

Оригинальная статья

DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.3/8>

УДК 630.226



Критерии выделения плюсовых насаждений в полезащитных лесных полосах на Северо-Западном Кавказе

Юрий И. Сухоруких, drsuchor@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5073-6102>

Светлана Г. Биганова, svetlanabiganowa@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0581-3612>

Майкопский государственный технологический университет, ул. Первомайская, 191, г. Майкоп, 385000, Российская Федерация

Полезащитные лесные полосы являются одним из ведущих объектов, обеспечивающих сохранение плодородия почв и повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий. Их создание требует использования соответствующего селекционного материала. Для этого выделяются соответствующие лесосеменные объекты, одним из которых являются плюсовые насаждения. Для их отбора требуется разработка соответствующих требований с учетом региональных особенностей. Целью настоящей работы являлось уточнение критериев выделения плюсовых насаждений для целей полезащитного лесоразведения на Северо-Западном Кавказе. При этом решались задачи, связанные с подбором высокопродуктивных полезащитных лесных полос из перспективных видов, проведением селекционной оценки, определением на них соотношения особей различных селекционных категорий, сравнением полученных результатов с данными других авторов в различных условиях. В полезащитных лесных полосах заложено 15 пробных площадей из дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), робинии псевдоакация (акация белая) (*Robinia pseudoacacia* L.), ясеня ланцетного (*Fraxinus lanceolata* В.), ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior* L.), гледичии трёхколючковой (*Gleditschia triacanthos* L.). На каждой пробной площади по соответствующей региональной методике произведена селекционная оценка 144 – 572 деревьев. Обработка полученных результатов осуществлялась с использованием лицензионной программы Stadia 8.0/prof. На отобранных объектах вычислено соотношение плюсовых и нормальных деревьев к минусовым. Участки полезащитных лесных полос, в которых доля минусовых деревьев при селекционной инвентаризации составляет 29% и менее, рекомендовано выделять в качестве плюсовых в регионе. Для меньшего объема выборки необходимо уточнение доли минусовых деревьев.

Ключевые слова: полезащитные лесные полосы, *Quercus robur* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Fraxinus lanceolata* В., *Fraxinus excelsior* L., *Gleditschia triacanthos* L., плюсовые насаждения, критерии отбора, региональные особенности, селекционные категории деревьев, лесные участки.

Финансирование: Исследования выполнялись за счет средств гранта ФГБОУ ВО «МГТУ», шифр работы НП6-2023 и хоз. договора № X15-21.

Благодарности: авторы благодарят рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Сухоруких, Ю. И. Критерии выделения плюсовых насаждений в полезащитных лесных полосах на Северо-Западном Кавказе / Ю. И. Сухоруких, С. Г. Биганова // Лесотехнический журнал. – 2023. – Т. 13. – № 3 (51). – С. 102–116. – Библиогр.: с. 113–116 (20 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.3/8>.

Поступила 13.07.2023. Пересмотрена 10.11.2023. Принята 11.11.2023. Опубликована онлайн 30.11.2023.

Article

Selection Criteria for Plus Stands in Field-Protective Forest Belts in the North-Western Caucasus

Yuri I. Sukhorukikh, drsuchor@rambler.ru,  <https://orcid.org/0000-0001-5073-6102>

Svetlana G. Biganova, svetlanabiganowa@yandex.ru,  <https://orcid.org/0000-0002-0581-3612>

Maykop State Technological University, Pervomayskaya str., 191, Maykop, 385000, Russian Federation

Abstract

Field-Protective Forest Belts (FPFB) are one of the leading objects that ensure the preservation of soil fertility and increase the productivity of agricultural land. The appropriate breeding material is needed for their creation. The suitable forest-seeded objects are selected for this purpose, one of them are plus stands (PS). For the selection of PS, it is necessary to develop appropriate requirements taking into account their regional features. The purpose of this work was to set the PS selection criteria for protective afforestation in the North-Western Caucasus. In this regard, the following tasks have been performed: selection of highly productive forest belts from promising species, selection assessment, determining the ratio of individuals of various breeding categories, comparing the results obtained with data from other authors in various conditions. Fifteen sample plots (SP) have been laid in the field-protective forest belts consisting of pedunculate oak (*Quercus robur* L.), pseudoacacia robinia (white acacia) (*Robinia pseudoacacia* L.), lanceolate ash (*Fraxinus lanceolata* B.), common ash (*Fraxinus excelsior* L.), three-pronged gleditschia (*Gleditschia triacanthos* L.). Thus, 144 – 572 trees were assessed on each sample plot according to the corresponding regional methodology. The processing of the obtained results was carried out using the licensed program Stadia 8.0/prof. The ratio of plus and normal trees to minus trees was calculated on the selected objects. The plantings with 29% or less of minus trees in the selection inventory are recommended to be selected as plus trees in the region. For a smaller sample size, it is necessary to clarify the proportion of negative trees.

Keywords: field-protective forest belts, *Quercus robur* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Fraxinus lanceolata* B., *Fraxinus excelsior* L., *Gleditschia triacanthos* L. plus stands, selection criteria, regional features, selection categories of trees, forest areas.

Funding: The research was carried out at the expense of the grant of FSBI HE “Maykop State Technological University”, the code NP6-2023, the Contract no. X15-21.

Acknowledgements: the authors thank the reviewers for their contribution to the expert evaluation of the article.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

For citation: Sukhorukikh Y. I., Biganova S. G. (2023). Selection Criteria for Plus Stands in Field-Protective Forest Belts in the North-Western Caucasus. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry Engineering journal], Vol. 13, No. 3 (51), pp. 102-116 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.3/8>.

Received 13.07.2023. *Revised* 10.11.2023. *Accepted* 11.11.2023. *Published online* 30.11.2023.

Введение

Сохранение плодородия почв и повышение продуктивности агроландшафтов является важной государственной задачей для Российской Федерации [8-10, 19]. В этом значительная роль принад-

лежит полезащитным лесным полосам [1, 4]. Их эффективность доказана в многочисленных исследованиях отечественных и зарубежных авторов [18-20].

Проблема создания новых высокопродуктивных полезащитных лесных полос является острой в связи с их неудовлетворительным состоянием во многих регионах страны [5,10,14]. Для ее разрешения необходимо проведение селекционных работ по выделению и созданию устойчивых и высокопроизводительных, хозяйственно-ценных сортов и форм лесных растений [3,10,16]. Учитывая длительный срок создания и испытания лесосеменных плантаций в ближайшее время решение этой проблемы будет связано именно с использованием семян от плюсовых насаждений, отбираемых в лучших полезащитных лесных полосах. Такой подход не только ускорит получение высокопродуктивного селекционного материала, но и будет способствовать сохранению лучшего генофонда лесных древесных видов растений [16].

