

World Ecology Journal





World Ecology Journal

Наука.Мысль: электронный периодический журнал

Volume 12
Issue 1

Год 2022
Номер 1

Editor-in-chief

Alexandra V. Semenyutina, Dr.Sc, PhD, Federal scientific centre of agroecology, complex melioration and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia, doksemenutina@mail.ru

Editorial Board

Igor P. Svintsov, Dr. Sc., PhD, Federal scientific centre of agroecology, complex melioration and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia, vnialmi@yandex.ru

Victoria A. Semenyutina, PhD, Federal scientific centre of agroecology, complex melioration and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia, VSem89@mail.ru

Anatoliy V. Petelko, Dr.Sc., PhD, Federal scientific centre of agroecology, complex melioration and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia, anatoly.petelcko@yandex.ru

Irina V. Kirichkova, PhD, Volgograd State Agricultural University, Volgograd, Russia, kirichkova.iv@yandex.ru

Aliya Sh. Khuzhakhmetova, PhD, Federal scientific centre of agroecology, complex melioration and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia, aliyaSham@mail.ru

Igor Yu. Podkovyrov, PhD, All-Russian Research Institute of Phytopathology, Bolshie Vyazemy, Russia, pamelia@mail.ru

Reviewer Board

Valeriy I. Panov, Federal scientific centre of agroecology, complex melioration and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia, PanovVI1939@yandex.ru

Alexander V. Tereshkin, PhD, Saratov State Agrarian University, Saratov, Russia, soilzn@rambler.ru

Dmitriy A. Mashtakov, Dr. Sc., PhD, Saratov State Agrarian University, Saratov, Russia, lmsus1920@mail.ru

Vladimir V. Kruglyak, Dr.Sc., PhD, Voronezh State Agrarian University, Voronezh, Russia, kruglyak_vl@mail.ru

Elena I. Gurieva, PhD, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, gurjeva_el@mail.ru

Natalia Yu. Kulaeva, PhD, North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy, Vladikavkaz, Russia, kulayeva@yandex.ru

Dmitriy V. Morev, PhD, Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy, Moscow, Russia, dmorev@rgau-msha.ru

Tatyana A. Andrushko, PhD, Saratov State Agrarian University, Saratov, Russia, t.andruschko@yandex.ru

Indexed:

RADS, Google Scholar, CrossRef, DataCite, RCSI, DOI, Роскомнадзор (Эл № ФС 77 – 46701 от 23.09.2011)

СОДЕРЖАНИЕ

Марина Сергеевна Сегал, Анастасия Витальевна Куц, Вадим Сергеевич Фирсов Оценка рисков проектов государственно-частного партнерства в обеспечении техносферной безопасности	4
Александра Викторовна Семенютина, Василий Васильевич Сапронов, Максим Вячеславович Цой Опыт применения технологий контейнерного размножения Нижневолжской станции по селекции древесных пород ФНЦ агроэкологии РАН	26
Александра Викторовна Семенютина, Кристина Андреевна Мельник, Сергей Евгеньевич Лазарев Адаптация видов рода <i>Gleditsia</i> и <i>Robinia</i> к особенностям водного режима в условиях каштановых почв	48
Алия Шамильевна Хужахметова, Кристина Андреевна Мельник Декоративность представителей рода <i>Gleditsia</i> в зоне светло-каштановых почв	60
Александра Викторовна Семенютина, Дарья Владимировна Сапронова Ретроспективный анализ интродукции <i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco для прогноза эффективности её применения в Нижнем Поволжье	81
Виктория Алексеевна Семенютина, Максим Вячеславович Цой Мониторинг пространственного распределения можжевельника казацкого в Волгоградской области	103

CONTENT

Marina S. Segal, Anastasia V. Kuts, Vadim S. Firsov Risk assessment of public-private partnership projects in ensuring technosphere security	4
Alexandra V. Semenyutina, Vasily V. Sapronov, Maxim V. Tsoi Experience in the use of container multiplication technologies at the Nizhnevolzhskaya Station for the selection of tree species of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences	26
Alexandra V. Semenyutina, Kristina A. Melnik, Sergey E. Lazarev Adaptation of species of the genus <i>Gleditsia</i> and <i>Robinia</i> to the peculiarities of the water regime in the conditions of chestnut soils	48
Aliya Sh. Khuzhakhmetova, Kristina A. Melnik Decorative properties of the genus <i>Gleditsia</i> in the zone of light chestnut soils	60
Alexandra V. Semenyutina, Daria V. Sapronova Retrospective analysis of the introduction of <i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco to predict the effectiveness of its use in the Lower Volga region	81
Victoria A. Semenyutina, Maxim V. Tsoi The Spatial Distribution monitoring of the <i>Juniperus sabina</i> L. in Volgograd Region	103

Оценка рисков проектов государственно-частного партнерства в обеспечении техносферной безопасности

Марина Сергеевна Сегал

Студент

Дальневосточный Федеральный Университет

Владивосток, Россия

segal@dvfu.ru

 0000-0000-0000-0000

Анастасия Витальевна Куц

Студент

Дальневосточный Федеральный Университет

Владивосток, Россия

kuts@dvfu.ru

 0000-0000-0000-0000

Вадим Сергеевич Фирсов

Студент

Дальневосточный Федеральный Университет

Владивосток, Россия

firsov@dvfu.ru

 0000-0000-0000-0000

Поступила в редакцию 11.04.2022

Принята 22.05.2022

Опубликована 15.06.2022

 10.25726/c2769-7040-2371-y

Аннотация

В проанализированном в статье процессе воздействия субъекта регулирования на объект определено, что на основе определения стратегической цели, целей и принципов государственного регулирования развития сферы ГЧП в рамках единой системы возможно выделить функциональные механизмы – организационный, административный, экономический, правовой, информационный (в составе комплексного механизма). Механизм государственного регулирования развития ГЧП – это совокупность процессов (в рамках системы) обеспечения целенаправленного влияния органов государственной власти (субъекта), в соответствии с имеющимися функциями и принципами, для передачи проактивного (предохранительный характер на основе планирования, координации, корректировки) и реактивного действия (адаптивность и динамичность реагирования) на параметры объекта регулирования для стабилизирующего изменения состояния объекта или преодоления отдельных противоречий, в соответствии с установленной целью, целей и государственной политики в сфере развития ГЧП. Механизм государственного регулирования как способ передачи управленческих решений должен предусматривать соответствующие методы, инструменты и средства воздействия на объект регулирования. Показано, что процесс реализации проектов предусматривает надлежащую систему управления, наличие действенной нормативно-правовой базы, стабильную государственную политику, баланс между ценой и качеством услуг, создание условий, государственных гарантий и стимулов для участия инвесторов в соответствующих проектах. Определено, что учитывая взаимосвязь отдельных секторов национальной экономики и социальной сферы, особенностью реализации проектов ГЧП может быть создание полисекторального кластера на основе территориального совмещения;

реализации экономических, технологических, научных и производственных связей; согласованности отдельных целевых ориентиров; межсекторной интеграции, которая может реализоваться в виде синергического эффекта. Указанные полисекторальные кластеры на основе проектов ГЧП могут стать так называемыми «точками роста» отдельных соединенных проектами отраслей, где задействованы проекты. Усматривается возможность получения межсекторального эффекта от реализации проектов ГЧП как нового подхода к реализации совмещенных целей за счет ГЧП и снижение стоимости услуг, рост качества.

Ключевые слова

Социальная сфера, ГЧП, проекты, оценка, риски.

Введение

Процессы решения социально-экономических проблем за счет механизмов ГЧП являются достаточно распространенными. Возможность применять потенциальные возможности частного сектора можно использовать во многих сферах экономической, хозяйственной и гуманитарной областей. Но любая сфера деятельности имеет свои, присущие только ей особенности, которые нужно учитывать во время планирования проектов ГЧП. Постепенное развитие применения таких проектов в соответствующих сферах деятельности в дальнейшем предусматривает нормирование путем разработки методических материалов для специалистов, которые уполномочены на принятие управленческих решений по реализации проектов на основе моделей этого вида договорных отношений (Dubgorn, 2018).

Как одна из ключевых сфер социального развития система здравоохранения находится в постоянной адаптации к изменениям. Рост социальных показателей (уровень смертности, уровень рождаемости, продолжительность жизни и проч.) опирается на общее повышение экономического роста, улучшения уровня жизни, доступности и качества медицинского обслуживания, усиление экологических стандартов. Наряду с этим появляются проявления влияния климатических изменений, загрязнения окружающей среды, появление новых опасных болезней, возникновение пандемий. Многие развивающиеся страны сталкиваются с проблемами обеспечения качественными источниками воды и необходимым уровнем питания, с болезнями, связанными с низким уровнем жизни. Вопросы, находящиеся в плоскости обеспечения надлежащего уровня здравоохранения, выходят на уровень национальной безопасности. Экономический рост в значительной степени зависит от формирования и обеспечения здоровья нации и трудовых ресурсов. Существует мнение, что отдельно ни частный, ни государственный сектор не в состоянии реагировать в полной мере на объективно существующие социальные вызовы, возникающие вследствие увеличения процента лиц пожилого возраста, роста количества хронических болезней, повышения потребности в современных методах лечения, высокотехнологичном оборудовании и дефицита квалифицированного персонала в сфере здравоохранения. Ситуация усугубляется недостаточностью финансовых ресурсов, устарелостью инфраструктуры, неравномерностью доступа к надлежащему медицинскому обслуживанию.

Поскольку сектор здравоохранения является одним из основных потребителей значительной части бюджета в стране, то особое внимание уделяется его эффективности и затратам. Ежегодно огромные суммы денег тратятся на здания, обслуживание и реконструкцию медицинских учреждений по всему миру, но ожидаемых выгод от таких затрат удается достичь не всегда. Обязательства по финансированию в государственном секторе, а также увеличение расходов вызывают необходимость сокращения поступлений в медицинские учреждения из государственного сектора. Вышеуказанные факторы становятся причиной того, что государство применяет различные подходы к решению проблем, а также различные способы ограничения издержек, привлечения капитала и достижения более высоких результатов в области охраны здоровья, в т. ч. активизируя участие частного сектора в предоставлении услуг, а также финансирование указанного сектора.

