

Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 4–17.

Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 4–17.

Научная статья

УДК 630*52:630*174.754

DOI: 10.51318/FRET.2025.92.1.001

СТРУКТУРА НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ НАСАЖДЕНИЙ В ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОСАХ СВЕРДЛОВСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Павел Николаевич Уразов¹, Владимир Андреевич Усольцев²,
Алина Флоритовна Уразова³

¹⁻³ Уральский государственный лесотехнический университет, 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>

Аннотация. Изучение защитных лесных полос вдоль дорог является одной из функциональных задач комплексного мониторинга лесов и относится к категории лесной экоинженерии. Защитные полосы играют значительную роль в сохранении окружающей среды, имеют ветрозащитное значение, шумозащитные свойства и играют снегозадерживающую, декоративную и фитомелиоративную роль. Насколько нам известно, структура фитомассы в прижелезнодорожных лесных полосах ранее не изучалась. Подобные сведения необходимы, поскольку формирование защитных лесных полос происходит под влиянием специфических факторов, отличающихся от условий произрастания естественных древостоев. Целью настоящей работы было исследование структуры надземной фитомассы насаждений в защитных лесных полосах Свердловской железной дороги. По материалам 9 пробных площадей, заложенных в прижелезнодорожных защитных полосах, получены значения структуры надземной фитомассы лиственницы, сосны, березы и тополя. Долевой фракционный состав фитомассы в прижелезнодорожных защитных полосах зависит от породного состава и морфоструктуры насаждений и варьирует: фитомасса стволов – от 88 до 92 %, ветвей – от 7 до 10 % и хвои (листвы) – от 1 до 3 %. При фиксированных значениях возраста и запаса надземная фитомасса в защитных полосах на 18 % больше по отношению к надземной фитомассе древостоев лесного фонда. Установлено соотношение пород в защитных полосах по величине надземной фитомассы.

Ключевые слова: надземная фитомасса, соотношение фракций, лиственница, сосна, береза, тополь, прижелезнодорожные защитные лесные полосы, регрессионные модели

Для цитирования: Уразов П. Н., Усольцев В. А., Уразова А. Ф. Структура надземной фитомассы насаждений в защитных лесных полосах Свердловской железной дороги // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 4–17.

Original article

THE STRUCTURE OF THE ABOVEGROUND FOREST PHYTOMASS IN THE FOREST SHELTERBELTS OF THE SVERDLOVSK RAILWAY

Pavel N. Urazov¹, Vladimir A. Usoltsev², Alina F. Urazova³

¹⁻³ Ural State Forest Engineering University, 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>

Abstract. The study of forest shelterbelts along roads is one of the functional tasks of integrated forest monitoring and belongs to the category of forest eco-engineering. Forest shelterbelts play a significant role in preserving the environment, have wind-proof value, noise-proof properties and play a snow-retaining, decorative and phytomeliorative role. As far as we know, the structure of phytomass in near-railway road forest shelterbelts has not been studied before. Such information is necessary because the formation of forest shelterbelts occurs under the influence of specific factors that differ from the growing conditions of natural stands. The purpose of this work was to study the structure of the aboveground phytomass of forests in the shelterbelts along the Sverdlovsk railway. Based on the materials of 9 sample plots established in the roadside shelterbelts, the values of the structure of the aboveground phytomass of larch, pine, birch and poplar were obtained. The component composition of phytomass in near-road shelterbelts depends on the species composition and on stand morphological structure and varies: the phytomass of stems is from 88 to 92 %, branches – from 7 to 10 % and foliage – from 1 to 3 %. With fixed values of age and volume stock, the aboveground phytomass in shelterbelts is 18 % higher in relation to the aboveground phytomass of natural forest stands. The ratio of species in the shelterbelts in terms of the amount of aboveground phytomass has been revealed.

Keywords: aboveground phytomass, phytomass component ratio, larch, pine, birch, poplar, near-road forest shelterbelts, regression models

For citation: Urazov P. N., Usoltsev V. A., Urazova A. F. The structure of the aboveground forest phytomass in the forest shelterbelts of the Sverdlovsk railway // Forests of Russia and economy in them. 2025. № 1 (92). P. 4–17.

Введение

Изучение защитных лесных полос вдоль дорог является одной из функциональных задач комплексного мониторинга лесов (Кириллов, Матвеева, 2011; Boklag, 2016; Уразова, Герц, 2022) и относится к категории лесной экоинженерии (Study of forest..., 2020; Zhu, Song, 2021; Features of growth..., 2022; Condition of linear..., 2024). Защитные полосы играют значительную роль в сохранении окружающей среды (Guertin et al., 1997; Ecological development..., 2008; Кириллов, Матвеева, 2008; Матвеева, 2009; Lup, Miron, 2014; Рулев и др., 2021; Влияние лесополос..., 2023), имеют ветрозащитное значение (Ковалев, 1980; Zhu,

2008; Design criteria..., 2011; Renterghem et al., 2014; Wang et al., 2015; Тюрин, 2021), шумозащитные свойства (Сердюков, 1997; Renterghem, 2014; Ozer et al., 2018; Гавва и др., 2021) и играют снегозадерживающую (Shaw, 1988; Establishment and potential..., 2016; Здорнов, 2020; Оценка соответствия..., 2024; Уразова и др., 2024а), эстетическую (декоративную) (Региональные особенности..., 2018; Кулакова и др., 2018; Features..., 2022) и фитомелиоративную роль (Долгилевич и др., 1982; Танюкевич, Ивонин, 2014; Танюкевич, 2015; Дубенок и др., 2017; Особливості формування..., 2019; Тюрин, 2021). В то же время по состоянию защитных полос в некоторых районах им самим

требуется проведение защитных мероприятий (Hodovanyuk, 2012; Boklag, 2016; Оценка состояния..., 2016; Состояние защитных лесных полос..., 2022).

Особое внимание уделяется экологическим механизмам в системах управления, в частности исследованию взаимосвязей между структурой, защитными функциями полос и мерами их структурной оптимизации (Zhu, Song, 2021). Высота деревьев в полосе во многом определяет степень ее защитных функций и структуру фитомассы в пологе насаждения (Wiseman et al., 2009; Сидоренко, Сидоренко, 2022). Защитные придорожные полосы часто страдают от пожаров, исходящих от транспортных средств, и интенсивность пожаров во многом определяется количеством горючих материалов в фитомассе (Фуряев, Злобина, 1996). Многие морфометрические характеристики защитных полос и связанная с ними структура фитомассы с достаточной точностью оцениваются современными методами воздушного лидарного (лазерного) зондирования, позволяющими выполнять многочисленные замеры на больших площадях (Assessing the uncertainty..., 2019; Farmland..., 2022).

