

АНАЛИЗ СЕЛЕКЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ Р. *QUERCUS* Г. ВОРОНЕЖА И ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

кандидат биологических наук **А.А. Попова**

кандидат биологических наук **П.М. Евлаков**

1 – ФГБОУ ВО "Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова",
г. Воронеж, Российская Федерация

Экосистемные услуги, предоставляемые лесными экосистемами, разнообразны: улучшение температурного режима и микроклимата, хранение углерода, ослабление ливневого потока, поглощение загрязняющих веществ из воздуха. Одним из научных инструментов, направленных на лесовосстановление, получение качественной лесной продукции, являются лесосеменные питомники, селекционные объекты. Нами были проанализированы материалы научных исследований мировой и российской лесной селекции. Выделены наиболее часто используемые подходы лесной селекции, цели и задачи, а также данные по селекционным объектам дуба в Воронежской области. В соответствии с мировыми практиками выбраны перспективные селекционные объекты, оценены возможности их дальнейшего использования. Были изучены следующие параметры селекционных объектов: цели создания, происхождение селекционного материала, видовой состав, возраст селекционных объектов, плодоношение. В практике мировой лесной селекции рассматриваются последствия внедрения неместных древесных насаждений на природные экосистемы, необходимость интеграции искусственных культур (плантаций), вопрос о породном (видовом) составе лесных плантаций, о предотвращении вторжения плантационных видов, морфофизиологическая оценка реакций географических культур, роль генетической адаптации и физиологической пластичности, а также испытательные культуры, отбор наиболее продуктивных особей. Выбраны следующие селекционные объекты дуба в Воронежской области: географические культуры, лесосеменная плантация, архив клонов, плюсовые деревья дуба черешчатого. Все эти объекты находятся в хорошем состоянии, продуктивны и дают семенное потомство. Таким образом, они могут быть внедрены в современные научные исследования лесной генетики и селекции в соответствии с задачами лесной отрасли.

Ключевые слова: селекция, дуб, географические культуры, архив клонов, плюсовые деревья, лесосеменная плантация, испытательные культуры

ANALYSIS OF QUERCUS SELECTION OBJECTS IN VORONEZH AND THE VORONEZH REGION

PhD (Biology) **A.A. Popova**

PhD (Biology) **P.M. Evlakov**

FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov",
Voronezh, Russian Federation

Abstract

Ecosystem services provided by forest ecosystems are diverse: improving microclimate formation, storing carbon, reducing storm flow, and absorbing pollutants from the air. One of the scientific tools aimed at reforestation and obtaining high-quality forest products is forest-seed nurseries and selection objects. We analyzed the materials of world and Russian scientific research on forest tree selection. The most frequently used approaches to forest selection, aims, as well as data on oak selection objects in the Voronezh region are highlighted. According to international practices, promising selection objects were selected and the possibility of their further use was evaluated. The following parameters of breeding objects were studied: creation aims, origin of breeding material, species, age of breeding objects, fruiting. In the practice of world forest breeding, the consequences of the introduction of non-native tree plantations on natu-

ral ecosystems, the need to integrate artificial plantations, the question of breed (species) forest plantation composition, prevention of invasion of plantation species, morphophysiological assessment of geographical crop responses, the role of genetic adaptation and physiological plasticity, as well as test crops, selection of the most productive individuals. The following oak selection objects were selected in the Voronezh region: geographical crops, forest-seed plantation, clone archive, plus trees. All these objects are in good condition, productive and produce seed progeny. Thus, they can be implemented in modern scientific research of forest genetics and breeding in accordance with the tasks of the forest industry.

Keywords: selection, oak, geographical crops, clone archive, plus trees, forest seed plantation, test crops

Введение

К настоящему времени лесной фонд стран имеет большое значение, причем количество и важность экологических и практических функций, выполняемых ими, огромно. Экосистемные услуги, предоставляемые зелеными насаждениями, разнообразны и имеют большое значение: это улучшение температурного режима и микроклимата, хранение углерода, ослабление ливневого потока, поглощение загрязняющих веществ из воздуха [23, 20, 13]. Для непрерывного и рационального использования лесных ресурсов лесной фонд разделен на леса разного пользования, в котором ведется или отсутствует хозяйственная деятельность человека. При этом невозможно полностью прекратить потребление древесины, необходимо развитие сбалансированной системы лесного пользования, направленной как на эффективное и продуктивное лесопользование, так и на сохранение и приумножение лесных ресурсов.