Поиски новых моделей обеспечения медицинских услуг привели к применению в сфере здравоохранения механизмов ГЧП. Модели этого вида делового сотрудничества в настоящее время

разработаны для обеспечения программ здравоохранения стран с различным уровнем экономического развития, и эти модели эффективно используются в течение последних двух десятилетий.

В последнее время партнерства стали центральным элементом усилий по улучшению результатов обеспечения здравоохранения, что связано с построением глобальной помощи, созданием новых механизмов помощи и партнерскими отношениями, задачей которых является достижение конкретных целевых показателей борьбы с болезнями.

Традиционная роль государственных органов заключается в развитии здравоохранения и социального обеспечения через некоммерческие организации, в то время как частные учреждения стремятся увеличить прибыль, но с менее рискованными показателями (Matveeva, 2021). Инициативы в области государственного и частного секторов часто предназначено для выполнения целей политики здравоохранения: расширение доступа, поощрение справедливости, сокращение операционных расходов, снижение бремени правительства в предоставлении услуг, устранение дисбаланса между государственным и частным секторами (например, в секторе персонала и доступности ресурсов) (Skripnuk, 2019).

Важными факторами в поддержании успешных и устойчивых ГЧП называют: надежность, технологический потенциал, сосредоточенность на пациентах, компетентность, гибкость. Основные направления стратегий разработки и реализации ГЧП в секторе здравоохранения представлены в табл. 1.

ГЧП в области здравоохранения является функциональным методом сотрудничества, инновационным подходом к финансированию общественных проектов, что позволяет обеспечивать создание рабочих мест и качество реализации ситуации, когда государственный сектор, частный сектор и пациент всегда выигрывают. ГЧП может применяться в области разработки лекарств, с целью улучшения предоставления услуг и расширения доступа к медицинским услугам, в научных исследованиях в сфере здравоохранения и тому подобное (Egorov, 2014).

Исследование факторов успеха для проектов ГЧП выделяет пять факторов, которые являются важными в реализации таких проектов, а именно: хорошее (должное) управление; обязательства и ответственность государственного и частного секторов; благоприятное правовое поле; обоснованная экономическая политика; развитый финансовый рынок (Kruhlov, 2019). К важным факторам успеха ГЧП относятся регулирование, прозрачность, четкое политическое руководство и понятность оперативных процедур и обязанностей, надлежащие механизмы оценивания, устойчивая финансовая поддержка (Parakhina, 2021). Потенциальные расходы на ГЧП (увеличение государственных финансовых обязательств в результате сокращений контрактов и субсидий; время и ресурсы, потраченные на регулирование и мониторинг деятельности частных некоммерческих и неправительственных партнеров частного сектора) должно минимизировать.

Таблица 1. Основные направления стратегий разработки и реализации ГЧП в предоставлении больничных услуг

Направление	Содержание
Изменения в политике и законодательстве	Стабильность в государственной политике; улучшение и совершенствование страховой деятельности; конкурентное ценообразование; баланс между ценой и качеством; реформирование и актуализация тарифной политики
Социально-культурные изменения	Изменения в культуре и общественном мнении, повышение доверия граждан; координация между правительством и парламентом; отношение правительства к частному сектору; поддержка партнерства с частным сектором лицами, которых уполномочено принимать решения
Совершенствование механизмов и процессов, существующих	Создание единого субъекта для управления отношениями с частным сектором; прозрачность и надлежащее управление структурами;

	разработка справедливого и прозрачного договора согласно проекту; сокращение государственных органов
Финансирование и капитальное строительство	Установление условий для привлечения инвесторов; стимулы для участия инвесторов; правительственные гарантии на приобретение услуги и выгоды инвесторов

Партнерство государственного и частного секторов в сфере здравоохранения улучшает качество услуг и эффективность их, что является важным показателем. Предлагают учитывать при оценке эффективности ГЧП как средства улучшения здоровья во всем мире такие основные аспекты: связь между государственным и частным секторами; характер партнерства между участниками; финансовые механизмы проекта ГЧП; политику правительства, принятую с целью содействия партнерским усилиям; идентификацию и количественное оценивание результатов ГЧП; оценивание вопросов справедливости; определение потенциальной слабости анализа.

Проекты ГЧП в настоящее время используются в секторе здравоохранения не только для создания инфраструктуры, но и для предоставления той или иной услуги (например, схем управления энергией, системы информационных технологий, общественного питания, интегрированной системы управления) (Lebedenko, 2017).

Особенно насущной потребность в обеспечении охраны здоровья оказывается на уровне общины, где основополагающим принципом является обеспечение способности общин, улучшение характеристик качества жизни на местном уровне, реализация концепции устойчивого развития инклюзивным путем. Это, в свою очередь, предполагает эффективное использование имеющихся ресурсов различных форм собственности. Процесс децентрализации должен происходить с привлечением бизнес-среды на основе понимания стратегических целей территориального развития, финансовой составляющей и системы предоставления услуг.

Следует отметить, что реализация проектов ГЧП в секторе здравоохранения имеет много рисков, не все проекты достигают успешного завершения и предполагаемой эффективности. ГЧП сталкиваются со значительными трудностями и проблемами, такими как конфликт интересов; коррупция; вопросы, касающиеся подотчетности; отсутствие четких ролей и обязанностей партнеров; недостаточный мониторинг эффективности; недостаточный контроль выбора партнеров; отсутствие прозрачности в процессах принятия решений (Badalov, 2017).

В целом государство разделяет видение своей ответственности по принятию решений, которые формируют предоставление широкого спектра качественных медицинских услуг разным категориям граждан. Новейшие подходы должны обеспечивать усиленные связи между частными и государственными партнерами, которые будут формировать необходимые потребности и расходы по здравоохранению при соответствующем государственном контроле и наблюдательных функциях (Pashkova, 2019). Дальнейшая реализация проектов в секторе здравоохранения предполагает налаживание совместной работы между государственным сектором и частными партнерами (застройщиками, финансовыми институтами, обслуживающими организациями, частными медицинскими учреждениями, научно-исследовательскими организациями), что дает возможность получить необходимые результаты и выгоды от важных социальных проектов для всех вовлеченных сторон (Badasyan, 2020). Модель ГЧП имеет значительный потенциал, который в сочетании с взвешенной политикой государства может предоставить возможность формировать дополнительную медицинскую специализированную инфраструктуру, повышать качество предоставления услуг в секторе здравоохранения, разрабатывать современную медицинскую продукцию и расширять доступ населения к широкому ассортименту медицинских услуг.

Материалы и методы исследования

Возможности государства по оказанию качественных услуг в сфере здравоохранения не в полном объеме могут удовлетворить современные потребности общества (Badalov, 2017). Одним из направлений улучшения сложившейся ситуации является привлечение в сектор здравоохранения

частного владельца. В процессе реализации проектов особое значение приобретают надлежащая система управления, действующая нормативно-правовая база, стабильность государственной политики, баланс между ценой и качеством в секторе здравоохранения. Бесспорно важным является вопрос создания условий, государственных гарантий и стимулов для участия инвесторов в соответствующих проектах (Jintamanaskoon, 2014). В процессе реализации могут применяться различные модели ГЧП: услуги аутсорсинга (частный партнер предоставляет клинические и неклинические услуги); модель «строительство-владение-эксплуатация»; управление частной долей в государственной больнице и др. Важно в дальнейшем продолжить прорабатывать вопрос мотивации частных учреждений расширять доступность медицинских услуг в рамках моделей ГЧП, разрабатывать четкие определения ролей и обязанностей партнеров при реализации проектов ГЧП, проводить мониторинг эффективности проектов и минимизировать влияние коррупционных факторов.

Ограниченность природных ресурсов в мире создает соответствующие проблемы их интенсивного использования и равномерного распределения. Особенно сложная ситуация наблюдается в сфере обеспечения водными ресурсами. Рост населения, ускоренная урбанизация, уменьшение источников воды соответствующего качества затрудняют организацию системы водоснабжения. Очень много людей в мире не имеют доступа к улучшенным источникам воды, пользуются загрязненной питьевой водой и не имеют соответствующего уровня санитарии, что приводит к распространению болезней и высокой смертности (Nikitenko, 2017).

Если рассматривать вопрос с технической точки зрения, то проблематика водоснабжения включает в себя проектирование и строительство новых водораспределительных сетей и систем водоотведения и сопутствующей инфраструктуры (насосные станции, очистные сооружения), реконструкцию существующих сетей и техническое обслуживание комплекса объектов (Ivanova, 2018).

Учитывая, что услуги по водоснабжению и водоотведению являются сферой, которая формируется и регулируется государством, последнее разрабатывает соответствующие законодательные акты, нормирующие отношения субъектов и объектов сферы жилищно-коммунальных услуг. В основе политики развития сферы водораспределения лежит обеспечение услугами потребителей, повышение стандартов на питьевую воду до стандартов США, поддержание эффективной работы сетей водоснабжения и водоотведения, строительство или реконструкция систем водоснабжения и водоотведения (Dmitrieva, 2017).

Указанные направления предусматривают значительные инвестиционные привлечения в развитие системы водоснабжения и водоотведения. В докладе «Глобальный анализ и оценка состояния санитарии и питьевого водоснабжения» отмечается, что в течение последних трех лет страны ежегодно увеличивали бюджетные ассигнования на водоснабжение, санитарию и гигиену в среднем на 4,9 %. При этом 80 % стран признают, что финансовых средств, которые выделяются на цели водоснабжения, санитарии и гигиены, недостаточно для достижения установленных в этих странах целевых показателей в этой сфере. К сожалению, Россия также не имеет возможности привлекать необходимые средства в развитие практически всех направлений жилищно-коммунального хозяйства (Trotsenko, 2020).