Плюсовые насаждения – это самые высокопродуктивные, высококачественные и устойчивые для данных лесорастительных условий насаждения. Выделяют их на основе селекционной инвентаризации с учётом определенных требований и целевого использования. Единых правил отбора плюсовых насаждений нет и для этих целей необходима разработка региональных рекомендаций (Приказ Минприроды России от 20.10.2015 № 438 «Об утверждении Правил создания и выделения объектов лесного семеноводства (лесосеменных плантаций, постоянных лесосеменных участков и подобных объектов)» URL: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-minprirody-rossii-ot-20102015-n-438/> (дата обращения: 04.07.2023). В качестве критерия может использоваться доля минусовых деревьев и полнота на отбираемом плюсовом насаждении [2,15].

Однако учет полноты насаждения мало приемлем для полезащитных лесных полос, поскольку для многих регионов отсутствуют соответствующие таблицы хода роста, что не позволяет точно определить полноту. Также различие продуктивности особей в крайних и срединных рядах полезащитной лесной полосы потребует дополнительных таблиц с учетом их конструкции. Подобный научный подход усложнит селекционные работы и не будет способствовать их качественному выполнению. Здесь наиболее приемлем метод учета

соотношения деревьев различных селекционных категорий, ориентированный на региональные особенности и сложившуюся практику выделения участков, имеющих высокую продуктивность и отличное состояние [2,15,16]. При этом следует учитывать специфику и целевое назначение создаваемых объектов [6,7,17].

В литературе сообщается о формировании лесной среды в предельно узких полезащитных лесных полосах [13]. Визуально подобный процесс наблюдался и нами на изучаемых и аналогичных объектах. Теоретически это позволяет предположить о наличии некоторых сходных процессов развития растительных сообществ с участием лесных видов и возможности сравнения аналогичных критериев выделения лесосеменных объектов. Имеются данные, что в аттестованном плюсовом насаждении дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) на заложенных в нем пробных площадях различной численности наблюдается значительное изменение доли минусовых деревьев. Детально этот вопрос не изучался [2].

Необходимость отбора плюсовых насаждений и отсутствие региональных критериев для их выделения с учетом численности особей делает проблему актуальной.

Целью работы является разработка критериев выделения плюсовых насаждений в полезащитных лесных полосах с учетом доли минусовых деревьев и численности особей в выборке для условий Северо-Западного Кавказа.

Материалы и методы

Предмет и объект исследования

Исследования проводились в лучших по состоянию и развитию 3-9 рядных полезащитных лесных полосах Северо-Западного Кавказа (Краснодарский край и Республика Адыгея), созданных из основных пород – ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior* L.), робинии псевдоакалии (акалии белой) (*Robinia pseudoacacia*), ясеня ланцетного (*Fraxinus lanceolata* B.), гледичии трёхколючковой (*Gleditsia triacanthos* L.), дуба черешчатого (*Quercus robur* L.). Для каждого вида заложено по три пробных площади, всего 15 площадей. Их таксационные показатели и местоположение приводятся в табл. 1.

Сбор данных

Предварительно собирали сведения о местах произрастания полевых защитных лесных полос из изучаемых видов. В ходе экспедиционных работ осуществлялся визуальный осмотр состояния и продуктивности объектов. Устанавливались координаты нахождения и высота над уровнем моря для каждого объекта. Для каждого изучаемого вида обследовалась 50 – 80 полос, из которых на основе вычисленного бонитета и визуальной оценки состояния выбирались соответствующие плюсовым насаждения. Общая протяженность экспедиционных маршрутов составила 2500 км. На опытных объектах сплошной селекционной оценке подвергались 144 – 572 растения на пробных площадях длиной 110 – 750 м. Крайние ряды полосы длиной 50 м в учет не включались. Возраст определялся по срезанным пням, а при их отсутствии – по кернам, взятых возрастным буром, бонитет по справочным материалам [12]. Среднюю высоту деревьев на каждой пробной площади устанавливали на основе ее измерения высотомером у 15 особей и последующего определения среднего значения. Отбор растений для этого производился в случайном порядке по всей площади участка.

Координаты, высоту над уровнем моря определяли с использованием GPS-навигатора.

Плюсовые, нормальные, минусовые деревья выделяли согласно придержкам превышения по высоте и состоянию (табл. 2) [11].

Анализ данных

Статистическую обработку данных осуществляли с использованием лицензионной программы Stadia 8.0/prof. Значение критерия отбора плюсовых насаждений в полевых защитных лесных полосах устанавливали, как среднее по всем пробным площадям на основании соотношения минусовых деревьев к их общему числу на объекте.

Нахождение теоретических значений численности минусовых деревьев осуществляли по моделям, вычисленным общепринятым методом наименьших квадратов с использованием стандартного регрессионного анализа. Статистическую связь между показателями устанавливали по обычно применяемому для подобных исследований значению коэффициентов Спирмена и Кендала. Сопряженность видового состава с долей минусовых деревьев, минусовых с плюсовыми и нормальными устанавливали с использованием статистики Хи-квадрат, которая представляет собой нормированную сумму квадратов различий между эмпирическими и теоретическими частотами встречаемости признака.

Выводы делались на основании заключений, выдаваемых программой. Основные параметры заключения в работе приводятся без изменений. Для удобства компоновки текста графический материал создавался с использованием программы Microsoft Excel.

Таблица 1

Таксационные показатели пробных площадей, используемых в исследовании для выделения плюсовых, минусовых и нормальных деревьев в полевых защитных лесных полосах

Table 1

Taxation indicators of trial plots used in this study for the allocation of plus, minus and normal trees in field shelterbelt

Номер пробной площади/Trial area number	Широта / Latitude	Долгота / Longitude	Высота над уровнем моря, м/ Height above sea level, m	Возраст, лет/ Age, years	Происхождение/ Origin	Средняя высота, м/ Average height, m	Бонитет / Site class
1	С 45°05'08.1032"	В40°20'07.1899"	99	55	Семенное	19.6	1
2	С44°47'30.0349"	В 40°09'28.9147"	169	45	Семенное	18.9	1А
3	С 45°20'34.4029"	В 39°46'52.5271"	74	65	Семенное	24.9	1А
4	С 44°47'18.1697"	В 40°08'49.5401"	168	45	Семенное	17.4	1
5	С 44°51'20.2877"	В 39°50'14.9253"	90	55	Семенное	19.6	1

Природопользование

Номер пробной площади/Trial area number	Широта / Latitude	Долгота / Longitude	Высота над уровнем моря, м/ Height above sea level, m	Возраст, лет/ Age, years	Происхождение/ Origin	Средняя высота, м/ Average height, m	Бонитет / Site class
6	С 44°52'02.5073"	В 40°07'03.5207"	136	50	Семенное	15.8	2
7	С 44°41'57.6444"	В 40°40'34.1076"	238	40	Семенное	15.2	1
8	С 45°17'13.2033"	В 39°51'39.9263"	95	40	Семенное	15.8	1
9	С 45°10'44.8977"	В 40°35'28.1993"	114	27	Порослевое	17.1	1А
10	С 44°37'22.3480"	В 40°03'17.8392"	202	48-50	Семенное	17.7	1
11	С 44°37'58.1099"	В 40°37'42.0501"	336	40-42	Семенное	17.2	1
12	С 45°18'57.6325"	В 39°53'49.3547"	85	65	Семенное	18.1	2
13	С 44°38'00.4873"	В 40°37'03.4649"	262	48-50	Семенное	25.4	1Б
14	С 45°02'44.5524"	В 39°49'38.7827"	57	55	Семенное	20.1	1
15	С 44°35'18.4923"	В 40°51'14.3845"	345	65	Семенное	21.3	1

Источник: собственные вычисления авторов.