Существует ряд международных организаций, таких как ФАО, Центр международных лесохозяйственных исследований (СИФОР), Международный союз лесных исследовательских организаций (ИЮФРО), российских организаций – Федеральное агентство лесного хозяйства (Рослесхоз), Российский центр защиты леса, деятельность которых и направлена на мониторинг и управление лесными ресурсами.

Одним из научных инструментов, направленных на лесосохранение, лесовосстановление, получение качественной лесной продукции, являются лесосеменные питомники, а также селекционные объекты. Преимуществом развития этого направления является не только решение практических задач, направленных на получение древесины высокого качества, быстрорастущих растений, но и интеграция искусственно созданных лесных наса-

ждений в аборигенные природные сообщества, все чаще можно услышать термины «экологические функции» [23], «экологическая память» [22], «зеленые пояса» и «зеленая инфра-структура» [21].

К настоящему времени в регионах России существует большое количество селекционных объектов основных лесобразующих видов. Селекционные объекты, цели их создания, а также видовой состав разнообразны. В качестве селекционных объектов могут выступать: плюсовые деревья, их семенное и вегетативное потомство используется для создания лесосеменных плантаций, лесосеменные плантации, постоянные лесосеменные участки, испытательные культуры, гео-графические культуры, архивы клонов плюсовых деревьев [3]. Указанные селекционные объекты созданы и постоянно закладываются во множестве стран мира. Наиболее распространенными объектами мировой лесной селекции являются виды из родов *Pinus* и *Эвкалипт*. Такие плантации созданы в Белоруссии [2], Бразилии [24], Китае [22], Чили [14], Канаде [18, 19], Квебеке [11], Испании [15], Южной Тасмании [12] и многих других странах.

Несмотря на то что в России создана система ЕГСК – единый генетико-селекционный комплекс, селекционные объекты зачастую не обследованы, требуют инвентаризации, внедрения в современные селекционные и научные исследования.

Целью нашей работы стал анализ уже существующих селекционных объектов р. *Quercus* L. г. Воронежа и Воронежской области и поиск путей их эффективного использования в селекционном отборе дуба в Центрально-Черноземном регионе, основываясь на российских и мировых практиках.

Материалы и методы

Нами были проанализированы материалы научных исследований мировой и российской лесной селекции. Поиск статей проводили в библио-

графических базах данных научных работ: Scopus, Google Scholar, eLibrary. Поисковые запросы осуществляли по следующим ключевым словам: лесная селекция, плантации, лесовосстановление, лесная генетика, географические культуры, испытательные культуры. Выделены наиболее часто используемые подходы лесной селекции, цели и задачи. Затем были исследованы селекционные объекты дуба в Воронежской области, основываясь на материалах «Объекты селекционного семеноводства дуба в ЦЧР, 2018» [10], «Опытно-производственные селекционно-семеноводческие объекты НИИЛГиС» I и II том, 2004 [7]. В соответствии с мировыми практиками, выбраны перспективные селекционные объекты, оценены возможности их дальнейшего использования по следующим параметрам: цели создания, происхождение селекционного материала, видовой состав, возраст селекционных объектов, плодоношение.

Результаты и обсуждение

Направления исследования мировой и российской селекции

В результате анализа литературных данных нами были выделены следующие наиболее актуальные направления в создании и использовании селекционных объектов.

В практике мировой лесной селекции: исследования, направленные на оценку последствий внедрения неместных древесных насаждений на природные экосистемы [15, 18], рассматривается необходимость интеграции искусственных культур (плантаций) [16], вопрос о породном (видовом) составе лесных плантаций [22], вопрос о предотвращении вторжения плантационных видов [14], морфофизиологическая оценка реакций географических культур, роль генетической адаптации и физиологической пластичности [11, 19], а также испытательные культуры, отбор наиболее продуктивных особей [18], культур, пригодных к росту на сильно деградированных участках [17].