Ежегодные расходы на услуги по водоснабжению и очистке сточных вод в 2025 г. составят около 600 млрд долл. США для стран ОЭСР и 400 млрд долл. США для стран БРИКС.

Много сетей достигли критического срока эксплуатации и страдают от хронических переполнений, результатом чего является попадание 3,23 трлн литров неочищенных сточных вод в поверхностные воды ежегодно.

В жилищно-коммунальном хозяйстве проекты ГЧП решают вопросы предоставления общественно значимых услуг населению по тепловой, электрической энергии, переработке бытовых отходов, очистке сточных вод и др. Предприятия по очистке сточных вод, которые сочетают государственные социальные льготы и экономические выгоды предприятий, создаются правительством и могут привлекать различные секторы экономики.

ГЧП для водохозяйственных служб включают обработку и распределение питьевой воды, а также сбор, очистку и удаление сточных вод. Более эффективный доступ к водоснабжению и санитарии, в свою очередь, являются основными факторами для улучшения состояния здоровья и питания людей. По

оценкам Всемирной организации здравоохранения, каждый доллар США, инвестированный в водоснабжение и санитарии, генерирует 4-12 долл. США на пользу для здоровья.

База данных участия частного сектора в водораспределительной сфере (PSP Water) классифицирует ГЧП по следующим категориям: модель «Проектирование-строительство-эксплуатация» и «Строительство-эксплуатация-передача»; модели с высокими капитальными затратами; модели со средними капитальными вложениями, включая договоры аренды, концессии, аффирмации и операционные контракты; модели с низкими капитальными затратами, охватывающие контракты на управление и обслуживание. Следует отметить, что опыт работы с ГЧП в водном секторе получил широкое распространение в мире: в базе данных PSP Water представлено 110 стран, которые имеют хотя бы один контракт ГЧП в течение последних двух десятилетий. В процессе реализации проектов государственный партнер привносит долгосрочную перспективу на предприятие, обеспечивает, чтобы внешние эффекты учитывали социальную справедливость, частная сторона предоставляет управленческий опыт, эффективность и готовность внедрять новаторские подходы.

Участие частного сектора в водоснабжении является положительной, поскольку частные предприятия работают под большим контролем, чем государственные; имеют больший стимул для уменьшения потерь, то есть минимизируют упущенную выгоду; используют международный опыт и ноу-хау. ГЧП может значительно повысить технический потенциал, эффективность и инновации водной промышленности, опираясь на технические знания в отрасли. На административном уровне можно повысить управленческую и операционную эффективность путем внедрения инновационных административных стратегий, эффективного реагирования на потребности потребителей. Возможно уменьшение потребностей в субсидиях, поскольку государственные субсидии могут быть перераспределены на другое. Целями контракта на управление определяются: повышение эффективности работы с целью усиления финансовой устойчивости сектора; повышение надежности водоснабжения для всех потребителей; привлечение капитала для улучшения и реконструкции водной инфраструктуры; улучшение качества воды; сокращение среднего времени реагирования на проблемы (Matraeva, 2016).

Сохранение согласованности в рамках государственной политики также предусматривает укрепление механизмов координации на уровне государственных органов и формирование общего понимания целей, средств и ресурсов для обеспечения водой. Другие координационные механизмы, такие как контракты, межсекторальное сотрудничество, показатели эффективности, информационные системы и финансовые трансферты, имеющие решающее значение для эффективного совместного управления качеством воды государственными и частными субъектами. Партнерские отношения с частным сектором предусматривают создание соответствующих механизмов для определения условий, которые поддерживают долгосрочную финансовую устойчивость и доступность партнерских отношений; укрепление механизмов подотчетности, которые могут помочь преодолеть неопределенность долгосрочных соглашений, сохраняя при этом гибкость и способность партнерств адаптироваться к изменяющимся условиям.

С целью разработки согласованных альтернативных сценариев партнерства между государственным и частным секторами следует проанализировать потенциальные формы партнерских отношений, которые послужат основой для дальнейшего процесса оценки; возможные институциональные механизмы сектора водоснабжения; планы действий по управлению водными ресурсами, которые могут обеспечивать требования доступности воды для конкретного географического объекта в пределах данного временного периода; программирование инвестиций для каждого плана действий, а также подробное оценки затрат и цен на услуги водоснабжения и водоотведения; возможности внешнего финансирования (Quah, 2010).

На рис. 1 приведена методология оценки сценариев ГЧП. Каждая форма ГЧП определяет договоренности между партнерами и долю инвестиционных расходов, рисков, обязательств и доходов, вопросы владения теми, что существуют, и новыми активами, сроки и размер платежей; описание объектов или услуг, которые будут предоставляться; основные задачи, реализуются партнерами,

учитывая выбранную модель потенциального контракта между партнерами (строительство, эксплуатация и обслуживание) (Khusainova, 2015).

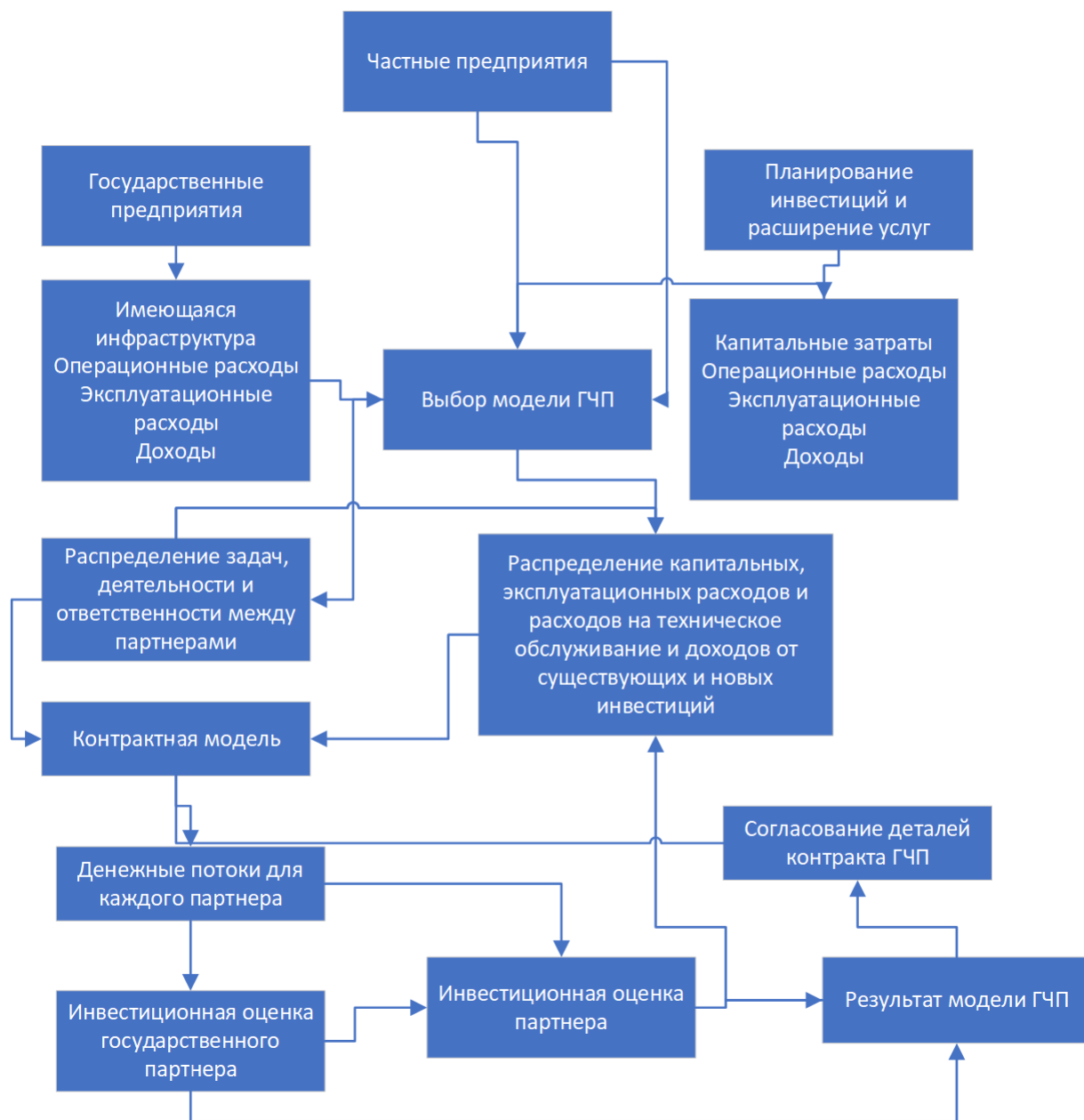


Рисунок 1. Методология оценки альтернативных сценариев ГЧП

Потенциальные институциональные механизмы определяют распределение обязанностей на каждом уровне принятия решений для государственных органов, уполномоченных управлять водными ресурсами. Альтернативные партнерские отношения с ГЧП считаются приемлемыми, когда набор инвестиций является экономически эффективным для обоих партнеров. Частный партнер для повышения эффективности государственного сектора реализует функции по управлению водными ресурсами, проектированию и строительства объектов, эксплуатации и обслуживания водопроводных сетей, контроля качества предоставляемых услуг и финансового управления системой. Соглашение может включать: обеспечение социальных целей; достижение конкретных экологических целей в отношении водных ресурсов.

Анализ источников показал основные факторы риска проектов ГЧП, которые требуют тщательного исследования и оценки: проблемы финансирования, риск завершения, субъективная

оценка проекта, государственное вмешательство и государственные кредиты, неопределенности ценообразования (тарифа), нарушение контракта правительством, недостаток источников воды, стоимость строительства и времени перерасходов, юридический риск, политический риск, рыночный спрос, отсутствие поддержки инфраструктуры, правительственные кредитные и технические риски, налоги, неформальная конкуренция, уровень инфляции, колебания валютных курсов, кражи воды, невыплата долгов, высокие операционные расходы, волатильность курса инфляции, процентные ставки (Mannino, 2017).