Source: authors' own calculations.

Таблица 2

Характеристика деревьев различных селекционных категорий, выделяемых в данном исследовании

Table 2

Characteristics of trees of various breeding categories identified in this study

Категория Category	Критерии идентификации дерева Tree identification criteria
Плюсовые Plus trees	<p>Деревья хорошего и выдающегося развития, превышающие среднее значение по высоте на 25% и более, окраска и величина листьев, густота и форма, наличие сухих и усыхающих ветвей в кроне типичные для здоровых особей этой породы, возраста, сезона и условий местопроизрастания, прирост текущего года не снижен, повреждения стволов, ветвей вредителями и поражение болезнями отсутствуют, механических повреждений ствола, скелетных ветвей, ран, дупел нет.</p> <p> Trees of good and outstanding development, exceeding the average height by 25% or more, color and size of leaves, density and shape, the presence of dry and drying branches in the crown are typical for healthy individuals of this breed, age, season and growing conditions, the growth of the current year is not reduced, damage to trunks, branches by pests and damage there are no diseases, no mechanical damage to the trunk, skeletal branches, wounds, hollows.</p>
Минусовые Minus trees	<p>Деревья слаборазвитые, имеющие высоту на 25% менее средней. Независимо от высоты - особи в активной стадии повреждения неблагоприятными факторами с явно выраженными признаками ухудшения состояния: листья менее и светлее типичных для этой породы, возраста, сезона и условий местопроизрастания, деревья частично усохшие или усыхающие, значительно суховершинные, имеющие недостаточно развитую ажурную крону, прирост слабый (менее половины обычного), наличие в кроне по причине ослабления усыхающих более 2/3 или сухих ветвей более 35%, обильные водяные побеги на стволе и ветвях, плодовые тела трутовых грибов, дупла, значительные механические повреждения ствола, сильные признаки повреждения болезнями и вредителями листьев, частые - ствола, корневых лап, ветвей, в том числе, попытки или местные поселения стволовых вредителей,(входные отверстия, насечки, сокотечение, буровая мука и опилки, насекомые на коре, под корой и в древесине), деревья в сильной степени с высокой вероятностью их усыхания в текущем или следующем вегетационном периоде, деревья</p>

Категория Category	Критерии идентификации дерева Tree identification criteria
	усохшие в текущем вегетационном периоде и живые ветровальные в текущем году. The trees are underdeveloped, having a height of 25% less than average. Regardless of height - individuals in the active stage of damage by adverse factors with pronounced signs of deterioration: leaves are less and lighter than typical for this breed, age, season and growing conditions, trees are partially shrunken or shrinking, significantly dry-topped, with insufficiently developed openwork crown, weak growth (less than half of the usual), the presence in the crown due to the weakening of drying more than 2/3 or more than 35% dry branches, abundant water shoots on the trunk and branches, fruit bodies of tinder mushrooms, hollows, significant mechanical damage to the trunk, strong signs of damage by diseases and pests of leaves, frequent - trunks, root paws, branches, including attempts or local settlements of stem pests, (entrance holes, notches, sap flow, drilling flour and sawdust, insects on the bark, under the bark and in the wood), trees to a strong extent with a high probability of their shrinking in the current or next growing season, shrunken trees in the current growing season and live wind trees in the current year.
Нормальные Normal trees	Все остальные Everyone else

Источник: Сухоруких, Ю.И. Критерии отбора плюсовых деревьев для защитного лесоразведения / Ю. И. Сухоруких, С. Г. Биганова, А. П. Глинушкин, Л. Л. Свиридова // Новые технологии. – 2023. – Т. 19. – № 1. – С. 69-79. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/POBCRO>

Source: Sukhorukikh, Yu.I. Criteria for the selection of plus trees for protective afforestation / Yu. I. Sukhorukikh, S. G. Biganova, A. P. Glinushkin, L. L. Sviridova // New technologies. – 2023. – Vol. 19. – No. 1. – PP. 69-79. – DOI: <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-1-69-79>.

Результаты и обсуждение

Анализ таксационных показателей пробных площадей (табл. 1) указывает, что отобранные для изучения насаждения по продуктивности в конкретных условиях соответствуют требованиям, предъявляемым к отбираемым в качестве плюсовых насаждений. Так, по высшим бонитетам 1б – 1 произрастало 86.67% участков. Остальные 2, представляющие 13.33% выборки имели показатели 2 бонитета, но отобраны по продуктивности и состо-

янию, как лучшие для своих условий, что не противоречит принципам отбора плюсовых насаждений [3,8,15]. Близкие значения бонитетов плюсовых насаждений дуба на лесных участках отмечены в Центральном Черноземье России, которые составили для 1а – 1 бонитета – 83.33; 1.5 бонитета (по правилам округления 2) – 16.67%, процентное соотношение вычисляли по данным [2]. Соотношение различных селекционных категорий деревьев на изучаемых объектах представлено в табл. 3.

Таблица 3

Соотношение селекционных категорий деревьев в полезащитных лесных полосах на Северо-Западном Кавказе

Table 3

The ratio of breeding categories of trees in field-protective forest belts in the North-Western Caucasus

№ пробной площади	Количество учтённых деревьев, шт.	Количество плюсовых и нормальных деревьев		Количество минусовых деревьев	
		шт.	%	шт.	%
1	334	247	73.95	87	26.05
2	202	136	67.33	66	32.67
3	174	122	70.11	52	29.89
4	144	112	77.78	32	22.22
5	383	270	70.50	113	29.50
6	572	411	71.85	161	28.15

Природопользование

№ пробной площади	Количество учтённых деревьев, шт.	Количество плюсовых и нормальных деревьев		Количество минусовых деревьев	
		шт.	%	шт.	%
7	354	253	71.47	101	28.53
8	374	255	68.18	119	31.82
9	267	190	71.16	77	28.84
10	226	156	69.03	70	30.97
11	388	281	72.42	107	27.58
12	291	200	68.73	91	31.27
13	430	306	71.16	124	28.84
14	431	290	67.29	141	32.71
15	330	250	75.76	80	24.24
Среднее, %			71.11		28.89

Примечание. Упомянутые в работе категории плюсовые деревья и плюсовые насаждения носят условный характер, поскольку юридически данный статус присваивается им после оформления соответствующей документации и аттестации специальной комиссией. Для данного исследования подобное документальное оформление не требуется.