В лесостепной части левобережной Украины защитные полосы дуба черешчатого в возрасте около 70 лет имеют среднюю высоту от 17 до 23 м, запас – от 210 до 440 м³/га и надземную фитомассу – от 168 до 528 т/га (Особливості формування..., 2019). На Прикубанской равнине робиниевые защитные полосы к возрасту 70 лет достигают высоты 15 м, имеют запас 421 м³/га и надземную фитомассу 391 т/га (Продуктивность..., 2020). Там же тополевые защитные полосы к возрасту 35 лет достигают высоты 14 м, имеют запас 130 м³/га и надземную фитомассу 72 т/га (Танюкевич, Ивоинин, 2014; Танюкевич, 2015). Создание защитных полос в Канаде началось более ста лет назад в основном с целью защиты почв от ветровой эрозии (Above- and below-ground..., 2019). Сегодня они оцениваются с точки зрения депонирования углерода: тополевые защитные полосы депонируют углерода в год от 3,3 до 5,2 т/га, сосновые – от 1,4 до 3,3 т/га и еловые – от 2,2 до 4,1 т/га (Carbon sequestration..., 2016; Above- and below-ground..., 2019).

Насколько нам известно, структура фитомассы в прижелезнодорожных лесных полосах ра-

нее не изучалась. Подобные сведения необходимы, поскольку формирование защитных лесных полос происходит под влиянием специфических факторов, отличающихся от условий произрастания естественных лесов (Павловский, 1973; Неофитов, 1979).

Цель, задачи, методика и объекты исследования

Целью настоящей работы было исследование структуры надземной фитомассы насаждений в защитных лесных полосах Свердловской железной дороги.

Для ее реализации были поставлены задачи:

– определить структуру надземной фитомассы насаждений по данным пересчетов деревьев на пробных площадях и ранее опубликованным аллометрическим моделям фитомассы (Усольцев и др., 2022);

– сравнить полученные результаты с всеобщими моделями надземной фитомассы, построенными по данным пробных площадей, заложенных в насаждениях лесного фонда (Усольцев, 2007).

Объект исследований – насаждения, произрастающие в лесных полосах вдоль Свердловской железной дороги.

Предметом исследований явилась структура фитомассы насаждений.

Для реализации поставленных задач была заложена серия пробных площадей, таксационная характеристика которых была опубликована ранее (Уразова и др., 2024б). 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 и 15 – лиственницы сибирской, всего 263. Диаметр ствола измеряли на высоте груди в двух направлениях и вычисляли средний. Возраст модельных деревьев: сосны – 75–80, березы – 65–85, тополя – 65–71 и лиственницы – 67 лет.

Результаты и их обсуждение

По данным перечета деревьев табулировали аллометрические модели фитомассы, опубликованные ранее для Уральского региона (Усольцев и др., 2022), и получили расчетные значения фракций фитомассы на 1 га (табл. 1).

Таблица 1
Table 1

Таксационная характеристика и запасы фитомассы на пробных площадях,
заложённых в защитных лесных полосах Свердловской железной дороги
Taxation characteristics and forest phytomass in the sample plots establishes
in the forest shelterbelts of the Sverdlovsk railway

№ ПП	Участок Plot	Состав Composition	Возраст, лет Age, years	Густота, экз./га Density, copies/ha	Средняя высота, м Average height, м	Запас, м ³ /га Reserve, m ³ /ha	Фитомасса, т/га Phytomass, t/ha			
							стволов trunks	ветвей branches	листья и хвои leaves and needles	надземная above-ground
1	21 км правая сторона ПК 8+00–9+00 21 km right side РС 8+00–9+00	5Лц4Б1Е	67	636	22,2	413	235,5	22,6	6,2	264,3
2	28 км левая сторона ПК 8+00–9+00 28 km left side РС 8+00–9+00	9Б1Т	81	505	25,9	458	366,4	29,0	2,5	397,9
3	28 км правая сторона ПК 8+00–9+00 28 km right side РС 8+00–9+00	9С1Б	70	358	22,1	255	126,8	11,9	3,8	142,5
4	53 км левая сторона ПК 1+00–2+00 53 km left side РС 1+00–2+00	5Т5Б	71	1109	19,2	453	258,9	28,4	4,7	292,0
5	60 км левая сторона ПК 9+00–10+00 60 km left side РС 9+00–10+00	10Б	85	315	24,5	239	162,6	13,0	1,1	176,5
6	61 км левая сторона ПК 6+00–7+00 61 km left side РС 6+00–7+00	9Т1Б	65	593	29,7	597	255,5	30,3	5,3	291,1
7	62 км левая сторона ПК 2+00–3+00 62 km left side РС 2+00–3+00	6Т4Б	65	981	23,6	449	228,4	25,0	4,1	257,5
8	79 км левая сторона ПК 8+00–9+00 79 km left side РС 8+00–9+00	6Б3С1Т	85	595	18,0	209	150,5	13,7	3,0	167,2
9	79 км правая сторона ПК 8+00–9+00 79 km right side РС 8+00–9+00	10Б	85	134	22,8	140	121,0	9,1	0,9	131,0

Долевой фракционный состав фитомассы зависит от породного состава и морфоструктуры насаждений и варьирует: фитомасса стволов – от 88 до 92 %, ветвей – от 7 до 10 % и хвои (листья) – от 1 до 3 %.

Судя по данным табл. 1, средняя высота насаждений варьирует от 18 до 30 м, тогда как в таком же возрасте на Украине и Кубани дуб и робиния имеют высоту намного меньше – от 15 до 23 м. Но запас надземной фитомассы, напротив, в дубовых и робиниевых насаждениях больше (168–528 т/га) по сравнению с таковым в наших насаждениях (131–398 т/га).

Для выполнения второй задачи исследования мы привлекли регрессионные модели фитомассы насаждений, рассчитанные по материалам пробных площадей, заложенных в сомкнутых насажде-

ниях лесного фонда (Усольцев, 2007). Названные модели протабулированы по значениям возраста и запаса насаждений, показанным в табл. 1, и полученные результаты сведены в табл. 2.