В России к настоящему моменту в разных регионах созданы испытательные, географические культуры, лесосеменные плантации, на которых чаще всего идет отбор фенотипически плюсовых деревьев по хозяйственно ценным признакам, оценка продуктивности клонов фенотипически плюсовых деревьев [1, 6, 9], изучение возможности

создания устойчивых лесозащитных полос в аридном климате [5, 9], модернизации системы сбора и хранения семенного материала, анализ созданных культур, их модернизация, последующий отбор ценных фенотипов и генотипов [6, 8, 9].

Анализ дубрав, проведенный в 2013 г. [4], показал, что по потенциальной продуктивности с учетом площади и бонитета ранжирование регионов России выстраивается в следующем порядке: Республика Башкортостан; Саратовская, Воронежская, Белгородская области; Республика Татарстан; Пензенская и Самарская области.

Дубравы отличаются особой экологией и хозяйственной ценностью, при этом их площади по разным причинам значительно уменьшились, а состояние ухудшилось [4].

В Воронежской области в 70-х годах было заложено в общей сложности более 80 селекционных объектов и выделено более 180 плюсовых деревьев р. *Quercus* L. Закладка географических культур проводилась по Государственной программе создания географических культур сосны, ели, дуба, лиственницы, кедра, пихты (приказ Гослесхоза СССР № 29 от 6 февраля 1973 г.). Общей большой Программы создания селекционных объектов в СССР с выделением средств не было, объекты создавались согласно темпланам институтов.

Характеристика объектов исследования р. Quercus L. Воронежской области, перспективных для продолжения селекционных мероприятий в соответствии с современными тенденциями

Для проведения современных селекционных исследований могут быть использованы следующие научные генетико-селекционные объекты, в которых возможен отбор хозяйственно-ценных признаков, проведение исследований по выявлению взаимодействий генотип – среда, а также сбор материала для создания коллекции селекционно ценных генотипов и для наполнения семенного банка рода *Quercus* L.

Объект № 1. Географические культуры дуба черешчатого (*Quercus robur* L.)

Создан в 1976-1977 годах под руководством А.М. Шутяева географическими культурами дуба черешчатого площадью 14,8 га в кварталах 26, 42 Красного участкового лесничества Воронцов-

ского лесничества Воронежской области. Целью создания географических культур является изучение потомств региональных популяций дуба черешчатого в условиях Центральной лесостепи. Испытывается 37 происхождений, отобранных в разных регионах бывшей территории СССР. В данных культурах возможен анализ взаимодействия генотип – среда, а также отбор генотипов с хозяйственно ценными признаками (засухоустойчивость, скорость роста, прирост древесины, семенная продуктивность). На данном объекте возможно проанализировать генетическое родство (провести генетическую паспортизацию) дуба черешчатого разного географического происхождения с целью выявления генетического разнообразия дуба черешчатого в России и ближнем зарубежье.

Объект № 2. Лесосеменная плантация дуба черешчатого (*Quercus robur* L.)

Лесосеменная плантация дуба черешчатого, которая была заложена в 1976 году из семенного материала, собранного под кронами плюсовых деревьев позднораспускающейся и промежуточной фенотипов дуба черешчатого в Шиповом лесу. Поздняя форма дуба черешчатого обладает большей устойчивостью к абиотическим и биотическим факторам, среди которых: поздние заморозки, листогрызущие насекомые-паразиты и фитопатогенные грибные заболевания. На ЛСП представлены полусибсовы потомства 54 плюсовых деревьев по диаметру ствола и высоте. В данных культурах возможен отбор генотипов дуба черешчатого с высокой скоростью роста в высоту и ширину, а также стабильным или более частым семеношением.