Несмотря на то, что участие частного сектора привело к более плодотворному сотрудничеству в области разработки инфраструктуры и управления ею, чем в случае непосредственного оказания услуг водоснабжения, остается много проблем.

Это связано с планированием развития инфраструктуры (в частности, введением очистных сооружений в общий цепочка обеспечения); долгосрочной финансовой устойчивостью проектов; качеством нормативной базы; созданными стимулами для обеспечения работы и координации партнеров в интересах общества.

Как видим, сфера водоснабжения и водоотведения несмотря на свою социальную важность, не получает необходимого финансирования, учитывая ограниченность государственных ресурсов, техническую сложность реализации проектов и других факторов (отсутствие источников воды, необходимость переработки сточных вод, повышенные потребности к качеству услуг и др.). Привлечение частного собственника к реализации проектов инфраструктурного развития сетей в рамках ГЧП может решить проблематику в сфере водоснабжения и водоотведения. Но долгосрочные проекты сталкиваются с проблемами, связанными с распределением обязанностей между партнерами, с рисками, что требует профессионального подхода к решению этих проблем на основе наработанного опыта.

Развитие системы предоставления жилищно-коммунальных услуг (в т. ч. в секторе водоснабжения и водоотведения) является довольно насущной проблемой, требующей значительных усилий со стороны органов государственной власти и местного самоуправления на уровне территориальных образований. Реализация задач улучшения качества услуг, расширения доступа к услугам, внедрение энергосберегающих технологий требует привлечений ресурсов и инвестиций, что возможно осуществить в рамках реализации инфраструктурных проектов ГЧП. Участие частного собственника внедряет современную систему управления, динамичное реагирование на проблемы и кризисные ситуации, надежность предоставления услуг, сокращение бюджетных расходов на социально важную инфраструктуру. Кроме рассмотренных сфер – здравоохранения, сектора жилищно-коммунального хозяйства, динамичного развития приобретают транспортная отрасль, электроснабжение, промышленность, образование, сельское хозяйство, рекреационно-туристическая отрасль и другие направления.

В целом методология использования моделей ГЧП опирается на имеющуюся институциональную структуру, планирование, управление и договоренности партнеров (инвестиции, риски, обязанности, доходы, владение активами, сроки и размер платежей; описание объектов или услуг, которые будут предоставляться; основные задачи). В случае эффективности инвестиционного набора для обоих партнеров модель ГЧП является приемлемой. Учитывая взаимосвязь отдельных секторов национальной экономики и социальной сферы, особенностью реализации проектов ГЧП может быть создание полисекторального кластера на основе территориального совмещения; реализации экономических, технологических, научных и производственных связей; согласованности отдельных целевых ориентиров; межсекторной интеграции, которая может быть реализована как синергический эффект (рис. 2).

Следовательно, наблюдается необходимость в реализации проектов ГЧП в системообразующих секторах экономики, учитывая значительные ресурсные потребности для развития вышеперечисленных секторов, несоответствие технического состояния инфраструктуры в современных общественных требований, недостаточное качество предоставляемых услуг. Исходя из логики построения процесса формирования политики развития соответствующих секторов экономики, целесообразным является

техники) и другие подобные варианты. Таким образом, указанные полисекторальные кластеры на основе проектов ГЧП могут стать так называемыми точками роста в соответствующих отраслях, где задействованы проекты ГЧП. Внедряя вышеуказанный подход к развитию нескольких сфер деятельности, одновременно за счет полисекторальной организации внедряют равносекторальную государственную политику.

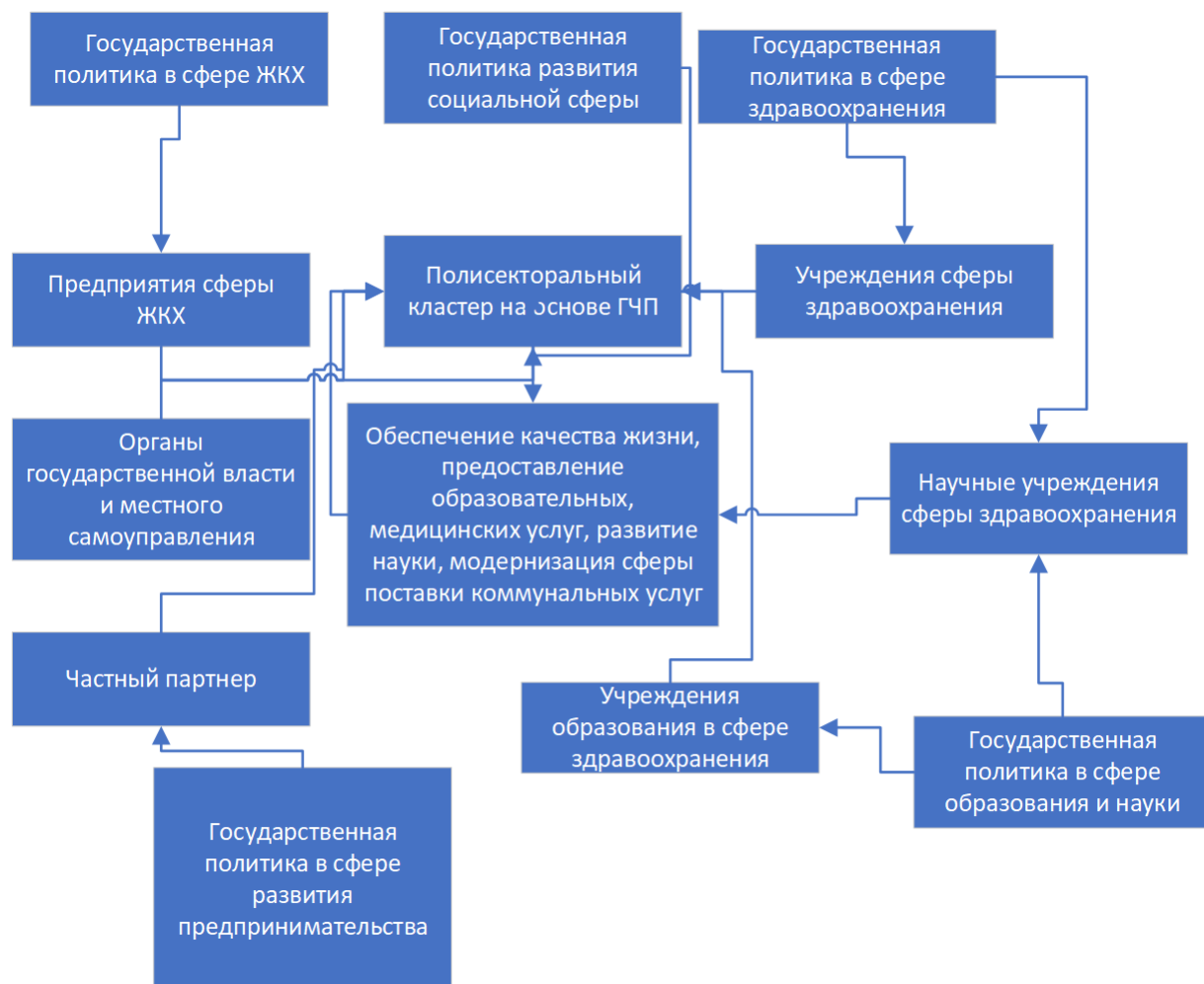


Рисунок 3. Внедрение государственной политики в модели полисекторальной организации ГЧП

Важным остается обеспечение финансовой устойчивости проектов, формирование нормативно-правовой базы, уменьшение рисков, адаптивность проектов ГЧП в изменяющейся внешней среды, достижения социальных и экологических целей, использования мирового опыта реализации проектов в социально важных сферах. Успешная реализация указанных проектов ГЧП обеспечивает положительное влияние на качество жизни, улучшение экологического состояния соответствующих территорий, стимулирует развитие сопутствующих сфер деятельности (утилизация отходов, поставка материалов и оборудования для сферы коммунального хозяйства, медицины и др.), создает позитивный инвестиционный климат для дальнейшего привлечения инвесторов. По нашему мнению, существует возможность получения межсекторального эффекта от реализации проектов ГЧП как нового подхода реализации совмещенных целей за счет этого вида партнерства. Кроме того, за счет полисекторальной кластеризации и соответствующих договоров о совместной деятельности можно предположить снижение стоимости предоставляемых услуг и рост их качества (медицинские, лабораторные услуги, услуги водоснабжения и поставку тепловой энергии).

Результаты и обсуждение

В течение последних трех десятилетий реализация инфраструктурных проектов многими странами мира осуществлялась с помощью ГЧП, что решало вопросы финансирования, строительства, обслуживания, а также управление инфраструктурными проектами. Учитывая сложность и масштабность, значительную продолжительность проекта, неопределенность внешней среды, недостатки управления, успешная реализация соглашения может быть невозможной по причине влияния большого количества рисков. Процедура оценивания рисков требует сложного моделирования процессов, может возникать и описывается своим набором данных. В процессе реализации проектов ГЧП необходим учет всего множества рисков, которые могут проявиться в течение действия соглашения между государством и частным собственником. Возникшие риски различаются по степени воздействия и вероятности появления, требуя действий каждой из сторон сделки. Такими действиями может быть перераспределение рисков, изменение условий сделки. Понимание множества будущих рисков дает возможность определиться относительно участия в проектах потенциальных инвесторов, правильного распределения рисков в сделках ГЧП, выяснения реальной стоимости услуг с учетом расходов, связанных с рисками.