Далее для реализации второй задачи нашего исследования применен двойной блок фиктивных переменных (Using..., 2012; Fu et al., 2017). Посредством его сопоставляем: фактические значения фитомассы, полученные в лесных полосах, со значениями, полученными путем табулирования моделей фитомассы, построенных для насаждений лесного фонда, и соотношения фитомассы четырех пород при фиксированных значениях возраста и запаса. Для сопоставления построена схема кодирования сравниваемых данных о фитомассе фиктивными переменными согласно табл. 3.

Таблица 2
Table 2

Результаты табулирования моделей фитомассы, построенных по фактическим данным пробных площадей, заложенных в естественных лесах (Усольцев, 2007)
The results of tabulation of phytomass models based on the actual data of the sample plots established in the natural forests (Usoltsev, 2007)

№ ПП	Порода Breed	Возраст, лет Age, years	Запас, м ³ /га Reserve, m ³ /ha	Фитомасса, т/га Phytomass, t/ha			
				стволов trunks	ветвей branches	листья и хвои leaves and needles	надземная above-ground
1	Лиственница Larch	67	413	210,39	26,56	7,11	244,05
2	Береза Birch	81	458	236,90	39,50	7,41	283,81
3	Сосна Pine	70	255	107,91	11,32	5,70	124,93
4	Тополь Poplar	71	453	211,32	38,07	4,03	253,42
5	Береза Birch	85	239	122,39	20,64	3,81	146,85
6	Тополь Poplar	65	597	270,17	48,87	5,57	324,61
7	Тополь Poplar	65	449	207,52	36,76	4,19	248,46
8	Береза Birch	85	209	106,81	18,05	3,33	128,19
9	Береза Birch	85	140	71,10	12,09	2,23	85,43

Таблица 3
Table 3

Схема кодирования сравниваемых данных о фитомассе двойным блоком
фиктивных переменных
The scheme of encoding the compared phytomass data with a double block
of dummy variables

Порода Breed	Фиктивные переменные Dummy variables			
	Y	X_1	X_2	X_3
Лиственница Larch	0	0	0	0
Сосна Pine	0	1	0	0
Береза Birch	0	0	1	0
Тополь Poplar	0	0	0	1
Лиственница Larch	1	0	0	0
Сосна Pine	1	1	0	0
Береза Birch	1	0	1	0
Тополь Poplar	1	0	0	1

Примечание. $Y=0$ – данные, полученные путем табулирования моделей, построенных для насаждений лесного фонда; $Y=1$ – фактические данные, полученные на пробных площадях защитных полос. Кодировка древесных пород выполнена следующими сочетаниями фиктивных переменных: лиственница $X_1=0; X_2=0; X_3=0$; сосна $X_1=1; X_2=0; X_3=0$; береза $X_1=0; X_2=1; X_3=0$; тополь $X_1=0; X_2=0; X_3=1$.

Note. $Y=0$ – data obtained by tabulating models constructed for forest stands; $Y=1$ – experimental data obtained on the sample plots of protective strips. The encoding of tree species is as follows: larch $X_1=0; X_2=0; X_3=0$; pine $X_1=1; X_2=0; X_3=0$; birch $X_1=0; X_2=1; X_3=0$; poplar $X_1=0; X_2=0; X_3=1$.

Для первого варианта использована схема кодирования сравниваемых данных о фитомассе бинарной фиктивной переменной ($Y=0$ или $Y=1$) согласно табл. 3 и получено уравнение

$$\ln Pa = -6,0418 + 1,2013 \ln A + 1,0540 \ln M + 0,1661 Y, \quad (1)$$

$$adjR^2 = 0,928; SE = 0,112,$$

где Pa – надземная фитомасса, т/га;

A – возраст древостоя, лет;

M – запас древостоя, м³/га;

Y – бинарная переменная;

$adjR^2$ – коэффициент детерминации, скорректированный на количество переменных;

SE – стандартная ошибка уравнения.

Путем подстановки в уравнение (1) средних значений возраста и запаса, а также бинарной

переменной (0 или 1), мы установили, что при фиксированных значениях возраста и запаса надземная фитомасса в защитных полосах на 18 % больше по отношению к надземной фитомассе древостоев лесного фонда.

По второму варианту выполнен анализ соотношения фитомассы четырех пород и получено уравнение

$$\ln Pa = -3,5358 + 0,7135 \ln A + 0,9944 \ln M + 0,1661 Y - 0,1954 X_1 - 0,0133 X_2 - 0,0947 X_3, \quad (2)$$

$$adjR^2 = 0,929; SE = 0,111.$$

Согласно уравнению (2), сохраняется соотношение полученной нами фактической фитомассы и фитомассы, полученной по моделям (регрессионный коэффициент при бинарной переменной Y

в обоих уравнениях равен 0,1661). Регрессионные коэффициенты при фиктивных переменных X_i дают числовые соотношения фитомассы четырех пород при условии равенства их возраста и запаса. Оказалось, что по отношению к фитомассе лиственницы фитомасса сосны имеет меньшее значение (–3 %), а фитомасса березы и тополя – большее (соответственно +17 и +7 %).

Известно, что основным условием устойчивости регрессионной модели является ее воспроизводимость на независимой выборке данных (Guttinger, 2020). Однако вследствие недостаточной репрезентативности данных это условие не соблюдается по одним источникам в 50 % (Baker, 2016), а по другим – в 84 % случаев (The current state..., 2021). Имея в виду данное обстоятельство, полученные нами результаты по сопоставлению данных как двух объектов (защитные полосы и естественные леса), так и четырех пород на пробных площадях защитных полос следует считать предварительными вследствие малочисленности данных, особенно по лиственнице и сосне.

Выводы

Таким образом, установлено, что средняя высота насаждений в защитных лесных полосах Свердловской железной дороги варьирует от 18 до 30 м, тогда как в таком же возрасте на Украине и Кубани дуб и робиния имеют высоту намного меньше – от 15 до 23 м. Но запас надземной фитомассы, напротив, в дубовых и робиниевых насаждениях больше (168–528 т/га) по сравнению с таковым в наших насаждениях (131–398 т/га).