Объект № 3. Архив клонов дуба разного географического происхождения

Архив клонов следующих видов рода *Quercus*: д. черешчатый, д. скальный, д. крупнопильниковый и пирамидальная форма д. черешчатого. Архив клонов был заложен в 1978 г. с целью изучения влияния географического перемещения привойного материала на плодоношение клонов. В данном архиве клонов будут изучены вопросы, связанные с возможностями применения вегетативного размножения деревьев рода *Quercus* путем прививки черенков на подвой дуба черешчатого, оценка взаимодействия подвой – привой и анализ возможного введения в культуры южных видов рода

Quercus. Возможна оценка отобранных генетических маркеров хозяйственно ценных признаков для выявления межвидовых различий.

Объект № 4. Плюсовые насаждения дуба черешчатого (*Quercus robur* L.)

Данные плюсовые насаждения являются самым высокопродуктивным участком в климатических условиях Центрального Черноземья. Это высококачественные древостои хорошего санитарного состояния с полнотой не менее 05. Основными хозяйственно ценными признаками плюсовых деревьев являются диаметр, высота ствола. В данном насаждении возможен дополнительный отбор фенотипически плюсовых деревьев, обладающих хозяйственно ценными признаками для поиска их генетических маркеров и создания семенного банка, а также выращивание из этих желудей улучшенного генетически ценного посадочного материала. Посадочный материал может быть использован как объект научного исследования, в качестве материала для лесоразведения и в качестве подвоя при вегетативном размножении дубов.

Объект № 5. Сеянцы дуба черешчатого (*Quercus robur* L.)

В 2019 г. была заложена плантация дуба черешчатого, расположенная в городской черте г. Воронежа. Однолетние сеянцы дуба черешчатого, выращенные из желудей, случайно отобранных в популяциях г. Воронежа и его пригорода. Сбор семенного материала проводили в материнских насаждениях, проанализированных по морфологическим параметрам: средний прирост побега за вегетационный период, размер листовой пластинки, вес, размер желудей. Был проведен цитогенетический анализ семенного материала, проанализированы митотическая активность и патологии митоза у проростков желудей.

В данном насаждении проводится анализ устойчивости потомства дуба черешчатого к комплексу абиотических и антропогенных факторов, возможность использования семян дубовых насаждений, произрастающих в городской среде. Также возможен отбор по фенотипическим признакам активности роста и толщины побега с целью проверки генетических маркеров.

Объект № 6. Деревья-долгожители дуба черешчатого (*Quercus robur* L.)

В Воронеже и Воронежской области произрастают экземпляры дуба черешчатого возрастом более 100 лет. Данные экземпляры могут быть использованы для выявления генетических маркеров продолжительности жизни деревьев, опосредованно связанных с устойчивостью к факторам абиотической, биотической и антропогенной природы. Кроме того, при обнаружении у них других хозяйственно ценных признаков могут стать материалом для генетических исследований, вегетативного размножения и формирования семенного банка.

Заключение

Проанализированный материал научных исследований показывает, что существует несколько основных направлений лесной селекции: выведение высокопродуктивных форм древесных растений, адаптивных видов древесных растений к изменению климатических факторов, создание устойчивой зеленой инфраструктуры городов, а также поддержание экологического каркаса природных лесов и интеграция лесных культур в природное сообщество. Нами были выбраны следующие селекционные объекты дуба в Воронежской области: географические культуры, лесосеменная плантация, архив клонов, плюсовые деревья дуба черешчатого. Все эти объекты находятся в хорошем состоянии, продуктивны и дают семенное потомство. Таким образом, они могут быть внедрены в современные научные исследования лесной генетики

и селекции в соответствии с задачами лесной отрасли. Географические культуры р. *Quercus* могут быть использованы для оценки генетического разнообразия дуба черешчатого в России и ближнем зарубежье. Лесосеменная плантация может служить материалом для отбора генотипов дуба черешчатого с высокой скоростью роста в высоту и ширину, а также стабильным и более частым семеношением. В архиве клонов р. *Quercus* возможны отбор и апробация генетических маркеров хозяйственно ценных признаков и выявление межвидовых различий. Плюсовые насаждения могут быть использованы для следующей ступени отбора деревьев с хозяйственно ценными признаками и оценки наследуемости признаков у потомства, для поиска генетических маркеров хозяйственно ценных признаков, создания банка семян. Посадочный материал может быть использован как объект научных исследований, в качестве материала для лесоразведения и в качестве подвоя при вегетативном размножении дубов. Деревья-долгожители могут быть использованы для выявления генетических маркеров продолжительности жизни, устойчивости к факторам биотической и абиотической природы, могут стать материалом для клонального вегетативного размножения и формирования семенного банка.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Воронежской области в рамках научного проекта № 19-44-363001\19.