Note: The categories of plus trees and plus plantings mentioned in the work are conditional, since legally this status is assigned to them after the relevant documentation is issued and attested by a special commission. For this study, such documentation is not required.

Источник: собственные вычисления авторов.

Source: authors' own calculations

Результаты статистической обработки данных не выявили достоверной связи сопряжённости видового состава с соотношением численности плюсовых и нормальных к минусовым деревьям (Хи-квадрат = 15.81, значимость $p = 0.33$, степен. свободы = 14. Гипотеза 0: Нет связи между признаками), а также с долей минусовых деревьев (%) в выборке (Хи-квадрат = 9.281, значимость $p = 0.8127$, степен. свободы = 14. Гипотеза 0: Нет связи между признаками).

В пределах численности изучаемых выборок также отсутствует статистически достоверная связь между количеством учтённых (шт.) и долей (%) минусовых деревьев (коэффициент Кендала = 0.0381, $Z = 0.1979$, значимость $p = 0.4215$, степени свободы = 15; гипотеза 0: нет корреляции между выборками. Коэффициент Спирмена = 0.02946, $Z = 0.1059$. Значимость = 0.4578, степени свободы = 15. Гипотеза 0: нет корреляции между выборками). Аналогичный вывод сделан и при построении регрессионной модели (рис. 1). Данные результаты указывают на селекционную однородность отобранных пробных площадей.

Таким образом, для изучаемых объектов независимо от видового состава возможно использовать среднее значение показателя. Для минусовых деревьев оно составило 28.89 %, или округлённо, как это принято в соответствующих нормативных документах, равно 29 %. Соответственно, на долю плюсовых и нормальных деревьев приходится 71 % (табл. 3).

Для проверки вывода дополнительно создана модель зависимости численности минусовых деревьев от объема выборки (рис.2). На её основе рассчитаны теоретические значения количества минусовых деревьев (шт./%) для выборок различной величины (табл.4). Как следует из полученных данных, доля минусовых деревьев составила 28.67 % при выборке 144 особи. Это близкое значение с полученным другим методом показателем – 28.89 %. Для большего объема выборки доля минусовых деревьев не изменяется в пределах значений округления 29 % (табл.3).

Учитывая формирование лесной среды в защитных лесных полосах [13] на основании данных других авторов нами проведено сравнение

доли минусовых деревьев на пробных площадях различной численности, заложенных в аттестованном плюсовом насаждении дуба черешчатого

(*Quercus robur* L.) в Центральном Черноземье России [2]. Исходные литературные данные представлены в табл. 5.

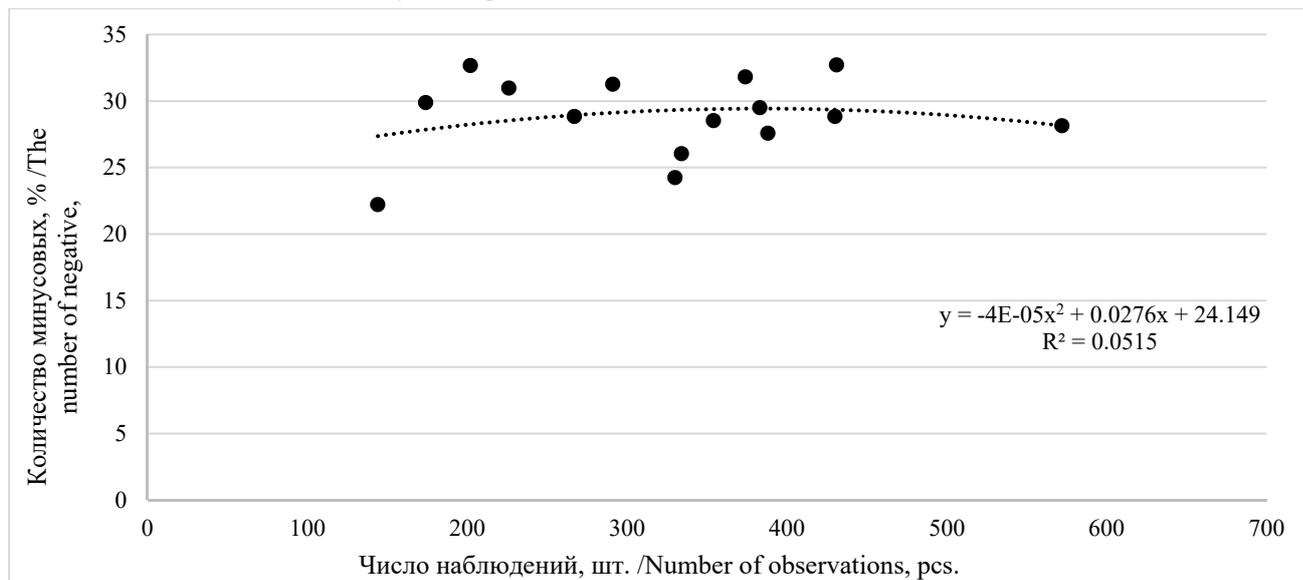


Рисунок 1. Зависимость количества минусовых деревьев (%) от числа учтённых деревьев (шт.) на пробных площадях на Северо-Западном Кавказе.

Figure 1. The dependence of the number (%) of minus oak trees on the number taken into account in the sample plots in the North-Western Caucasus.