Долевой фракционный состав фитомассы в прижелезнодорожных защитных полосах зависит от породного состава и морфоструктуры насаждений и варьирует: фитомасса стволов – от 88 до 92 %, ветвей – от 7 до 10 % и хвои (листвы) – от 1 до 3 %.

При фиксированных значениях возраста и запаса надземная фитомасса в защитных полосах на 18 % больше по отношению к надземной фитомассе древостоев лесного фонда.

В прижелезнодорожных защитных полосах фитомасса сосны по отношению к фитомассе лиственницы имеет меньшее значение (–3 %), а фитомасса березы и тополя – большее (соответственно +17 и +7 %).

Список источников

- Влияние лесополос на валовое содержание Pb и Cd и их обменные соединения в черноземах выщелоченных / Е. Н. Тихонова, Н. С. Горбунова, А. А. Сафонова [и др.] // Лесотехнический журнал. 2023. № 13 (1). С. 257–267. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2023.1/17
- Гавва И. Н., Капралов А. В., Григорьева А. В. Оценка шумогасящей роли защитных лесных насаждений вдоль железнодорожных путей // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса : матер. XIII Междунар. науч.-техн. конф. / Урал. гос. лесотехн. ун-т. Екатеринбург, 2021. С. 71–74.
- Долгилевич М. И., Попов В. П., Попова О. С. Особенности роста и формирование малорядных полезащитных лесных полос в Кулунде // Бюл. ВНИАЛМИ. 1982. № 3 (39). С. 8–14.
- Дубенок Н. Н., Танюкевич В. В., Тюрин С. В. Состояние и мелиоративная эффективность полезащитных лесонасаждений Краснодарского края // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 1. С. 36–38.
- Здорнов И. А. Структура, состояние и защитно-мелиоративная эффективность придорожных лесных полос Северного Казахстана : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.03.02 / Здорнов Игорь Александрович. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2020. 20 с.
- Кириллов С. Н., Матвеева А. А. Применение защитных лесных насаждений вдоль железных дорог для повышения устойчивости экотехнических систем // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. № 13 (5). С. 188–190.

- Кириллов С. Н., Матвеева А. А. Экологическая роль прижелезнодорожных защитных лесных насаждений в снижении техногенного воздействия // *Естественные науки*. 2008. № 3 (24). С. 27–29.
- 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.
- Кулакова Е. Н., Штепа А. А., Чернодубов А. И. Защитные лесные полосы вдоль автомобильных дорог // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2018. № 4 (51). С. 46–50. DOI: 10.12737/article_5c3de3817c03d1.22631961
- Матвеева А. А. Состояние и экологическая роль защитных лесных насаждений вдоль железных дорог (в пределах г. Волгограда) : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 03.00.16 / Матвеева Анна Александровна. Волгоград : Всерос. науч.-исслед. ин-т агролесомелиорации, 2009. 22 с.
- Неофитов Ю. А. Таблицы объемов стволов тополя и березы для полезащитных лесных полос // *Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана*. 1979. № 10. С. 60–62.
- Особливості формування запасів фітомаси та мортмаси в дубових полезахисних лісових смугах лісостепової частини Харківської області. Лісівництво і агролісомеліорація / С. В. Сидоренко, В. П. Пастернак, С. Г. Сидоренко, Г. Б. Гладун // *Forestry and Forest Melioration*. 2019. № 134. С. 104–116 (укр.). DOI: 10.33220/1026-3365.134.2019.104
- Оценка соответствия конструктивных характеристик защитных лесных полос объемам снегоприноса на участках Свердловской железной дороги / Уразов П. Н., Нагимов З. Я., Герц Э. Ф. [и др.] // *Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства*. 2024. № 1. С. 19–27. DOI: 10.21178/2079-6080.2024.1.19
- Оценка состояния и роста агролесомелиоративных насаждений из березы повислой и лиственницы сибирской в лесостепной подзоне Северного Казахстана / С. А. Кабанова, В. П. Алека, М. А. Данченко [и др.] // *В мире научных открытий*. 2016. № 1 (73). С. 89–107. DOI: 10.12731/wsd-2016-1-89-107
- Павловский Е. С. Устройство агролесомелиоративных насаждений. М. : Лесн. пром-сть, 1973. 126 с. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_007316040/ (дата обращения: 17.07.2024).
- Продуктивность и природоохранная роль полезащитных лесонасаждений *Robinia pseudoacacia* L. Прикубанской равнины / В. В. Тянукевич, А. С. Рулев, В. В. Бородычев [и др.] // *Известия вузов. Лесной журнал*. 2020. № 6. С. 88–97. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-6-88-97
- Региональные особенности создания защитных лесонасаждений вдоль автомобильных дорог / С. Н. Кружилин, Т. Ю. Баранова, М. П. Мишенина, М. А. Зайцева // *Applied Technology Research Journal*. 2018. № 8 (2). С. 22–32. DOI: 10.25726/NM.2018.2.2.003
- Рулев А. С., Рулева О. В., Сучков Д. К. Почвенно-таксационная характеристика модульных полезащитных лесных полос // *Лесохозяйственная информация*. 2021. № 1. С. 83–92. DOI: 10.24419 / LHI.2304-3083.2021.1.07
- Сердюков А. В. Средозащитная роль лесных полос вдоль железных дорог степной зоны Северного Кавказа : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 11.00.11 / Сердюков Александр Валентинович ; Новочеркасск. гос. мелиорат. акад. Новочеркасск, 1997. 24 с.
- Сидоренко С. В., Сидоренко С. Г. Підходи щодо оцінювання основних характеристик та меліоративних функцій захисних лісових смуг сучасними засобами дистанційного зондування Землі // *Ліси в умовах сучасних викликів : Матеріали міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і здобувачів (20 жовтня 2022 року, м. Харків)*. Харків, 2022. С. 24–26 (укр.).
- Состояние защитных лесных полос вдоль железных дорог Свердловской области / И. Н. Гавва, З. Я. Нагимов, А. В. Капралов, А. Ф. Уразова // *Леса России и хозяйство в них*. 2022. № 4. С. 49–55. DOI: 10.51318/FRET.2022.80.40.006