Библиографический список

1. Бессчетнов, В. П. Селекционная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной методами многомерного анализа / В. П. Бессчетнов, Н. Н. Бессчетнова // Известия ВУЗов. Лесной журнал. – 2012. – № 2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/selektionnaya-otsenka-plyusovyh-dereviev-sosny-obyknovennoy-metodami-mnogomernogo-analiza> (дата обращения: 10.09.2020).
2. Каштелян, Т. В. Функционирование лесного комплекса Беларуси: структурный аспект / Т. В. Каштелян, А. А. Ермалицкий // Труды БГТУ. Серия 5: Экономика и управление. – 2016. – № 7 (189). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/funktsionirovanie-lesnogo-kompleksa-belarusi-strukturnyy-aspekt> (дата обращения: 10.09.2020).
3. Комитет лесного хозяйства. – URL: <https://komleshoz.livejournal.com/175396.html> (дата обращения: 02.09.2020).
4. Кострикин, В. А. К вопросу о генофонде дубрав / В. А. Кострикин // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2013. – №4 (96). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-genofonde-dubrav> (дата обращения: 05.09.2020).

5. Крючков, С. Н. Селекционное семеноводство для защитного лесоразведения на юго-востоке европейской территории России : специальность 06.03.01; 06.03.04: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Крючков Сергей Николаевич. – Волгоград, 2004. – 44 с.
6. Лаур, Н. В. Лесной генетико-селекционный комплекс / Н. В. Лаур, В. А. Брынцев, А. П. Царев; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования «Московский гос. ун-т леса». – Москва : Изд-во Московского гос. ун-та леса, 2013. – 91 с.
7. Опытнo-производственные селекционнo-семеноводческие объекты НИИЛГиС. Т. I, II / под общ. ред. Ю. П. Ефимова. – Воронеж : ООО Биомик, 2004. – 214 с. – ISBN 5-88242-320-1.
8. Туркин, А. А. Испытание потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной : на примере Республики Коми : специальность 06.03.01 «Лесные культуры, селекция, семеноводство» : автореферат дис. ... канд. с.-х. наук / Туркин Андрей Александрович ; Архангел. гос. техн. ун-т. – Архангельск, 2007. – 20 с.
9. Шейкина, О. В. Оценка селекционного потенциала клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной / О. В. Шейкина, Ю. Ф. Гладков // Научный журнал КубГАУ – Scientific Journal of KubSAU. – 2013. – № 93. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-seleksionnogo-potentsiala-klonov-plyusovyh-dereviev-sosny-obuyknovennoy> (дата обращения: 10.09.2020).
10. Объекты селекционного семеноводства дуба в ЦЧР : моногр. / В. К. Ширнин, В. А. Кострикин, Л. В. Ширнина [и др.]. – Воронеж, 2018. – 194 с. – ISBN: 978-5-6040396-8-7.
11. Thermal acclimation of photosynthesis and respiration of southern and northern white spruce seed sources tested along a regional climatic gradient indicates limited potential to cope with temperature warming / L. Benomar, M. S. Lamhamedi, S. Pepin [et al.] // Ann Bot. – 2018. – No. 121 (3). – P. 443–457. – doi:10.1093/aob/mcx174.
12. Evidence that divergent selection shapes a developmental cline in a forest tree species complex / J. Costa E Silva, P. A. Harrison, R. Wiltshire, B. M. Potts // Ann Bot. – 2018. – No. 122 (1). – P. 181–194. – doi:10.1093/aob/mcy064.
13. Holm Oak (*Quercus ilex* L.) canopy as interceptor of airborne trace elements and their accumulation in the litter and topsoil / F. Fantozzi, F. Monaci, T. Blanusa, R. Bargagli // Environ Pollut. – 2013. – Vol. 183. – P. 89–95. – doi:10.1016/j.envpol.2012.11.037.
14. Maintaining close canopy cover prevents the invasion of *Pinus radiata*: Basic ecology to manage native forest invisibility / P. Gómez, M. Murúa, J. San Martín [et al.] // PLoS One. – 2019. – Vol. 14 (6). – e0219328. – Published 2019 May 24. – doi:10.1371/journal.pone.0210849.
15. Are pine plantations valid tools for restoring Mediterranean forests? An assessment along abiotic and biotic gradients / L. Gómez-Aparicio, M. A. Zavala, F. J. Bonet, R. Zamora // Ecol Appl. – 2009. – No. 19 (8). – P. 2124–2141. – doi:10.1890/08-1656.1.
16. Effects of converting cultivated land into forest land on the characteristics of soil organic carbon in limestone mountain area in Ruichang, Jiangxi / Y. Q. Liu, F. Wang, G. Q. Ke. [et al.] // Ying Yong Sheng Tai Xue Bao. – 2011. – Apr; 22(4). – P. 885–890. (in Chinese). – PMID: 21774308.
17. Selection of Native Tree Species for Subtropical Forest Restoration in Southwest China / Y. Lu, S. Ranjitkar, R. D. Harrison [et al.] // PLoS One. – 2017. – Vol. 12 (1). – e0170418. – Published 2017 Jan 19. – doi: 10.1371/journal.pone.0170418.
18. Growing-season frost is a better predictor of tree growth than mean annual temperature in boreal mixedwood forest plantations / B. Marquis, Y. Bergeron, M. Simard, F. Tremblay // Glob Chang Biol. – 2020. – DOI: 10.1111/gcb.15327.
19. Ecophysiology and Growth of White Spruce Seedlings from Various Seed Sources along a Climatic Gradient Support the Need for Assisted Migration / G. Otis Prud'homme, M. S. Lamhamedi, L. Benomar [et al.] // Front Plant Sci. – 2018. – 8: 2214. – Published 2018 Jan 8. – doi:10.3389/fpls.2017.02214.
20. The domestic garden – Its contribution to urban green infrastructure / W. F. Ross, T. B. Cameron, J. E. Taylor [et al.] // Urban Forestry & Urban Greening. – 2012. – Vol. 11. – P. 129–137. – doi: 10.1016/j.ufug.2012.01.002.