В проектах ГЧП частный партнер берет на себя существенные финансовые, технические и операционные риски во время проектирования, финансирования, строительства и эксплуатации объекта, уменьшая финансовую нагрузку государства. В общем смысле риск является любым результатом, что отклоняется от ожиданий и составляет значительную проблему в сложных инфраструктурных проектах, в которых существует высокая вероятность перерасхода средств и времени. Риск – это вероятность появления события, наносящего вред.

Риски, возникающие в проектах ГЧП, являются достаточно многочисленными и различаются в зависимости от секторального направления реализации. Успешный проект должен извлекать пользу из реалистичного, коммерчески жизнеспособного и экономически эффективного распределения рисков. Учитывая то, что вовлеченные стороны имеют разные интересы и цели, эффективное распределение рисков будет важной частью процесса разработки проектной документации и неотъемлемым условием успеха проекта. Управление рисками основано на эффективности цели, к которой надо стремиться. На практике риск, как правило, распределяется в зависимости от коммерческой и переговорной силы сторон. Более сильная сторона перекладывает риск, который она не хочет нести, на более слабую сторону. Этот сценарий не обязательно обеспечивает наиболее эффективное управление рисками. Перекладывание слишком большого риска на плечи проектной компании приводит к высокой стоимости и нестабильности проекта, а слишком малого риска – к проигрышу в соотношении цены и качества. Нахождение правильного баланса является сложной задачей.

Дж. Делмон выделяет следующие риски: политический (изменение законодательства, экспроприация, принуждение к выполнению обязательств государства); правовой и регулятивный (доступ к правосудию, полномочия партнера по реализации проекта; правила закупок, предшествующих сделке ГЧП); риск незавершения строительства в срок (непредсказуемые события, наличие необходимых инженерных сетей); риск невыполнения обязательств (ошибки в проектировании, несоответствующая эксплуатация, сырье и материалы несоответствующего качества); операционный (дефекты, корректировка); финансовый (кредитование, колебания валютного курса); риск спроса (изменение тарифов, спрос на будущую продукцию); экологический и социальный.

Управление рисками в рамках ГЧП является сложной задачей, поэтому с целью снижения этих рисков был разработан ряд механизмов, позволяющих сделать проект приемлемым для банковского финансирования, а также предоставляют возможности разным сторонам проекта получать выгоду от более эффективного управления рисками, в частности: проектная компания может заключить контракт с контрагентами или сторонами, которые могут улучшить руководство определенными рисками; возможно страхование ключевых рисков, в частности относительно строительства, оборудования, зданий, персонала и форс-мажора; государство может предоставить гарантии или субсидии для определенных рисков; многосторонние кредитные агентства, двусторонние кредитные агентства и экспортные кредитные агентства могут предоставить заемный и собственный капитал, страхование и гарантии по

определенным рискам; для управления риском могут использоваться другие финансовые инструменты, такие как хеджирование, узкоспециализированное страхование, облигации, связанные с риском катастроф, и др. Важной частью снижения рисков является организация проекта и его эффективное оценивание. Во время проведения полного банковского оценивания проекта риски могут быть сведены в матрицу рисков для помощи в определении значимости определенных рисков, смежных рисков (случай, когда риски, взятые вместе, больше суммы отдельных рисков, и где риски переплетены таким образом, что для снижения одного риска, необходимо снизить и другой зависящий от него риск) и приоритетов в управлении рисками.

Факторы риска можно разделить на две группы: экзогенные риски (политические, юридические, экономические, природные, рыночные) и эндогенные риски (выбор проектов, проектное финансирование, строительство, взаимоотношения, эксплуатация). Экзогенные риски строительства неконтролируемы и возникают под воздействием внешних факторов, таких как стихийные бедствия, рыночный риск, процентный риск и др. а эндогенные риски возникают из конкретных контрактных факторов проектов ГЧП.

В методах, применяемых для оценки проектов ГЧП, основным фактором, который необходимо проанализировать, есть риск. Поэтому многие ученые, которые рассматривают успех реализованных проектов ГЧП, пытаются выделить ключевые риски или классифицировать их в группы, имеющие наибольшее влияние на процесс и результат проекта и могут в будущем способствовать реализации таких проектов. На основе исследований можно выделить основные факторы рисков проектов ГЧП на разных стадиях реализации и их факторы (табл. 2).

Таблица 2. Основные факторы рисков в проектах ГЧП

Фактор риска	Факторы, создающие риск
Предпроектный (подготовительный)	Поиск финансирования для подготовки проекта; получение разрешения на реализацию проекта; условия участка; загрязнения; сооружения, что существуют
Финансовый	Процентная ставка; девальвация денежной единицы; поиск средств для покрытия основных и дополнительных расходов на проект; колебания валютных курсов; высокая стоимость торгов; инфляция; неразвитый рынок финансирования
Экономический	Прогноз спроса на рынке; ценовая несоответствие; норма возврата инвестиций; изменение тарифов, цен; риски активов; низкая доходность и ликвидность; превышения затрат на проект; кредитный риск; низкая эффективность; несвоевременность оплаты работ; недостаточный рыночный спрос
Проектный	Долговечность; отмена отдельных разрешений; недостаточная спецификация условий контракта; недостатки конструкции; время и стоимость строительства; пригодность для цели; изменения проекта, объемов или спецификации; качество строительства; задержка в согласовании проектов и разрешений; противоречивый или несовершенный контракт; отсутствие вспомогательной инфраструктуры
Расположение	Подготовка площадки (приобретение земельного участка, доступность материала/рабочей силы, выкуп, выгрузки, связь с заинтересованными сообществами); состояние участка (условия, конструкции); землепользование
Строительный и технологический	Превышение стоимости строительства (изменение контракта, изменение объема работ); банкротство субподрядчиков (поставщиков); качество строительства (технический риск, некачественные материалы); временная задержка строительства, нетрудоспособность рабочей силы, незавершенные инженерные сети; время простоя; технологический сбой;

	недостаточная организация и координация; невыполнение проекта (несвоевременное выполнение); невведения в эксплуатацию
Эксплуатационный (обслуживание)	Перерасход эксплуатационной стоимости (производственные отношения, охрана труда и техническое обслуживание); превышение сроков работ (низкая производительность труда, задержки согласований); качество обслуживания (эксплуатации); изменение потребностей и ожиданий общества; ремонт
Политический (регуляторный)	Нестабильная политика правительства; государственная коррупция; государственное вмешательство; регламентные вмешательства; плохой процесс принятия решений в обществе; политические факторы (аннулирование лицензии, национализация, отказ, ограничения на импорт, политическая оппозиция)
Правовой	Изменения в законодательстве; изменения в правовой и нормативной базе; правовая поддержка; несовершенная правовая и надзорная система; изменение в налоговом регулировании
Экологический	Воздействие на окружающую среду
Социальный	Конфликты с местным населением; публичное возражение против функционирования проекта
Форс-мажор	Неожиданные экзогенные события (наводнения, землетрясения); геотехнические условия; беспорядки; забастовки; война; беспорядок

Риски сводятся к макроэкономическому, строительному, операционному и рыночному рискам. Среди этих категорий макроэкономические риски считаются критическими факторами риска в большинстве исследований. Колебания процентных ставок, инфляция также создают значительную неопределенность в завершении проектов ГЧП. Кроме того, форс-мажор идентифицируется как фактор риска с наименьшей вероятностью для смягчения, поскольку он не контролируется ни государством, ни частной стороной [566].

Идентифицировав основные риски проектов ГЧП, понимая их природу, вероятность возникновения, следующей задачей будет распределение обязательств по рискам между партнерами. Ответственность за смягчение влияния рисков, предотвращение появления рисков повышает вероятность своевременного выполнения условий соглашения, хотя требует дополнительных расходов соответствующего участника соглашения. Типовое распределение ответственности по рискам в проектах ГЧП приведено в табл. 3. Как видно из табл. 3, основные обязательства по рискам проекта возлагается на частного партнера.

Похожий подход к распределению рисков в проектах ГЧП рассмотрен в исследовании, где установлено, что оптимальное значение для инвестированных средств зависит от количественного и качественного распределения рисков. Предложены три уровня факторов риска: макроэкономический (политические, социальные риски), мезоуровень (риск строительства) и уровень микрорисков. Соответственно определено распределение рисков между партнерами: макроуровень распределяется в государственный сектор, мезориск – в частный сектор и микрориск – в оба сектора.

Оптимальное распределение рисков зависит от ситуации, и субъект государственного сектора может сохранить определенный риск для уменьшения контрактной цены. В количественном оценивании риска объективные вероятности корректируются с использованием субъективных оценок (экспертных заключений). Эти выводы могут исказить количественную оценку рисков, что может привести к неверным результатам.

Таблица 3. Типичное распределение обязательств по рискам между партнерами в проектах ГЧП

Категория риска	Структура риска	Держатель рисков
Объекты, которые уже существуют	Пригодность для использования в перепланировке	Государство
Условия участка	Загрязнение, строительные материалы	Частный партнер
Экология	Соблюдение экологических мер	Частный партнер
Проектирование	Целевая пригодность	Частный партнер
Строительство	Ответственность за сроки и расходы	Частный партнер
Трудовые отношения	Трудовые споры и задержки	Частный партнер
Введение в эксплуатацию	Задержки и затраты на устранение недостатков	Частный партнер
	Вывод доходов третьих лиц	Частный партнер
Спрос на услуги	Подключение к сети поставщиков	Частный партнер
	Ответственность за стоимостные изменения	Частный партнер
Сетевой риск	Изменения налогового законодательства	Государство
Риск затрат на жизненный цикл	Изменение процентных ставок и курсов валют	Частный партнер

В исследовании приведены различные понятия рисков и неопределенностей: технический, постмодернистский и радикальный. Риск может быть обчислен технически и возможно достичь оптимального распределения рисков. Понимание и управление рисками рассматривается как ключевой фактор успешных действий и принятия решений. Постмодернистская концепция отражает риски как созданные, так и несбалансированные, а демократическую политику рассматривает как правильный путь урегулирования рисков. В основе постмодернистской концептуализации лежит понятие рискованного общества, наполненного возможностями, которых никто не может полностью понять. Риски не являются результатом предыдущих решений, но они не ограничиваются во времени и пространстве, поэтому вероятностные модели не могут быть использованы для их моделирования и рисками невозможно управлять с помощью учета и компенсаций. В отличие от роли экспертов в техническом подходе, постмодернистские концепции выступают за мнения граждан. Неопределенность не применяется в долгосрочной перспективе и влияет на решение среднесрочного периода. Указанный подход рекомендует влиять на неопределенность.