- 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.
- Танюкевич В. В., Ивонин В. М. Фитонасыщенность полевых защитных лесных полос как фактор их мелиоративного влияния // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2014. № 2 (14). С. 1–17. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=711> (дата обращения: 24.07.2024).
- Тюрин С. В. Ветрорегулирующая эффективность и влияние на ландшафтные пожары лесных полос степной зоны : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.03.03 / Тюрин Сергей Владимирович. Волгоград, 2021. 25 с.
- Уразова А. Ф., Герц Э. Ф. Состояние защитных лесных полос железных дорог и их пожарная безопасность // Успехи современного естествознания. 2022. № 4. С. 35–41. DOI: 10.17513/use.37806
- Уразова А. Ф., Нагимов З. Я., Уразов П. Н. Оценка снегозадерживающей способности защитных лесных полос вдоль железнодорожной линии Екатеринбург – Каменск-Уральский // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2024а. № 248. С. 43–56. DOI: 10.21266/2079-4304.2024.248.43-56
- 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. 2024б. № 1 (88). С. 101–111. DOI: 10.51318/FRET.2023.88.1.010
- Усольцев В. А. Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии: методы, база данных и ее приложения. Екатеринбург : УрО РАН, 2007. 636 с. URL: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3281> (дата обращения: 24.07.2024).
- Усольцев В. А., Цепордей И. С., Норицин Д. В. Аллометрические модели биомассы деревьев лесобразующих пород Урала // Леса России и хозяйство в них. 2022. № 1. С. 4–14. DOI: 10.51318/FRET.2022.85.72.001
- Фуряев В. В., Злобина Л. П. Динамика горючих материалов в пологе лиственно-сосновых молодняков // Лесное хозяйство. 1996. № 3. С. 17–18.
- Above- and below-ground carbon sequestration in shelterbelt trees in Canada : A review / R. C. Mayrinck, C. P. Laroque, B. Y. Amichev, K. Van // Rees Forests. 2019. № 10 (10). P. 922. DOI: 10.3390/f10100922
- Assessing the uncertainty of tree height and aboveground biomass from terrestrial laser scanner and hypsometer using airborne LiDAR data in tropical rainforests / S. Ojoatre, C. Zhang, Y. A. Hussin [et al.] // IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. 2019. № 12 (10). P. 4149–4159. DOI: 10.1109/JSTARS.2019.2944779
- Baker M. Is there a reproducibility crisis? // Nature. 2016. № 533 (7604). P. 452–454. URL: <https://www.researchgate.net/publication/304046209> (accessed 24.07.2024).
- Boklag V. The state measures how to improve the use and protection of land planted by protective forest belt // Baltic Journal of Economic Studies. 2016. № 2 (2). P. 14–18. DOI: 10.30525/2256-0742/2016-2-2-14-18
- Carbon sequestration and growth of six common tree and shrub shelterbelts in Saskatchewan, Canada / B. Y. Amichev, M. Bentham, S. Kulshreshtha [et al.] // Canadian Journal of Soil Science. 2016. № 97. P. 368–381. DOI: 10.1139/cjss-2016-0107
- Condition of linear landscape elements improves with contiguity to protected habitats: Empirical evidence useful for agroecosystem accounting and restoration / S. Valeri, M. F. Schmitz, B. Acosta-Gallo [et al.] // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2024. № 375. P. 109199. DOI: 10.1016/j.agee.2024.109199
- Design criteria of wind barriers for traffic / S.-D. Kwon, D.H. Kim, S.H. Lee, H.S. Song // Part 1: Wind barrier performance. Wind and Structures. 2011. № 14 (1). P. 55–70. DOI: 10.12989/was.2011.14.1.055
- Ecological development and function of shelterbelts in temperate North America / C. W. Mize, J. R. Brandle, M. M. Schoeneberger, G. Bentrup ; S. Jose and A. M. Gordon (eds.) // Toward agroforestry design : An ecological approach. Chapter 3. Springer, 2008. P. 27–54. DOI: 10.1007/978-1-4020-6572-9_3

- Establishment and potential snow storage capacity of willow (*Salix* spp.) living snow fences in south-central Minnesota, USA / *E. J. Ogdahl, D. S. Zamora, G. Johnson* [et al.] // *Agroforestry Systems*. 2016. № 90. P. 797–809. DOI: 10.1007/s10457-016-9894-2
- Farmland shelterbelt age mapping using Landsat time series images / *R. Deng, Z. Xu, Y. Li* [et al.] // *Remote Sensing*. 2022. № 14. P. 1457. DOI: 10.3390/rs14061457
- Using linear mixed model and dummy variable model approaches to construct compatible single-tree biomass equations at different scales – A case study for Masson pine in Southern China / *L. Y. Fu, W. S. Zeng, S. Z. Tang* [et al.] // *Journal of Forest Science*. 2012. № 58 (3). P. 101–115. URL: <https://www.researchgate.net/publication/220001955> (accessed 20.07.2024).
- Features of growth and design of protective forests plantings along highways of the South of Russia / *S. N. Kruzhilin, T. Y. Baranova, D. A. Dubovoy, M. V. Fathetdinova* // *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2022. № 23 (1). P. 1–10. DOI: 10.12912/27197050/143138
- Fu L., Sun W., Wang G.* A climate-sensitive aboveground biomass model for three larch species in northeastern and northern China // *Trees*. 2017. № 31. P. 557–573. DOI: 10.1007/s00468-016-1490-6
- Guertin D., Easterling W., Brandle J.* Climate change and forest in the Great Plains – Issues in modeling fragmented woodlands in intensively managed landscapes // *BioScience*. 1997. № 47 (5). P. 287–295. DOI: 10.2307/1313190
- Guttinger S.* The limits of replicability // *European Journal for Philosophy of Science*. 2020. № 10. P. 10. DOI: 10.1007/s13194-019-0269-1
- Hodovanyuk A.Y.* Forest belts for more than twenty years in need of protection // The legal aspect of the problem. Collection of papers of Actual Problems in Politics. 2012. № 49. P. 228–327.
- Lup A., Miron L.* Fighting against drought in Dobrogea by protective forest belts // *Agrarian Economy and Rural Development – Realities and Perspectives for Romania : 5th Edition of the International Symposium, November 2014, Bucharest / The Research Institute for Agricultural Economy and Rural Development (ICEADR). Bucharest, 2014. P. 69–73. URL: <https://mpr.ub.uni-muenchen.de/61724/> (accessed 20.07.2024).*
- Ozer S., Irmak M. A., Yilmaz H.* Determination of roadside noise reduction effectiveness of *Pinus sylvestris* L. and *Populus nigra* L. in Erzurum, Turkey // *Environmental monitoring and assessment*. 2018. № 144(1–3). P. 191–197. DOI: 10.1007/s10661-007-9978-6
- Renterghem T. V.* Guidelines for optimizing road traffic noise shielding by non-deep tree belts // *Ecological Engineering*. 2014. № 69. P. 276–286. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2014.04.029
- Renterghem T. V., Attenborough K., Jean P.* Designing vegetation and tree belts along roads. Chapter 5 // *Environmental methods for transport noise reduction / M. E. Nilsson, R. Klæboe, J. Bengtsson* (eds.). Oxford, U.K. : Spon Press, 2014. P. 1–23. DOI: 10.1201/b17606-6
- Shaw D.* The design and use of living snow fences in North America // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 1988. № 22/23. P. 351–362. DOI: 10.1016/0167-8809(88)90031-x
- Study of forest strip systems agrolandscapes structure / *V. M. Ivonin, I. V. Voskoboinikova, E. Yu. Matvienko, A. A. Kaklyugina* // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2020. № 574 (1). P. 012034. DOI: 10.1088/1755-1315/574/1/012034
- The current state of uncertainty reporting in ecosystem studies: a systematic evaluation of peer-reviewed literature / *R. D. Yanai, T. A. Mann, S. D. Hong* [et al.] // *Ecosphere*. 2021. № 12 (6). P. e03535. DOI: 10.1002/ecs2.3535
- Wang Y., Guo W., Xia H.* Numerical analysis of aerodynamic features of porosity-optimized wind barriers and running safety of train // *Vibroengineering Procedia*. 2015. № 5. P. 515–520. URL: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/1058432.pdf> (accessed 20.07.2024)
- Wiseman G., Kort J., Walker D.* Quantification of shelterbelt characteristics using high-resolution imagery // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2009. № 131(1–2). P. 111–117. DOI: 10.1016/j.agee.2008.10.018