21. Runfola, D. M. What Makes Green Cities Unique? Examining the Economic and Political Characteristics of the Grey-to-Green Continuum / D. M. Runfola, S. Hughes // *Land*. – 2014. – Vol. 3. – P. 131–147. – doi: 10.3390/land3010131.

22. Using ecological memory as an indicator to monitor the ecological restoration of four forest plantations in subtropical China / Z. Sun, H. Ren, V. Schaefer [et al.] // *Environ Monit Assess*. – 2014. – Vol. 186 (12). – P. 8229–8247. – doi: 10.1007/s10661-014-4000-6.

23. Estimating the removal of atmospheric particulate pollution by the urban tree canopy of London, under current and future environments / M. Tallis, G. Taylor, D. Sinnett, P. Freer-Smith // *Landscape and Urban Planning*. – 2011. – Vol. 103 (2). – P. 129–138. – ISSN 0169-2046. – DOI: 10.1016/j.landurbplan.2011.07.003.

24. Valduga, M. O. Ecological impacts of non-native tree species plantations are broad and heterogeneous: a review of Brazilian research / M. O. Valduga, R. D. Zenni, J. R. Vitule // *An Acad Bras Cienc*. – 2016. – No. 88 (3 Suppl). – P. 1675–1688. – doi:10.1590/0001-3765201620150575.

References

1. Besschetnov V.P., Besschetnova N.N. (2012) *Seleksionnaya otsenka plyusovykh derev'yev sosny obyknovennoy metodami mnogomernogo analiza* [Selection evaluation of Scots pine plus trees by multivariate analysis methods]. *Izvestiya VUZov. Lesnoy zhurnal* [News of higher educational institutions. Forestry journal], № 2, URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/seleksionnaya-otsenka-plyusovykh-dereviev-sosny-obyknovennoy-metodami-mnogomernogo-analiza> (date of access: 10.09.2020) (in Russian).