Источник: собственные вычисления авторов
Source: authors' own calculations

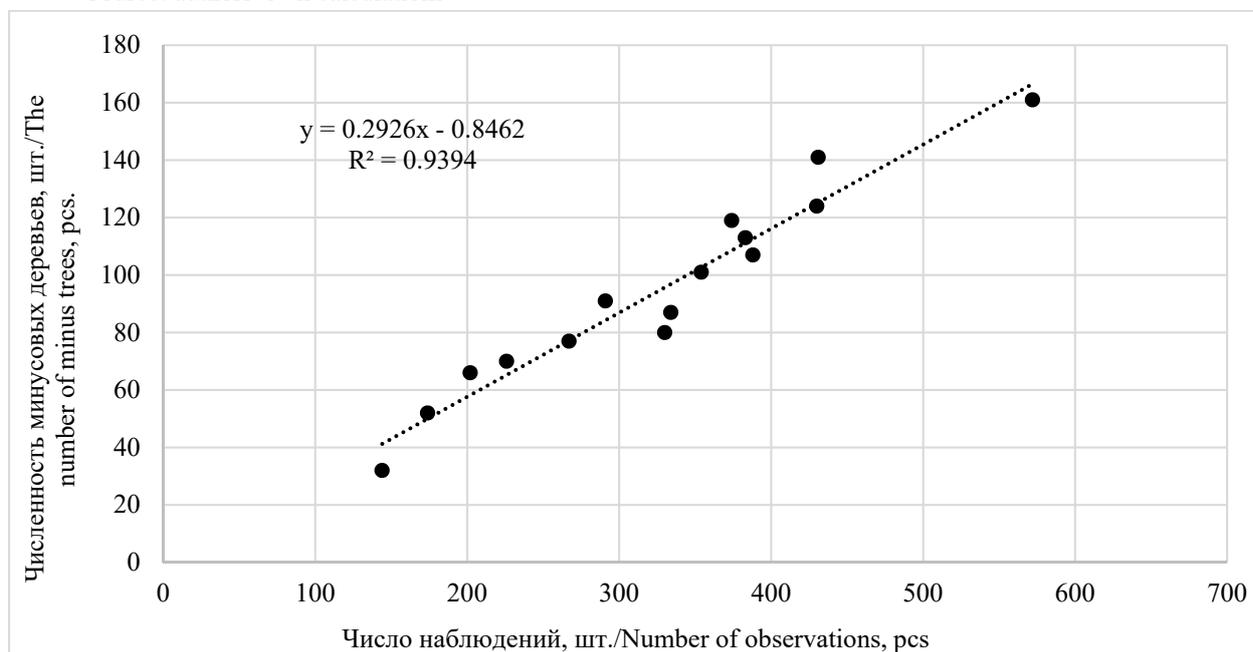


Рисунок 2. Зависимость количества минусовых деревьев (шт.) от общей численности выборки (шт.) на пробных площадях на Северо-Западном Кавказе

Figure 2. The dependence of the number of minus trees (pcs.) on the total number of samples (pcs.) in the sample areas in the North-Western Caucasus

Источник: собственные вычисления авторов
Source: authors' own calculations

Таблица 4

Расчетное количество минусовых деревьев на пробных площадях Северо-Западного Кавказа в зависимости от объема выборки

Table 4

The estimated number of negative trees in the sample areas of the North-Western Caucasus, depending on the sample size

Объем выборки, шт./ Sample size, pcs.	144	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Расчетное число минусовых деревьев, шт./ The estimated number of minus trees, pcs.	41.29	43.04	57.67	72.30	86.93	101.56	116.19	130.82	145.45	160.08	174.71
Расчетное количество минусовых деревьев, %/ Estimated number of negative trees, %	28.67	28.70	28.84	28.92	28.98	29.02	29.05	29.07	29.09	29.11	29.12

Источник: собственные вычисления авторов.

Source: authors' own calculations.

Таблица 5

Численность учтенных и доля минусовых деревьев на пробных площадях дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в Центральном Черноземье России (извлечение из литературных данных [2]).

Table 5

The number of registered and the proportion of negative trees on the trial areas (*Quercus robur* L.) of oak in the Central Chernozem region of Russia (extract from the literature data [2]).

Номер пробной площади/ Trial area number	Численность учтенных деревьев, шт./ The number of registered trees, pcs.	Минусовых деревьев, шт. / % / Minus trees, pcs. / %
1	84	16 / 19.05
2	108	32 / 29.63
3	102	26 / 25.49
4	102	13 / 12.95
5	129	29 / 22.48
6	90	15 / 16.67
7	75	3 / 4.0
8	104	12 / 11.54
9	42	6 / 14.29
10	27	3 / 11.11

Источник: извлечение из литературных данных [2].

Source: extract from literature data [2]

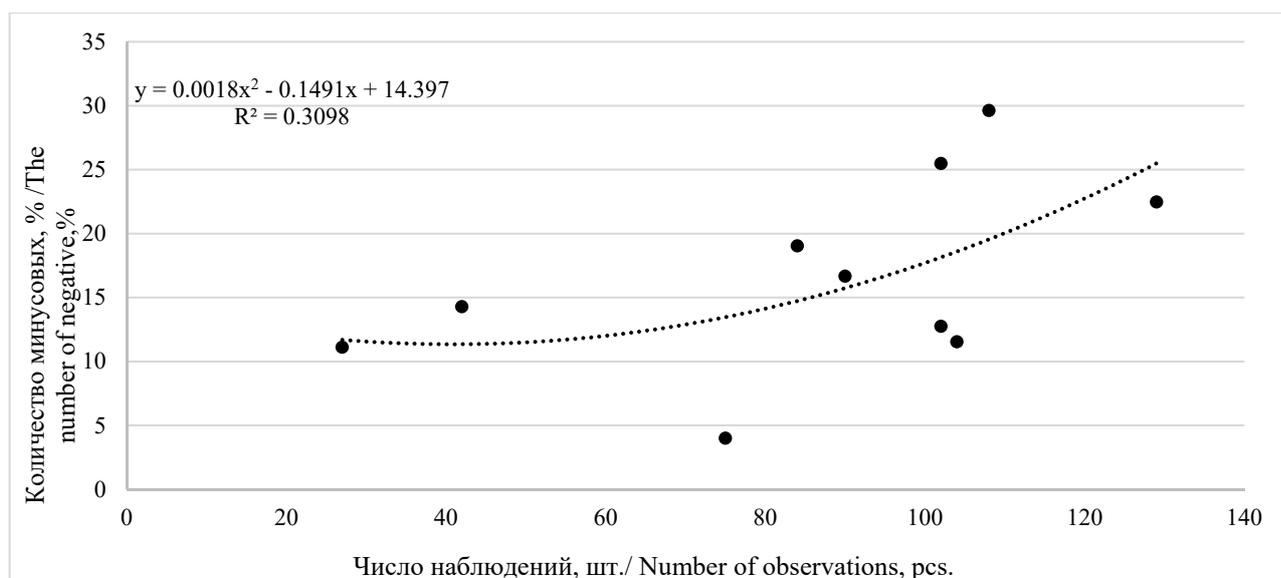


Рисунок 3. Зависимость доли (%) минусовых деревьев дуба черешчатого (*Quercus robur* L. от числа учтённых на пробных площадях в Центральном Черноземье России (исходные данные по [2]).

Figure 3. The dependence of the number (%) of minus oak trees (*Quercus robur* L.) on the number taken into account in the sample plots in the Central Chernozem region of Russia (initial data for [2]).

Источник: собственная композиция авторов на основе извлечения из литературы [2].

Source: authors' own composition based on extracts from the literature [2].