Zhu J. J. Wind Shelterbelts // Encyclopedia of Ecology. Elsevier : Copenhagen, Denmark, 2008. P. 3803–3812. DOI: 10.1016/b978-008045405-4.00366-9

Zhu J., Song L. A review of ecological mechanisms for management practices of protective forests // Journal of Forestry Research. 2021. № 32. P. 435–448. DOI: 10.1007/s11676-020-01233-4

References

Above- and below-ground carbon sequestration in shelterbelt trees in Canada : A review / R. C. Mayrinck, C. P. Laroque, B. Y. Amichev, K. Van // Rees Forests. 2019. № 10 (10). P. 922. DOI: 10.3390/f10100922

Assessing the uncertainty of tree height and aboveground biomass from terrestrial laser scanner and hypsometer using airborne LiDAR data in tropical rainforests / S. Ojoatre, C. Zhang, Y. A. Hussin [et al.] // IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. 2019. № 12 (10). P. 4149–4159. DOI: 10.1109/JSTARS.2019.2944779

Assessment of the compliance of the structural characteristics of protective forest strips to the volume of snowfall on the sections of the Sverdlovsk railway / P. N. Urazov, Z. Y. Nagimov, E. F. Hertz [et al.] // Proceedings of the St. Petersburg Research Institute of Forestry. 2024. № 1. P. 19–27. DOI: 10.21178/2079-6080.2024.1.19 (In Russ.)

Assessment of the condition and growth of agroforestry plantations of birch and Siberian larch in the forest-steppe subzone of Northern Kazakhstan / S. A. Kabanova, V. P. Aleka, M. A. Danchenko [et al.] // In the World of Scientific Discoveries. 2016. № 1 (73). P. 89–107. DOI: 10.12731/wsd-2016-1-89-107 (In Russ.)

Baker M. Is there a reproducibility crisis? // Nature. 2016. № 533 (7604). P. 452–454. URL: <https://www.researchgate.net/publication/304046209> (accessed 24.07.2024).

Boklag V. The state measures how to improve the use and protection of land planted by protective forest belt // Baltic Journal of Economic Studies. 2016. № 2 (2). P. 14–18. DOI: 10.30525/2256-0742/2016-2-2-14-18

Carbon sequestration and growth of six common tree and shrub shelterbelts in Saskatchewan, Canada / B. Y. Amichev, M. Bentham, S. Kulshreshtha [et al.] // Canadian Journal of Soil Science. 2016. № 97. P. 368–381. DOI: 10.1139/cjss-2016-0107

Condition of linear landscape elements improves with contiguity to protected habitats: Empirical evidence useful for agroecosystem accounting and restoration / S. Valeri, M. F. Schmitz, B. Acosta-Gallo [et al.] // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2024. № 375. P. 109199. DOI: 10.1016/j.agee.2024.109199

Design criteria of wind barriers for traffic / S.-D. Kwon, D. H. Kim, S. H. Lee, H. S. Song // Part 1: Wind barrier performance. Wind and Structures. 2011. № 14 (1). P. 55–70. DOI: 10.12989/was.2011.14.1.055

Dolgilevich M. I., Popov V. P., Popova O. S. Features of growth and formation of low-row field-protective forest strips in Kulunda // Bulletin VNIALMI. 1982. № 3 (39). P. 8–14. (In Russ.)

Dubenok N. N., Tanyukevich V. V., Tyurin S. V. State and meliorative efficiency of field protective forest plantations of Krasnodar Krai // Russian agricultural science. 2017. № 1. P. 36–38. (In Russ.)