2. Kashtelyan T.V., Ermalitsky A.A. (2016) *Funktsionirovaniye lesnogo kompleksa Belarusi: strukturnyy aspekt* [The functioning of the forest complex of Belarus: structural aspect]. *Trudy BGTU Seriya 5: Ekonomika i upravleniye* [Proc. of the BGTU, Economics and law series], № 7 (189). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/funktsionirovanie-lesnogo-kompleksa-belarusi-strukturnyy-aspekt> (date of access: 10.09.2020) (in Russian).

3. *Komitet lesnogo khozyaystva* [Forestry committee]. URL: <https://komleshov.livejournal.com/175396.html> (date of request: 02.09.2020) (in Russian).

4. Kostrikin V.A. (2013) *K voprosu o genofonde dubrav* [To the question of the gene pool of oak forests]. *Vestnik MGUL – Lesnoy vestnik* [Forest Bulletin], № 4 (96). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-genofonde-dubrav> (date of access: 05.09.2020) (in Russian).

5. Kryuchkov S.N. *Seleksionnoye semenovodstvo dlya zashchitnogo lesorazvedeniya na yugo-vostoke evropeyskoy territorii Rossii: avtoref. dis. ... dokt. s.-kh. nauk* [Selective seed production for protective afforestation in the South-East of the European territory of Russia: DSc (Agriculture) thesis abstr.]. Volgograd, 2004, 44 p. (in Russian).

6. Laur N.V., Bryntsev V.A., Tsarev A.P. *Lesnoy genetiko-seleksionny kompleks* [The forest genetic and selection complex]. Moscow: Izd-vo Moskovskogo gos. un-ta lesa, 2013, 91 p. (in Russian).

7. *Opytno-proizvodstvennyye seleksionno-semenovodcheskiye obyekty NIILGiS. T. I, II* [Experimental production selection and seed-growing facilities of Niilgis. Volume I, II] / *pod obshch. red. Yu.P. Yefimova* [ed. by Yu.P. Efimov]. – Voronezh: OOO Biomik. 2004, 214 p. ISBN 5-88242-320-1 (in Russian).

8. Turkin A.A. *Ispytaniye potomstva plyusovykh derev'yev sosny obyknovennoy : na primere Respubliki Komi: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk* [Testing the offspring of plus trees of Scots pine: PhD (Agriculture) thesis abstr.]. Arkhangel'sk, 2007, 20 p. (in Russian).

9. Sheykina O.V., Gladkov Yu.F. (2013) *Otsenka seleksionnogo potentsiala klonov plyusovykh derev'yev sosny obyknovennoy* [Assessment of the breeding potential of clones of plus trees of Scots pine]. *KubGAU - Scientific Journal of KubSAU*, № 93. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-seleksionnogo-potentsiala-klonov-plyusovykh-dereviev-sosny-obyknovennoy> (date of access: 10.09.2020) (in Russian).