Принимая решение, необходимо определить возможности расчета риска, чтобы учесть неопределенность. При техническом подходе методы принятия решений (вероятностные модели) используются для включения рисков в расчеты доходности, но неопределенность игнорируется. Постмодернистский подход дает правильные решения некоторых проблем технического подхода, но все равно не может полностью заменить его. Прежде всего современные методы анализа рисков в значительной степени основываются на техническом плане оценки рисков. Принятие решений не может быть объяснено без учета этих взглядов, а понятия риска и неопределенности не разделены. Постмодернистские взгляды рассматривают риски как угрозы и не учитывают возможности, хотя необходимо определять и потенциальные прибыли и убытки. Следовательно, указанное важно для среднесрочной и долгосрочной перспектив решений о предоставлении общественных услуг или инфраструктурных проектов.

Теория игр используется как математическая модель анализа принятия необходимых решений на основе матрицы выплат или разработку стратегий, позволяют использовать последние для оценки рисков или групп риска проектов ГЧП. На основе принципов теории игр сделан вывод, что успех реализации проекта зависит от государственной политики.

Специалисты МВФ изучили и использовали методы теории игр в поисках решения о смягчении управления рисками в процессе реализации проектов ГЧП представителями государственного и частного секторов. Лучший результат достигается в результате взаимного сотрудничества партнеров проекта для уменьшения влияния рисков на реализацию проекта. Управление рисками реализуется за

счет партнера, имеющего больше управленческих возможностей или способность управлять с наименьшими затратами.

Порядок выявления и распределения рисков между партнерами в отечественной практике ГЧП закреплено в методике выявления рисков осуществления государственно-частного партнерства, их оценки и определения формы управления ими. Согласно указанного нормативно-правового акта, количественное оценивание рисков проводят на основе: анализа чувствительности; сценарного анализа и метода Монте-Карло. К существенным рискам реализации проектов ГЧП отнесены: получение разрешительных документов и лицензий; риски в процессе проектировочных и строительных работ; спрос и рынок сбыта; операционные риски; нормативно-правовые риски; риски финансового и макроэкономического характера; социально-политические риски; форс-мажор.

Всемирный экономический форум (World Economic Forum, далее – WEF) в ежегодном отчете о глобальных рисках в мире (The Global Risks Report 2018) обнародует данные о глобальных рисках для ведения бизнеса. Риски, которые могут иметь наибольшее влияние на ведение бизнеса, представлены на рис. 4.

К экономическому характеру рисков отнесены: риск высоких цен на энергетические ресурсы, неуправляемую инфляцию, фискальные кризисы, отказ финансовых механизмов или учреждений, безработица. К социальной группе рисков относится глубокая социальная нестабильность. Кризисы геополитического характера: межгосударственный конфликт, несостоятельность Национального управления, государственный кризис. Технологический кризис – мошенничество или кража данных. Для сравнения мировая тенденция рисков для ведения бизнеса (первая тройка соответственно) безработица – 35,9, фискальные кризисы – 28,8, несостоятельность национального управления – 28,4.



Рисунок 4. Глобальные риски для ведения бизнеса

МВФ было проведено исследование по системным рискам финансового сектора (опрос по системным рискам в финансовом секторе) в ноябре 2018 г. Подавляющее число субъектов финансового рынка нынешнее состояние финансовой системы рассматривает как удовлетворительное и не видит возможностей относительно изменений в течение ближайших шести месяцев. 69% респондентов текущее состояние финансового сектора считают удовлетворительным, 12% – определили состояние как хорошее. 73% респондентов считают, что состояние финансового сектора в ближайшие шесть месяцев не претерпит изменений, 15% убеждены, что состояние улучшится. Опрос в мае 2018 г. показал более оптимистичные оценки: 35% респондентов ожидали улучшения состояния финансового сектора;

более двух третей опрошенных считают средний общий уровень риска в финансовом секторе; еще 25% определили риск выше среднего. Оценка устойчивости финансового сектора к негативным факторам улучшилась: 69% респондентов назвали ее средним (52% в мае 2018 г.), а 12% определили уровень устойчивости высоким (0% в мае 2018 г.).

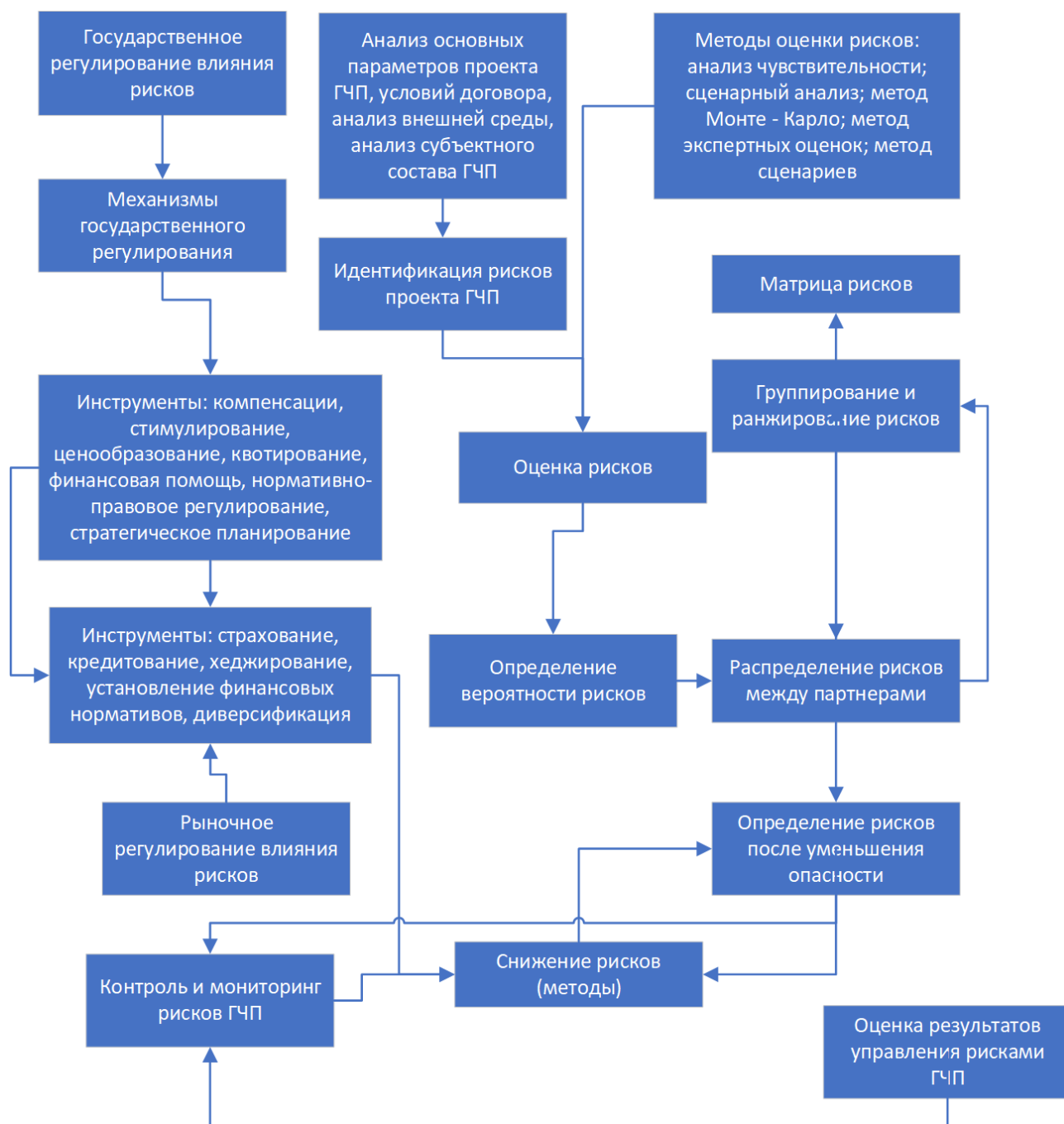


Рисунок 5. Модель процесса управления рисками проектов ГЧП

Как и в опросе мая 2018 г., к пяти самых больших факторов риска для финансового сектора входят: коррупция, деятельность органов правопорядка и судебной системы; состояние взаимодействия с международными финансовыми структурами; политическая и социальная ситуации в стране; состояние защиты прав кредиторов и инвесторов; мошенничество и кибернетические угрозы. Респонденты определили, что, сравнивая с предыдущим опросом, рост рисков больше всего произошло за факторами доступа к фондированию (с 23% мая до 54% ноября) и конкуренции на рынке финансовых

услуг (с 13% до 38%). Больше всего снизились показатели рисков наступления банкротства или значительных финансовых проблем финансовых учреждений (с 26 до 15%) и угрозы уменьшения стоимости активов и ухудшение качества залога (с 43 до 31%).

Учитывая несформированность достаточно действенной методологии анализа и оценки рисков, по нашему мнению, процесс управления рисками в процессе реализации проектов ГЧП должен предусматривать, помимо мер, изложенных в методике выявления рисков осуществления государственно-частного партнерства, их оценки и определения формы управления ими (определение рисков, оценка рисков, распределение рисков, управление рисками, осуществляет государственный партнер в конкретном соглашении о ГЧП), использование механизмов государственного регулирования (административного, экономического, правового) и функций регулирования (планирование, организация, мотивирование, контроль), которые действуют за счет прямых и косвенных методов в соответствии с возможностями и результатов рыночного саморегулирования.