Ecological development and function of shelterbelts in temperate North America / C. W. Mize, J. R. Brandle, M. M. Schoeneberger, G. Bentrup ; S. Jose and A. M. Gordon (eds.) // Toward agroforestry design : An ecological approach. Chapter 3. Springer, 2008. P. 27–54. DOI: 10.1007/978-1-4020-6572-9_3

Establishment and potential snow storage capacity of willow (*Salix* spp.) living snow fences in south-central Minnesota, USA / E. J. Ogdahl, D. S. Zamora, G. Johnson [et al.] // Agroforestry Systems. 2016. № 90. P. 797–809. DOI: 10.1007/s10457-016-9894-2

Farmland shelterbelt age mapping using Landsat time series images / R. Deng, Z. Xu, Y. Li [et al.] // Remote Sensing. 2022. № 14. P. 1457. DOI: 10.3390/rs14061457

- Features of growth and design of protective forests plantings along highways of the South of Russia / S. N. Kruzhilin, T. Y. Baranova, D. A. Dubovoy, M. V. Fathetdinova // *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2022. № 23 (1). P. 1–10. DOI: 10.12912/27197050/143138
- Fu L., Sun W., Wang G. A climate-sensitive aboveground biomass model for three larch species in northeastern and northern China // *Trees*. 2017. № 31. P. 557–573. DOI: 10.1007/s00468-016-1490-6
- Furyaev V. V., Zlobina L. P. Dynamics of combustible materials in the canopy of deciduous-pine young forests // *Lesnoe khozyaystvo [Forestry]*. 1996. № 3. P. 17–18. (In Russ.)
- Gavva I. N., Kapralov A. V., Grigorieva A. V. Assessment of noise-attenuating role of protective forest plantations along the railroad tracks // *Effective response to modern challenges taking into account the interaction of man and nature, man and technology: socio-economic and environmental problems of forest complex : Proceedings of the XIII International Scientific and Technical Conference / Ural State Forest Engineering University*. Yekaterinburg, 2021. P. 71–74. (In Russ.)
- Guertin D., Easterling W., Brandle J. Climate change and forest in the Great Plains – Issues in modeling fragmented woodlands in intensively managed landscapes // *BioScience*. 1997. № 47 (5). P. 287–295. DOI: 10.2307/1313190
- Guttinger S. The limits of replicability // *European Journal for Philosophy of Science*. 2020. № 10. P. 10. DOI: 10.1007/s13194-019-0269-1
- Hodovanyuk A. Y. Forest belts for more than twenty years in need of protection // *The legal aspect of the problem. Collection of papers of Actual Problems in Politics*. 2012. № 49. P. 228–327.
- Influence of forest belts on the gross content of Pb and Cd and their exchange compounds in chernozem leached / E. N. Tikhonova, N. S. Gorbunova, A. A. Safonova [et al.] // *Forestry Journal*. 2023. № 13 (1). P. 257–267. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2023.1/17 (In Russ.)
- Kirillov S. N., Matveeva A. A. Ecological role of railroad protective forest plantations in reducing technogenic impact // *Natural sciences*. 2008. № 3 (24). P. 27–29. (In Russ.)
- Kirillov S. N., Matveeva A. A. Application of protective forest plantations along railroads to increase the stability of ecotechnical systems // *News of the Samara Scientific center of the Russian Academy of Sciences*. 2011. № 13 (5). C. 188–190. (In Russ.)
- Kovalev Yu. L. Biometric substantiation of the area of detree nutrition and optimal openwork of forest strips : autoref. dis. Cand. of Sci. Sciences : 06.03.04 / *Kovalev Yuri Lazarevich*. Volgograd : VNIALMI, 1980. 22 p.
- Kulakova E. N., Shtepa A. A., Chernodubov A. I. Protective Forest strips along automobile roads // *Bulletin of Kazan State Agrarian University*. 2018. № 4 (51). P. 46–50. DOI: 10.12737/article_5c3de3817c03d1.22631961 (In Russ.)
- Lup A., Miron L. Fighting against drought in Dobrogea by protective forest belts // *Agrarian Economy and Rural Development – Realities and Perspectives for Romania : 5th Edition of the International Symposium, November 2014, Bucharest / The Research Institute for Agricultural Economy and Rural Development (ICEADR)*. Bucharest, 2014. P. 69–73. URL: <https://mpr.ub.uni-muenchen.de/61724/> (accessed 20.07.2024).
- Matveeva A. A. State and ecological role of protective forest plantations along the railroads (within the city of Volgograd) : author's thesis. ... Candidate of Agricultural Sciences : 03.00.16 / *Matveeva Anna Aleksandrovna*. Volgograd : All-Russian scientific-research institute of agroforestry-melioration, 2009. 22 p.
- Neofitov Yu. A. Tables of volumes of poplar and birch trunks for field-protective forest strips // *Bulletin of Agricultural Science of Kazakhstan*. 1979. № 10. P. 60–62. (In Russ.)
- Ozer S., Irmak M. A., Yilmaz H. Determination of roadside noise reduction effectiveness of *Pinus sylvestris* L. and *Populus nigra* L. in Erzurum, Turkey // *Environmental monitoring and assessment*. 2018. № 144 (1–3). P. 191–197. DOI: 10.1007/s10661-007-9978-6
- Pavlovskiy E. S. Arrangement of agroforest ameliorative plantations. Moscow : *Lesnaya Promyshlennost'*, 1973. Vol. 126. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_007316040/ (accessed 17.07.2024). (In Russ.)