10. Shirnin V.K., Kostrikin V.A., Shirnina L.V. (et al.) *Obyekty selektsionnogo semenovodstva duba v TSCHR : monogr.* [Objects of breeding seed production of oak in the Central Chernozem region: a monograph]. Voronezh, 2018, 194 p. ISBN: 978-5-6040396-8-7 (in Russian).
11. Benomar L., Lamhamedi M.S., Pepin S. (et al.) (2018) Thermal acclimation of photosynthesis and respiration of southern and northern white spruce seed sources tested along a regional climatic gradient indicates limited potential to cope with temperature warming. *Ann Bot.* 121(3), pp. 443-457. doi:10.1093/aob/mcx174.
12. Costa E Silva J., Harrison P.A., Wiltshire R., Potts B.M. (2018) Evidence that divergent selection shapes a developmental cline in a forest tree species complex. *Ann Bot.* 122(1), pp. 181-194. doi:10.1093/aob/mcy064.
13. Fantozzi F., Monaci F., Blanusa T., Bargagli R. (2013) Holm Oak (*Quercus ilex* L.) canopy as interceptor of airborne trace elements and their accumulation in the litter and topsoil. *Environ Pollut.* 183, pp. 89-95. doi:10.1016/j.envpol.2012.11.037.
14. Gómez P., Murúa M., San Martín J. (2019) Maintaining close canopy cover prevents the invasion of *Pinus radiata*: Basic ecology to manage native forest invisibility. *PLoS One.* 14(6). e0219328. Published 2019 May 24. doi:10.1371/journal.pone.0210849.
15. Gómez-Aparicio L., Zavala M.A., Bonet F.J., Zamora R. (2009) Are pine plantations valid tools for restoring Mediterranean forests? An assessment along abiotic and biotic gradients. *Ecol Appl.* 19(8), pp. 2124-2141. doi:10.1890/08-1656.1.
16. Liu Y.Q., Wang F., Ke G.Q. (et al.) (2011) Effects of converting cultivated land into forest land on the characteristics of soil organic carbon in limestone mountain area in Ruichang, Jiangxi. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao.* 2011 Apr; 22(4): 885-90. (in Chinese). PMID: 21774308.
17. Lu Y., Ranjitkar S., Harrison R.D. (et al.) (2017) Selection of Native Tree Species for Subtropical Forest Restoration in Southwest China. *PLoS One.* 12(1). e0170418. Published 2017 Jan 19. doi: 10.1371/journal.pone.0170418.
18. Marquis B., Bergeron Y., Simard M., Tremblay F. (2020) Growing-season frost is a better predictor of tree growth than mean annual temperature in boreal mixedwood forest plantations. *Glob Chang Biol.* doi: 10.1111/gcb.15327.
19. Otis Prud'homme G., Lamhamedi M.S., Benomar L. (et al.) (2018) Ecophysiology and Growth of White Spruce Seedlings from Various Seed Sources along a Climatic Gradient Support the Need for Assisted Migration. *Front Plant Sci.* 8: 2214. Published 2018 Jan 8. doi:10.3389/fpls.2017.02214.
20. Ross W.F., Cameron T.B., Taylor J.E. (et al.) (2012) The domestic garden – Its contribution to urban green infrastructure. *Urban Forestry & Urban Greening.* No. 11, pp. 129-137. doi: 10.1016/j.ufug.2012.01.002.
21. Runfola D.M., Hughes S. (2014) What Makes Green Cities Unique? Examining the Economic and Political Characteristics of the Grey-to-Green Continuum. *Land*, Vol. 3, pp. 131-147. doi: 10.3390/land3010131.
22. Sun Z., Ren H., Schaefer V. (et al.) (2014) Using ecological memory as an indicator to monitor the ecological restoration of four forest plantations in subtropical China. *Environ Monit Assess.* 186 (12), pp. 8229-8247. doi: 10.1007/s10661-014-4000-6.
23. Tallis M., Taylor G., Sinnett D., Freer-Smith P. (2011) Estimating the removal of atmospheric particulate pollution by the urban tree canopy of London, under current and future environments. *Landscape and Urban Planning.* 103 (2), pp. 129-138. ISSN 0169-2046. doi: 10.1016/j.landurbplan.2011.07.003.
24. Valduga M.O., Zenni R.D., Vitule J.R. (2016) Ecological impacts of non-native tree species plantations are broad and heterogeneous: a review of Brazilian research. *An Acad Bras Cienc.* 88 (3 Suppl): 1675-1688. doi: 10.1590/0001-3765201620150575.

Сведения об авторах

Попова Анна Александровна – кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: logachevaaa@rambler.ru.

Евлаков Петр Михайлович – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: peter.evlakov@yandex.ru.

Information about authors

Popova Anna Aleksandrovna – PhD (Biology), Associate Professor of the Department of Botany and Plant Physiology, FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", Voronezh, Russian Federation; e-mail: logachevaaa@rambler.ru.

Evlakov Petr Mikhailovich – PhD (Biology), Head of laboratory, FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", Voronezh, Russian Federation; e-mail: peter.evlakov@yandex.ru.