Механизмы государственного регулирования могут обеспечить (в случае необходимости) создания (упрощение, усовершенствование) определенных административных процедур; урегулирование (дерегулирование) секторальных особенностей реализации проекта ГЧП; введение в действие норм, стандартов, правовых актов, методик; введение квот, заказов; финансирование из бюджетов различных уровней; привлечение других проектов, которые могут уменьшить отдельные риски; введение особых режимов функционирования; оказание помощи и др. меры, которые не противоречат действующему законодательству.

Соглашаясь с тем, что управление рисками должно использовать взаимосвязь параметров: субъектов – участников партнерства; процессов; инструментов; структуры и информации для принятия решений, следует добавить несколько важных параметров с точки зрения формирования благоприятной и контролируемой среды функционирования субъектов хозяйственной деятельности: государственная экономическая политика, регуляторные институты и механизмы государственного регулирования.

Как видим из предыдущих исследований, риски лежат в плоскости экономической проблематики, социальной нестабильности, политической ситуации в стране, значительных коррупционных проявлений системы власти. В основе большинства рисков лежит неопределенность и изменчивость. Четкое определение ответственности относительно рисков не говорит о некой отделенности партнеров в своих попытках достичь определенных результатов, ведь главной целью проекта остается удовлетворение важных потребностей общества. Конечный положительный результат зависит от совместных действий частного и государственного собственников. Если субъект предпринимательской деятельности должен выявить финансовые, технические и управленческие качества, то государственный партнер должен обеспечить эффективную реализацию функций государственных органов (администрирование, разрешения, доступность информации, прозрачность и упрощенность процедур, территориальный маркетинг, политическая стабильность, субсидирование), наличие объектов государственной собственности (пригодные земельные участки, здания, коммуникации) и формирования соответствующей государственной политики по развитию ГЧП. При управлении рисками лучший результат получается, когда обе стороны проекта взаимно сотрудничают, чтобы уменьшить влияние рисков на реализацию проекта на всех стадиях реализации.

По результатам анализа можно отметить, что реализация долгосрочных и масштабных проектов ГЧП постоянно сталкивается с рядом разнообразных рисков практически на любой стадии выполнения проекта. Недостаточное количество эмпирических данных относительно проектов, которые существуют несколько десятилетий, мешает провести всесторонний анализ видов рисков и влияния их на результаты осуществления проектов. Предложенный обзор современных исследований позволяет выделить основные виды рисков (предпроектный, финансовый, экономический, строительный, экологический, политический и др.) и определить отдельные факторы возникновения рисков, что дает возможность сориентировать потенциальных партнеров относительно методов определения стоимости проекта, задействованных третьих сторон и подрядчиков, особенностей рисков и будущего распределения обязательств по рискам между партнерами реализации проекта. Целесообразным является разработка методологического обеспечения расчета рисков на разных стадиях осуществления проекта для

использования в процедуре отбора частных участников ГЧП и формирования в соглашениях отдельных условий, связанных с вопросами рисков. Только совместные действия органов государственной власти и частного партнера позволят осуществлять эффективное управление рисками и достигать поставленных личных и общих целей.

Заключение

На сегодня отсутствует единый подход, с помощью которого возможно оценить совокупные аспекты результатов реализации проектов ГЧП и рассчитать эффективность проекта с учетом различных показателей для каждого партнера. Как классические методы определения эффективности применяются: соотношение цены и качества, расчет чистой приведенной стоимости и внутренней нормы рентабельности, метод реальных опционов, экспертное оценивание и теория игр. Альтернативными методами оценки является применение искусственных нейронных сетей, опирающихся на нечеткую логику, и генетических алгоритмов, которые помогут достаточно объективно определить эффективность проектов ГЧП. Улучшение методов оценки эффективности ГЧП предполагает комплексный подход, то есть сочетание нескольких методов для определения показателей экономического, социального, технологического, экологического и регионального результата, что предполагает совершенствование законодательного регулирования применения методологии альтернативных современных подходов к оценке эффективности проектов ГЧП и дальнейшее развитие теоретических и прикладных аспектов применения современного арсенала методов оценивания.

Целесообразность реализации проекта для государства, региона, территориального образования, сектора экономики, субъектов хозяйственной деятельности должно определять с применением соответствующей методики оценки эффективности ГЧП на основе многофакторных моделей. В результате успешной реализации проекта ГЧП будет получен социальный, экономический, бюджетный, безопасный, экологический, управленческий, имиджевый эффекты и общий социально-экономический эффект на уровне государства, который базируется на индикаторах роста качества жизни, структурных изменениях в экономике, модернизации отдельных секторов хозяйствования, территориальном развитии, улучшении состояния окружающей среды, позитивных сдвигах на рынке труда, развития предпринимательской среды и др. Определение эффективности проекта ГЧП лежит в плоскости использования методик расчета эффективности проекта для государства, региона, территориального образования, отдельных секторов экономики, субъектов хозяйственной деятельности, что предусматривает поиск современных подходов к разработке методологии объективного расчета эффективности проекта ГЧП с учетом субъект-объектного состава и полученных эффектов.

Реализация проектов ГЧП предполагает использование методологии, учитывающей все множество различных по степени воздействия и вероятностью появления рисков, которые могут появиться в течение действия соглашения между государством и частным собственником. Определено, что методологически факторы риска могут быть: экзогенными (политические, юридические, экономические, природные, рыночные) и эндогенными (выбор проектов, проектное финансирование, строительство, отношения, эксплуатация). Выделены основные факторы рисков проектов ГЧП на разных стадиях реализации: предпроектный (подготовительный), финансовый, экономический, проектный, расположение, строительный и технологический, эксплуатационный (обслуживание), политический (регуляторный), правовой, экологический, социальный, форс-мажор.

В бизнес-среде основными рисками усматриваются: риск высоких цен на энергетические ресурсы, неуправляемая инфляция, фискальные кризисы, глубокая социальная нестабильность, межгосударственный конфликт. В финансовом секторе крупнейшими факторами риска определены: коррупция, деятельность органов правопорядка и судебной системы; состояние взаимодействия с международными финансовыми структурами; политическая и социальная ситуация в стране; состояние защиты прав кредиторов и инвесторов; мошенничество и кибернетические угрозы. Указанные риски препятствуют широкому применению ГЧП в социальной сфере, но совместные меры партнеров по эффективному управлению рисками и распределением их позволит успешно реализовать инфраструктурные проекты.

Список литературы

1. Badalov, L. M., Sedova, N. V., & Mishagina, M. V. (2017). Public-private partnership in the social infrastructure of the Russian Federation: Features, problems, strategic directions for implementation. *Academy of Strategic Management Journal*, 16(Special issue 2).
2. Badalov, L. M., Sedova, N. V., Mishagina, M. V., Fedotova, M. G., & Stolyarova, E. V. (2017). Public-private partnership based projects as a mechanism to form social infrastructure in the regions of the Russian Federation. *Espacios*, 38(62).
3. Badasyan, N., & Riemann, A. (2020). Current Status of Public-Private Partnership Research: Academia Fails to Provide Added Value for Industry. *Journal of Infrastructure Systems*, 26(1). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000508](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000508)
4. Dmitrieva, E., & Guseva, M. (2017). Justification of approach to classification of innovations in public-private partnership. *Economic Annals-XXI*, 163(1–2), 64–70. <https://doi.org/10.21003/ea.V163-14>
5. Dubgorn, A., Zaychenko, I., & Grashhenko, N. (2018). A rationale for choosing the mechanism of public-private partnership for the sustainable development of social infrastructure facilities. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 170). <https://doi.org/10.1051/mateconf/201817001056>
6. Egorov, E. V., Romanova, N. V., Tsalikova, V. V., & Mishakin, T. S. (2014). Public-private partnership as manner to attract investments in the social sphere. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 5(18 SPEC. ISSUE), 107–112. <https://doi.org/10.5901/mjss.2014.v5n18p107>
7. Ivanova, V. N., Atyukova, O. K., & Poltarykhin, A. L. (2018). Prerequisites of growth of investment and social attractiveness of the regions of Russia within the framework of implementation of the public-private partnership projects. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(11), 2299–2305.
8. Jintamanaskoon, S., & Chan, P. W. (2014). Boundary making in public-private-partnerships (PPP): A historical account of the British railway industry. In *Proceedings 30th Annual Association of Researchers in Construction Management Conference, ARCOM 2014* (pp. 1295–1304).
9. Khusainova, S. V., Fattakhova, A. R., & Khakimova, S. D. (2015). Public-Private partnership as the basis of interaction between the state and business. *International Business Management*, 9(5), 909–916.
10. Kruhlov, V. V., & Tereshchenko, D. A. (2019). Public-private partnership as tool for developing regional labor potential [ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОЕ ПАРТНЕРСТВО КАК ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ ТРУДОВОГО ПОТЕНЦИАЛА]. *Science and Innovation*, 15(6), 5–13. <https://doi.org/10.15407/scine15.06.005>
11. Lebedenko, O., Agamagomedova, E., Charochkina, E., & Vertakova, A. (2017). The use of public private partnership for the development of transport and housing infrastructure. In *Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2017 - Vision 2020: Sustainable Economic development, Innovation Management, and Global Growth* (Vol. 2017-January, pp. 1892–1896).
12. Mannino, F., & Mignosa, A. (2017). Public private partnership for the enhancement of cultural heritage: The case of the benedictine monastery of catania. *Enhancing Participation in the Arts in the EU: Challenges and Methods*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-09096-2_14
13. Matraeva, L. V., Konov, A. A., Belyak, A. V., Erokhin, S. G., & Vasyutina, E. S. (2016). Public private partnership in social sphere: Models review. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 6(8Special Issue), 127–136.
14. Matveeva, M. V. (2021). Value engineering of public-private partnership infrastructure projects. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 751). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/751/1/012159>
15. Nikitenko, S. M., & Goosen, E. V. (2017). Socio-economic development of territories based on the principles of public-private partnership in the sphere of comprehensive mineral exploration. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 84). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/84/1/012013>
16. Parakhina, V. N., Boris, O. A., Vorontsova, G. V., Momotova, O. N., & Ustaev, R. M. (2021). Priority of Public-Private Partnership Models in the Conditions of Digital Transformation of the Russian Economic