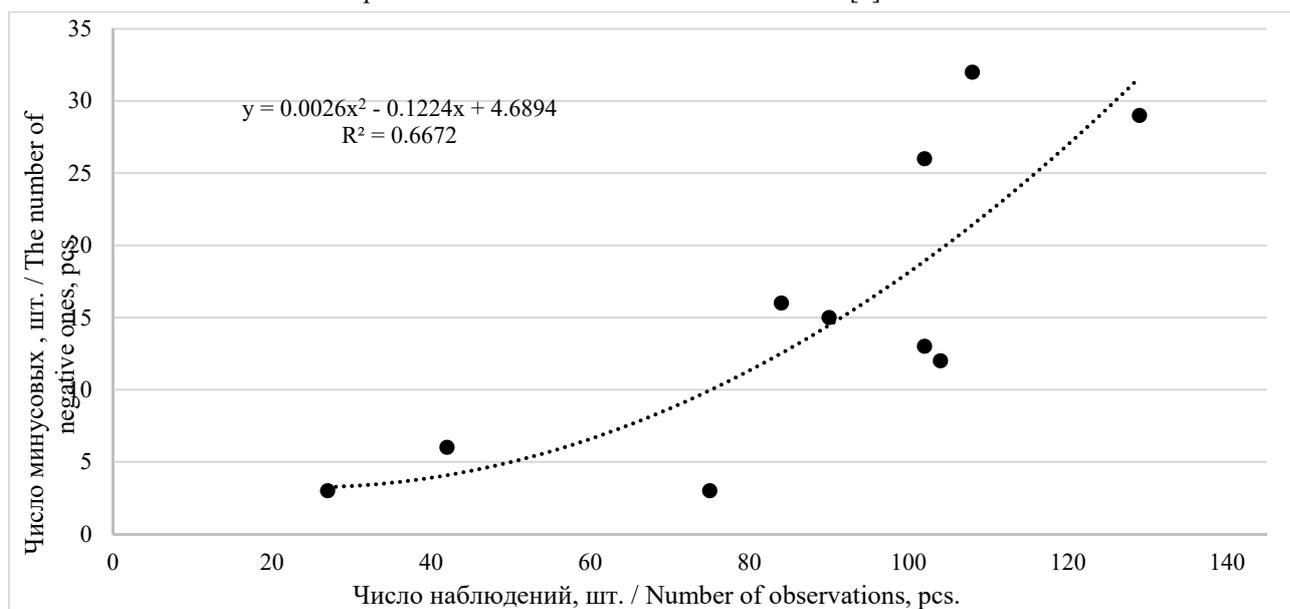


Рисунок 4. Зависимость количества (шт.) минусовых деревьев дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) от числа учтённых на пробных площадях в Центральном Черноземье России (исходные данные по [2]).

Figure 4. The dependence of the number (pcs.) of minus oak trees (*Quercus robur* L.) on the number taken into account on trial areas in the Central Chernozem region of Russia (initial data for [2]).

Источник: собственная композиция авторов на основе извлечения из литературы [2].

Source: authors' own composition based on extracts from the literature [2].

Из данных табл. 5 следует, что на 10 пробных лесных площадях имелось от 27 до 129 особей

вида, а доля минусовых деревьев изменялась от 3 до 32 шт. или 4 - 29.63 %. По имеющимся данным

табл. 5, для небольшой выборки на 10 участках установлена зависимость количества минусовых деревьев в процентах от численности выборки в шт. (рис. 3). Однако вследствие невысокого значения $R^2 = 0.3098$ данная математическая модель нами не использовалась.

По графической модели (рис. 3) возможно проследить тренд некоторого увеличения количества (%) минусовых деревьев от объема выборки

(шт.), но данное заключение отличается от вычисленного при выборке свыше 144 рамет (табл. 3, 4).

Используя рассматриваемые данные (табл. 5), построена адекватная модель ($R^2 = 0.6623$). зависимости численности минусовых деревьев от общего числа учтённых (рис. 4). На её основе для заданных величин выборки от 27 до 144 особей рассчитано теоретическое количество минусовых деревьев (табл. 6).

Таблица 6

Теоретические значения количества минусовых деревьев дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в зависимости от объема выборки на пробных площадях в плюсовом насаждении

Table 6

Theoretical values of the number of minus oak trees (*Quercus robur* L.) depending on the sample size on the sample areas in the plus planting

Объем выборки Sample size	25	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	144
Расчетное число минусовых деревьев, шт./ Estimated number of minus trees, pcs.	3.19	3.27	3.79	4.82	6.35	8.37	10.90	13.92	17.45	21.48	26.00	31.03	36.55	38.90
Расчетное количество минусовых деревьев, %/ Estimated number of minus trees, %.	12.77	10.89	9.48	9.64	10.58	11.96	13.62	15.47	17.45	19.52	21.67	23.87	26.11	27.02

Источник: собственные вычисления авторов.

Source: authors' own calculations.

Как следует из полученных результатов (табл. 6), наблюдается возрастание процента минусовых деревьев с 9.48 до 27.02% при увеличении численности выборки от 25 до 144 шт. При достижении значения выборки в 144 особи полученный результат в 27.02 % имеет близкое к вычисленному нами – 28.89 %, а отличие составляет всего 1.87 %.

Согласованность этих значений может служить дополнительным аргументом подтверждения адекватности вычисленного значения доли минусовых деревьев для выделения плюсовых насаждений в полевых защитных лесных полосах и гипотезы фор-

мировании в них лесной среды [13]. При этом, учитывая выявленное снижение доли минусовых деревьев в небольших по численности выборках, для них следует уточнить долю минусовых деревьев на участках полевых защитных лесных полос, выделяемых в качестве плюсовых насаждений.

Выводы

1. В условиях Северо-Западного Кавказа отбор плюсовых насаждений в полевых защитных лесных полосах для целей полевых защитного лесоразведения следует осуществлять в лесополосах численностью не менее 144 особей, где доля минусовых деревьев

при селекционной инвентаризации составляет 29 % и менее.

2. В изучаемых полевых защитных лесных полосах не выявлена достоверная сопряженность видового состава с общей долей минусовых деревьев, а также соотношением долей плюсовых и нормальных к минусовым деревьям.

3. Статистически достоверная связь между численностью выборки более 144 особей и долей минусовых деревьев в полевых защитных лесных полосах отсутствует.

4. В плюсовом насаждении дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) Центрального Черноземья России доля минусовых деревьев достоверно увеличивается на пробных площадях при возрастании численности выборки от 27 до 129 особей.

5. Для выделения в полевых защитных лесных полосах плюсовых насаждений численностью менее 144 особей необходимо уточнить критериальный показатель доли минусовых деревьев.

