант.

Information about the authors

P. N. Urazov – postgraduate student;

V.A. Usoltsev – Doctor of Agricultural Sciences, professor,

A. F. Urazova – Candidate of Agricultural Sciences, associate professor;

N. I. Plyukha – postgraduate student.

Статья поступила в редакцию 09.07.2024; принята к публикации 20.12.2024.

The article was submitted 09.07.2024; accepted for publication 20.12.2024.