- Peculiarities of phytomass and mortmass stocks formation in oak shelterbelts of the forest-steppe part of Kharkiv region. Forestry and agroforestry melioration / S. V. Sydorenko, V. P. Pasternak, S. G. Sydorenko, G. B. Gladun // Forestry and Forest Melioration. 2019. № 134. P. 104–116. DOI: 10.33220/1026-3365.134.2019.104 (In Ukrainian)
- Productivity and conservation role of pole-protective forest plantations *Robinia pseudoacacia* L. of the Kuban plain / V. V. Tanyukevich, A. S. Rulev, V. V. Borodychev [et al.] // Izvestiya vuzov. Forest journal. 2020. № 6. P. 88–97. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-6-88-97 (In Russ.)
- Regional peculiarities of protective afforestation along highways / S. N. Kruzhilin, T. Y. Baranova, M. P. Mishenina, M. A. Zaitseva // Applied Technology Research Journal. 2018. № 8 (2). P. 22–32. DOI: 10.25726/NM.2018.2.2.003 (In Russ.)
- Renterghem T. V. Guidelines for optimizing road traffic noise shielding by non-deep tree belts // Ecological Engineering. 2014. № 69. P. 276–286. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2014.04.029
- Renterghem T. V., Attenborough K., Jean P. Designing vegetation and tree belts along roads. Chapter 5 // Environmental methods for transport noise reduction / M. E. Nilsson, R. Klæboe, J. Bengtsson (eds.). Oxford, U.K. : Spon Press, 2014. P. 1–23. DOI: 10.1201/b17606-6
- Rulev A. S., Ruleva O. V., Suchkov D. K. Soil-taxation characteristic of modular field-protective forest strips // Lesokhozyaystvennaya informatsiya. 2021. № 1. P. 83–92. DOI: 10.24419 / LHI.2304-3083.2021.1.07 (In Russ.)
- Serdyukov A. V. The protective role of forest strips along the railroads of the steppe zone of the North Caucasus : abstract of the diss. ... Candidate of agricultural sciences : 11.00.11 / Serdyukov Alexander Valentinovich. Novocherkassk. gos. meliorative academy. Novocherkassk, 1997. 24 p.
- Shaw D. The design and use of living snow fences in North America // Agriculture, Ecosystems and Environment. 1988. № 22/23. P. 351–362. DOI: 10.1016/0167-8809(88)90031-x
- State of protective forest belts along the railroads of the Sverdlovsk region / I. N. Gavva, Z. Y. Nagimov, A. V. Kapralov, A. F. Urazova // Forests of Russia and management in them. 2022. № 4. P. 49–55. DOI: 10.51318/FRET.2022.80.40.006 (In Russ.)
- Study of forest strip systems agrolandscapes structure / V. M. Ivonin, I. V. Voskoboynikova, E. Yu. Matvienko, A. A. Kaklyugina // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. № 574 (1). P. 012034. DOI: 10.1088/1755-1315/574/1/012034
- Sydorenko S. V., Sydorenko S. G. Approaches to assessing the main characteristics and reclamation functions of protective forest belts by modern means of remote sensing // Forests in the context of modern challenges : Materials of the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Postgraduate Students and Applicants (October 20, 2022, Kharkiv). Kharkiv, 2022. P. 24–26. (In Ukrainian)
- Tanyukevich V. V. Ameliorative role of phytomass of forest strips of steppe agrolandscapes of the Middle and Lower Don: autoref. diss. ... Dr. of agricultural sciences : 06.03.03 / Tanyukevich Vadim Viktorovich. Volgograd : VNIALMI, 2015. 47 p.
- Tanyukevich V. V., Ivonin V. M. Phytosaturation of field-protective forest strips as a factor of their ameliorative influence // Scientific Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2014. № 2 (14). P. 1–17. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=711> (accessed 24.07.2024). (In Russ.)
- The current state of uncertainty reporting in ecosystem studies: a systematic evaluation of peer-reviewed literature / R. D. Yanai, T. A. Mann, S. D. Hong [et al.] // Ecosphere. 2021. № 12 (6). P. e03535. DOI: 10.1002/ecs2.3535
- Tyurin S. V. Wind-regulating efficiency and influence on landscape fires of forest strips of the steppe zone : autoref. diss. ... Cand. of agricultural sciences : 06.03.03 / Tyurin Sergey Vladimirovich. Volgograd, 2021. 25 p.

- Urazova A. F., Hertz E. F.* Condition of protective forest belts of railroads and their fire safety // *Uspekhi sovremennoi naukhstvennost' naukhstvennost'* [Successes of modern natural science]. 2022. № 4. P. 35–41. DOI: 10.17513/use.37806 (In Russ.)
- Urazova A. F., Nagimov Z. Y., Urazov P. N.* Estimation of snow-holding capacity of protective forest strips along the railroad line Yekaterinburg – Kamensk-Uralsky // *News of the St. Petersburg Forestry Academy*. 2024a. № 248. P. 43–56. DOI: 10.21266/2079-4304.2024.248.43-56 (In Russ.)
- Urazova A. F., Nagimov Z. Y., Urazov P. N.* Taxation characteristic of protective forest strips along the railroad Yekaterinburg – Kamensk-Uralsky // *Forests of Russia and economy in them*. 2024б. № 1 (88). P. 101–111. DOI: 10.51318/FRET.2023.88.1.010 (In Russ.)
- Usoltsev V. A.* Biological productivity of forests of Northern Eurasia: methods, database and its applications. Yekaterinburg : Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2007. Vol. 636. URL: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3281> (accessed 24.07.2024). (In Russ.)
- Usoltsev V. A., Tsepordei I. S., Noritsin D. V.* Allometric models of tree biomass of forest-forming species of the Urals // *Forests of Russia and economy in them*. 2022. № 1. P. 4–14. DOI: 10.51318/FRET.2022.85.72.001 (In Russ.)
- Using linear mixed model and dummy variable model approaches to construct compatible single-tree biomass equations at different scales – A case study for Masson pine in Southern China / *L. Y. Fu, W. S. Zeng, S. Z. Tang* [et al.] // *Journal of Forest Science*. 2012. № 58 (3). P. 101–115. URL: <https://www.researchgate.net/publication/220001955> (accessed 20.07.2024).
- Wang Y., Guo W., Xia H.* Numerical analysis of aerodynamic features of porosity-optimized wind barriers and running safety of train // *Vibroengineering Procedia*. 2015. № 5. P. 515–520. URL: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewById/1058432.pdf> (accessed 20.07.2024)
- Wiseman G., Kort J., Walker D.* Quantification of shelterbelt characteristics using high-resolution imagery // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2009. № 131(1–2). P. 111–117. DOI: 10.1016/j.agee.2008.10.018
- Zdornov I. A.* Structure, condition and protective and ameliorative efficiency of roadside forest strips in Northern Kazakhstan : author's thesis ... Candidate of Agricultural Sciences : 06.03.02 / *Zdornov Igor Alexandrovich*. Yekaterinburg : Ural State Forest University, 2020. 20 p.
- Zhu J. J.* Wind Shelterbelts // *Encyclopedia of Ecology*. Elsevier : Copenhagen, Denmark, 2008. P. 3803–3812. DOI: 10.1016/b978-008045405-4.00366-9
- Zhu J., Song L.* A review of ecological mechanisms for management practices of protective forests // *Journal of Forestry Research*. 2021. № 32. P. 435–448. DOI: 10.1007/s11676-020-01233-4

Информация об авторах

П. Н. Уразов – аспирант;

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

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

Information about the authors

P. N. Urazov – graduate student;

V. A. Usoltsev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;

A. F. Urazova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor.

Статья поступила в редакцию 15.10.2024; принята к публикации 15.11.2024.

The article was submitted 16.10.2024; accepted for publication 15.11.2024.