Список литературы

1. Грибачева, О. В. Оценка влияния полевой защитной лесополосы на отложение снежного покрова в УНПАК ЛНАУ "Колос" / О. В. Грибачева, А. И. Чернодубов, Д. В. Сотников // Лесотехнический журнал. 2020. Т. 10. № 3 (39). С. 43-53. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2020.3/5. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/UJPPPC>.
2. Кострикин, В. А. Критерии оценки плюсовых насаждений дуба / В. А. Кострикин, В. К. Ширнин, С. А. Крюкова // Известия вузов. Лесной журнал. – 2021. – № 4 – С. 68-79. – DOI: 10.37482/0536-1036-2021-4-68-79. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/FWZRUS>.
3. Крючков, К. Н. Стратегия сортового семеноводства для искусственного лесоразведения в экстремально засушливых условиях / С. Н. Крючков, А. С. Стольников // Научно-аграрный журнал. 2018. № 2 (103). С. 48-50. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/YRALUT>.
4. Кулик, К. Н. Роль защитного лесоразведения в борьбе с засухой и опустыниванием агроландшафтов / К. Н. Кулик, А. И. Беляев, А. М. Пугачёва // Аридные экосистемы, 2023, том. 29, № 1(94), с. 4-14. DOI: 10.24412/1993-3916-2023-1-4-14. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/CSZXWA>.
5. Кулик, К. Н. Современное состояние защитных лесонасаждений в Российской Федерации и их роль в смягчении последствий засух и опустынивания земель // Научно-аграрный журнал. 2022. №3(118). С. 08-13. – DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.001.08-1. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/LWWQFG>.
6. Михин, В. И. Лесоводственно-мелиоративные особенности полевых защитных насаждений Краснодарского края / В. И. Михин, Е. А. Михина // Успехи современного естествознания. 2021. № 12. С. 218-222. – DOI 10.17513/use.37761. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/FYKHCR>.
7. Рулев, А. С. Развитие растениеводства на региональном уровне (на примере Волгоградской области). / А. С. Рулев, А. М. Пугачёва // Проблемы прогнозирования. – 2019. – № 5 (176). – С. 112-119. Development of plant growing at the regional level (based on the example of Volgograd oblast). Rulev A.S., Pugacheva A.M. Studies on Russian Economic Development. 2019. Т. 30. № 5. С.557-562. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/WMRMRO>.
8. Рулев, А. С. Формирование новой агролесомелиоративной парадигмы. / А.С. Рулев, А.М. Пугачёва // Вестник Российской академии наук. – 2019. – Т. 89. – № 10. – С. 1044-1051. Formation of a new agroforestry paradigm Rulev A.S., Pugacheva A.M. Herald of the Russian Academy of Sciences. 2019. Т. 89. № 10. С. 495-501. – DOI 10.31857/S0869-587389101044-1051. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/GPUZVY>.
9. Рулев А. С. Оценка современного состояния полевых защитных лесных полос различной продуваемости // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022. Т. 14, No5. С. 152-165. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-5-152-165 – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/OIYARE>.
10. Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2025 года / К. Н. Кулик, А. Л. Иванов, А. С. Рулев [и др.]. – переработанная и дополненная. – Волгоград: Федеральный

научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, 2018. – 36 с. – ISBN 5-900761-51-7. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/THPVGI>.

11. Критерии отбора плюсовых деревьев для защитного лесоразведения / Ю. И. Сухоруких, С. Г. Биганова, А. П. Глинушкин, Л. Л. Свиридова // Новые технологии. – 2023. – Т. 19. – № 1. – С. 69-79. – DOI 10.47370/2072-0920-2023-19-1-69-79. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/POBCRO>.

12. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесобразующих пород Северной Евразии (нормативно-справочные материалы). / А. З. Швиденко, Д. Г. Щепаченко, С. Нильссон, Ю. И. Булуй. – Москва. – 2008. – 803 с. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/QKQBEN>.

13. Тунякин, В. Д. Лесообразовательный процесс в предельно узкой полезащитной лесной полосе / В. Д. Тунякин, Н. В. Рыбалкина, Л. М. Шеншин // Лесотехнический журнал. – 2022. – Т. 12. – № 2 (46). – С. 56–67. – Библиогр.: с. 65–67 (12 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.2/5>. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/TQCCRZ>.

14. Турусов, В. И. Опыт реконструктивных рубок в лесных полосах Каменной Степи / В. И. Турусов, А. С. Чеканышкин, А. А. Лепехин // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2019. – № 5(371). – С. 48-56. – DOI 10.17238/issn0536-1036.2019.5.48. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/GXAFAC>.

15. Царев, А.П. Лесные плюсовые насаждения и критерии их отбора. /А.П. Царёв, Н.В. Лаур // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2019. – № 132. – С. 79-86. – DOI 10.25684/NBG.boolt.132.2019.10. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/JJYMYU>.

16. Kryuchkov S.N Breeding effect of selection methods (population, seed, and single-plant) at seed sites of various genetic levels in the Volgograd region / S. N. Kryuchkov, A. V. Solonkin, A. S. Solomentseva [et al.] // E3S Web of Conferences : International Scientific and Practical Conference “Ensuring the Technological Sovereignty of the Agro-Industrial Complex: Approaches, Problems, Solutions” (ETSaIC2023), Yekaterinburg City, Russian Federation, 16–17 февраля 2023 года. Vol. 395. – Yekaterinburg City, Russian Federation: EDP Sciences, 2023. – P. 03001. – DOI 10.1051/e3sconf/202339503001. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/EMFBBM>.

17. Kulik K.N. Kulik, K. N. The Role of Protective Afforestation in Drought and Desertification Control in Agro-Landscapes / K. N. Kulik, A. I. Belyaev, A. M. Pugacheva // Arid Ecosystems. – 2023. – Vol. 13, No. 1. – P. 1-10. – DOI 10.1134/S2079096123010079. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/OSGDIB>.

18. Mikhin V.I. Agri-environmental role of protective forest plantations / V.I. Mikhin, E.A. Mikhina, V.V. Tanyukevich. //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International scientific and practical conference "Forest ecosystems as global resource of the biosphere: calls, threats, solutions" (Forestry-2019). – 2019. – С. 012066. DOI <https://doi.org/10.1088/1755-1315/392/1/012066>. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/SEYAKI>.

19. Mikhin V.I., Tanyukevich V.V., Mikhina E.A. Growth and ameliorative role of protective plantation in conditions of forest-steppe zone IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Forestry Forum "Forest ecosystems as global resource of the biosphere: calls, threats, solutions".2020; 595:012045. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/595/1/012045>.

20. Sarah Taylor Lovell, Kiruba Krishnaswamy, Chung-Ho Lin, Nicholas Meier, Ronald S. Revord, Andrew L. Thomas. Nuts and berries from agroforestry systems in temperate regions can form the foundation for a healthier human diet and improved outcomes from diet-related diseases. Agroforestry Systems (2023) 97:1347–1360 <https://doi.org/10.1007/s10457-023-00858-8>.

References

1. Gribacheva, O. V. Assessment of the impact of a protective forest belt on the deposition of snow cover in the UNPAC LNAU "Kolos" / O. V. Gribacheva, A. I. Chernodubov, D. V. Sotnikov // Forestry Engineering Journal. – 2020. – Vol. 10, No. 3(39). – pp. 43-53. – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2020.3/5>.

2. Kostrikin, V.A. Criteria for evaluating positive oak plantings. / V.A. Kostrikin, V.K. Shirnin, S.A. Kryukova // News of universities. Forest Journal. – 2021. – No. 4 – pp. 68-79. – DOI: <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2021-4-68-79>.
3. Kryuchkov, K.N. Strategy of varietal seed production for artificial afforestation in extremely arid conditions / S.N. Kryuchkov, A.S. Stolnov // Scientific and Agronomic journal. 2018. No. 2 (103). pp. 48-50. - Access mode: <https://www.elibrary.ru/YRALUT>.
4. Kulik, K.N. Substantiation of the forecast of the development of protective afforestation in the Volgograd region. /K.N. Kulik, A.T. Barabanov, A.S. Manaenkov, A.K. Kulik // Forecasting problems. – 2017. – № 6 (165). – Pp. 93-100. – Access mode: <https://www.elibrary.ru/YNJMIG>.
5. Kulik, K.N. The role of protective afforestation in the fight against drought and desertification of agricultural landscapes / K.N. Kulik, A.I. Belyaev, A.M. Pugacheva. // Arid Ecosystems, 2023, vol. 29, No. 1(94), pp. 4-14. DOI: <https://doi.org/10.24412/1993-3916-2023-1-4-14>.
6. Mikhin, V.I. Forestry and reclamation features of protective plantings of Krasnodar Krai / V.I. Mikhin, E.A. Mikhina // The successes of modern natural science. 2021. No. 12. pp. 218-222. – DOI: <https://doi.org/10.17513/use.37761>.
7. Rulev, A.S. The development of crop production at the regional level (on the example of the Volgograd region). / A.S. Rulev, A.M. Pugacheva // Forecasting problems. – 2019. – № 5 (176). – Pp. 112-119. – Access mode: <https://www.elibrary.ru/WMRMRO>.
8. Rulev, A.S. Formation of a new agroforestry paradigm. / A.S. Rulev, A.M. Pugacheva // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. – 2019. – Vol. 89. – No. 10. – pp. 1044-1051. – DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-587389101044-1051>.
9. Rulev A.S., Ruleva O.V. Assessment of the current state of protective forest strips of various windage // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022. Vol. 14, No5. pp. 152-165. DOI: <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2022-14-5-152-165>.
10. Strategy for the development of protective afforestation in the Russian Federation for the period up to 2025 /K.N. Kulik, A.L. Ivanov, A.S. Rulev [et al.]. – revised and supplemented. – Volgograd: Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Meli - Access mode: <https://www.elibrary.ru/THPVGI>.
11. Sukhorukikh, Yu.I. Criteria for the selection of plus trees for protective afforestation / Yu. I. Sukhorukikh, S. G. Biganova, A. P. Glinushkin, L. L. Sviridova // New technologies. – 2023. – Vol. 19. – No. 1. – PP. 69-79. – DOI: <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-1-69-79>.
12. Tables and models of growth and productivity of plantings of the main forest-forming breeds of northern Eurasia (regulatory reference materials). Ed. second, additional. / A. Z. Shvydenko, D. G. Shchepashchenko, S. Nilsson, Yu. I. Buluy – Moscow. 2006, 803 p. (in Russian). - Access mode: <https://www.elibrary.ru/QKQBEH>.
13. Tunyakin, V.D. Forest formation process in an extremely narrow protective forest strip / V. D. Tyunyakin, N. V. Rybalkina, L. M. Shenshin // Forestry Journal. – 2022. – T. 12. – № 2 (46). – Pp. 56-67. – Bibliogr.: pp. 65-67 (12 titles). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.2/5>.
14. Turusov, V. I. Experience of reconstructive logging in the forest strips of the Stone Steppe / V. I. Turusov, A. S. Chekanyshkin, A. A. Lepekhn // Izvestia of higher educational institutions. Forest Magazine. – 2019. – № 5(371). – Pp. 48-56. – DOI: <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2019.5.48>.
15. Tsarev, A.P. Forest plus plantings and criteria for their selection. /A.P. Tsarev, N.V. Laur // Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden. – 2019. – No. 132. – PP. 79-86. – DOI: <https://doi.org/10.25684/NBG.boolt.132.2019.10>.
16. Kryuchkov S.N. Breeding effect of selection methods (population, seed, and single-plant) at seed sites of various genetic levels in the Volgograd region / Kryuchkov S.N., Solonkin A.V., Solomentseva A.S., Egorov S.A., Gorbushova D.A. //E3S Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference “Ensuring the

Technological Sovereignty of the Agro-Industrial Complex: Approaches, Problems, Solutions” (ETSAIC2023). Yekaterinburg City, Russian Federation, 2023. С. 03001. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339503001>.

17. Kulik K.N. The role of protective afforestation in drought and desertification control in agro-landscapes / Kulik K.N., Belyaev A.I., Pugacheva A.M. *Arid Ecosystems*. 2023. Т. 13. № 1. С. 1-10. – DOI: <https://doi.org/10.1134/S2079096123010079>.

18. Mikhin V.I. Agri-environmental role of protective forest plantations / V.I. Mikhin, E.A. Mikhina, V.V. Tanyukevich. //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International scientific and practical conference "Forest ecosystems as global resource of the biosphere: calls, threats, solutions" (Forestry-2019). – 2019. – С. 012066. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/392/1/012066>.

19. Mikhin V.I., Tanyukevich V.V., Mikhina E.A. Growth and ameliorative role of protective plantation in conditions of forest-steppe zone IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Forestry Forum "Forest ecosystems as global resource of the biosphere: calls, threats, solutions".2020; 595:012045. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/595/1/012045>.

20. Sarah Taylor Lovell, Kiruba Krishnaswamy, Chung-Ho Lin, Nicholas Meier, Ronald S. Revord Andrew L. Thomas. Nuts and berries from agroforestry systems in temperate regions can form the foundation for a healthier human diet and improved outcomes from diet-related diseases // *Agroforestry System* (2023) 97:1347–1360 <https://doi.org/10.1007/s10457-023-00858-8>.

Сведения об авторах

✉ *Сухоруких Юрий Иванович* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет», ул. Первомайская, 191, г. Майкоп, Российская Федерация, 385000, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5073-6102>, e-mail: drsuchor@rambler.ru.

Биганова Светлана Герсановна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры информационной безопасности и прикладной информатики ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет», ул. Первомайская, 191, г. Майкоп, Российская Федерация, 385000, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0581-3612> e-mail: svetlanabiganowa@yandex.ru.

Information about the authors

✉ *Yuri I. Sukhorukikh* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Leading Researcher of the Maykop State Technological University, Pervomayskaya str., 191, Maykop, Russian Federation, 385000, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5073-6102> e-mail: drsuchor@rambler.ru

Svetlana G. Biganova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information Security and Applied Informatics, Maykop State Technological University, Pervomayskaya str., 191, Maykop, Russian Federation, 385000, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0581-3612> e-mail: svetlanabiganowa@yandex.ru

✉ – Для контактов | Corresponding author