System. Studies in Systems, Decision and Control, 314, 837–845. https://doi.org/10.1007/978-3-030-56433-9_88

17. Pashkova, E. V., Morozenskaya, E. V., Herve, T. T. R., & Kalinichenko, L. N. (2019). Possibilities of solving social problems of African countries by means of public-private partnership [Возможности решения социальных проблем стран Африки на основе государственно-частного партнерства]. RUDN Journal of Sociology, 19(2), 244–260. <https://doi.org/10.22363/2313-2272-2019-19-2-244-260>

18. Quah, V., Lim, C. P., & Brook, C. (2010). Public-private partnerships for educational reform. International Encyclopedia of Education. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.00710-7>

19. Skripnuk, D., Kikkas, K., & Romashkina, E. (2019). Sustainable development and environmental security in the countries of the circumpolar north. In E3S Web of Conferences (Vol. 110). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911002037>

20. Trotsenko, O., Batanov, O., & Simachkova, N. (2020). Public-private partnership (PPP): Legal regulation, techniques and practice in the context of industrialization. In E3S Web of Conferences (Vol. 208). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020806003>

Risk assessment of public-private partnership projects in ensuring technosphere security

Marina S. Segal

Student

Far Eastern Federal University

Vladivostok, Russia

segal@dvfu.ru

 0000-0000-0000-0000

Anastasia V. Kuts

Student

Far Eastern Federal University

Vladivostok, Russia

kuts@dvfu.ru

 0000-0000-0000-0000

Vadim S. Firsov

Student

Far Eastern Federal University

Vladivostok, Russia

firsov@dvfu.ru

 0000-0000-0000-0000

Received 11.04.2022

Accepted 22.05.2022

Published 15.06.2022

 10.25726/c2769-7040-2371-y

Abstract

In the process of influence of the subject of regulation on the object analyzed in the article, it is determined that on the basis of determining the strategic goal, goals and principles of state regulation of the development of the PPP sphere within a single system, it is possible to identify functional mechanisms – organizational, administrative, economic, legal, informational (as part of a complex mechanism). Mechanism of

state regulation of PPP development – this is a set of processes (within the framework of the system) to ensure the purposeful influence of public authorities (subject), in accordance with the existing functions and principles, for the transfer of proactive (protective nature based on planning, coordination, adjustment) and reactive action (adaptability and dynamism of response) on the parameters of the object of regulation for a stabilizing change in the state of the object or overcoming individual contradictions, in accordance with the established purpose, goals and state policy in the field of PPP development. The mechanism of state regulation as a way of transferring managerial decisions should provide appropriate methods, tools and means of influencing the object of regulation. It is shown that the process of project implementation provides for an appropriate management system, an effective regulatory framework, a stable state policy, a balance between price and quality of services, the creation of conditions, state guarantees and incentives for investors to participate in relevant projects. It is determined that taking into account the interconnection of individual sectors of the national economy and the social sphere, a feature of the implementation of PPP projects may be the creation of a multisectoral cluster based on territorial alignment; the implementation of economic, technological, scientific and industrial ties; the consistency of individual targets; intersectoral integration, which can be realized in the form of a synergistic effect. These multisectoral clusters based on PPP projects can become so-called "growth points" of individual industries connected by projects, where projects are involved. The possibility of obtaining an intersectoral effect from the implementation of PPP projects is seen as a new approach to the implementation of combined goals through PPP and reducing the cost of services, increasing quality.

Keywords

Social sphere, PPP, projects, assessment, risks.

References

1. Badalov, L. M., Sedova, N. V., & Mishagina, M. V. (2017). Public-private partnership in the social infrastructure of the Russian Federation: Features, problems, strategic directions for implementation. *Academy of Strategic Management Journal*, 16(Special issue 2).
2. Badalov, L. M., Sedova, N. V., Mishagina, M. V., Fedotova, M. G., & Stolyarova, E. V. (2017). Public-private partnership based projects as a mechanism to form social infrastructure in the regions of the Russian Federation. *Espacios*, 38(62).
3. Badasyan, N., & Riemann, A. (2020). Current Status of Public-Private Partnership Research: Academia Fails to Provide Added Value for Industry. *Journal of Infrastructure Systems*, 26(1). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000508](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000508)
4. Dmitrieva, E., & Guseva, M. (2017). Justification of approach to classification of innovations in public-private partnership. *Economic Annals-XXI*, 163(1–2), 64–70. <https://doi.org/10.21003/ea.V163-14>
5. Dubgorn, A., Zaychenko, I., & Grashhenko, N. (2018). A rationale for choosing the mechanism of public-private partnership for the sustainable development of social infrastructure facilities. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 170). <https://doi.org/10.1051/mateconf/201817001056>
6. Egorov, E. V., Romanova, N. V., Tsalikova, V. V., & Mishakin, T. S. (2014). Public-private partnership as manner to attract investments in the social sphere. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 5(18 SPEC. ISSUE), 107–112. <https://doi.org/10.5901/mjss.2014.v5n18p107>
7. Ivanova, V. N., Atyukova, O. K., & Poltarykhin, A. L. (2018). Prerequisites of growth of investment and social attractiveness of the regions of Russia within the framework of implementation of the public-private partnership projects. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(11), 2299–2305.
8. Jintamanaskoon, S., & Chan, P. W. (2014). Boundary making in public-private-partnerships (PPP): A historical account of the British railway industry. In *Proceedings 30th Annual Association of Researchers in Construction Management Conference, ARCOM 2014* (pp. 1295–1304).
9. Khusainova, S. V., Fattakhova, A. R., & Khakimova, S. D. (2015). Public-Private partnership as the basis of interaction between the state and business. *International Business Management*, 9(5), 909–916.

10. Kruhlov, V. V., & Tereshchenko, D. A. (2019). Public-private partnership as tool for developing regional labor potential [GOSUDARSTVENNO-CHASTNOE PARTNERSTVO KAK INSTRUMENT RAZVITIJA TRUDOVOGO POTENCIALA]. *Science and Innovation*, 15(6), 5–13. <https://doi.org/10.15407/scine15.06.005>
11. Lebedenko, O., Agamagomedova, E., Charochkina, E., & Vertakova, A. (2017). The use of public private partnership for the development of transport and housing infrastructure. In *Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2017 - Vision 2020: Sustainable Economic development, Innovation Management, and Global Growth* (Vol. 2017-January, pp. 1892–1896).
12. Mannino, F., & Mignosa, A. (2017). Public private partnership for the enhancement of cultural heritage: The case of the benedictine monastery of catania. *Enhancing Participation in the Arts in the EU: Challenges and Methods*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-09096-2_14
13. Matraeva, L. V., Konov, A. A., Belyak, A. V., Erokhin, S. G., & Vasyutina, E. S. (2016). Public private partnership in social sphere: Models review. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 6(8Special Issue), 127–136.
14. Matveeva, M. V. (2021). Value engineering of public-private partnership infrastructure projects. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 751). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/751/1/012159>
15. Nikitenko, S. M., & Goosen, E. V. (2017). Socio-economic development of territories based on the principles of public-private partnership in the sphere of comprehensive mineral exploration. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 84). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/84/1/012013>
16. Parakhina, V. N., Boris, O. A., Vorontsova, G. V., Momotova, O. N., & Ustaev, R. M. (2021). Priority of Public-Private Partnership Models in the Conditions of Digital Transformation of the Russian Economic System. *Studies in Systems, Decision and Control*, 314, 837–845. https://doi.org/10.1007/978-3-030-56433-9_88
17. Pashkova, E. V., Morozenskaya, E. V., Herve, T. T. R., & Kalinichenko, L. N. (2019). Possibilities of solving social problems of African countries by means of publicprivate partnership [Vozmozhnosti reshenija social'nyh problem stran Afriki na osnove gosudarstvennochastnogo partnerstva]. *RUDN Journal of Sociology*, 19(2), 244–260. <https://doi.org/10.22363/2313-2272-2019-19-2-244-260>
18. Quah, V., Lim, C. P., & Brook, C. (2010). Public-private partnerships for educational reform. *International Encyclopedia of Education*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.00710-7>
19. Skripnuk, D., Kikkas, K., & Romashkina, E. (2019). Sustainable development and environmental security in the countries of the circumpolar north. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 110). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911002037>
20. Trotsenko, O., Batanov, O., & Simachkova, N. (2020). Public-private partnership (PPP): Legal regulation, techniques and practice in the context of industrialization. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 208). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020806003>

Опыт применения технологий контейнерного размножения Нижневолжской станции по селекции древесных пород ФНЦ агроэкологии РАН

Александра Викторовна Семенютина

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией биозэкологии древесных растений
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
vnialmi@yandex.ru
 0000-0003-3250-6877

Василий Васильевич Сапронов

соискатель, директор Нижневолжской станции по селекции древесных пород
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
vnialmi@yandex.ru
 0000-0001-6945-0905

Максим Вячеславович Цой

аспирант, младший научный сотрудник
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
tsoy-m@vfanc.ru
 0000-0003-2139-7919

Поступила в редакцию 01.02.2022

Принята 11.03.2022

Опубликована 15.06.2022

 10.25726/q3802-5138-9944-b

Аннотация

Территории сухостепных регионов России находятся под постоянным антропогенным воздействием, и с каждым днем экологическая обстановка стремительными темпами ухудшается. Существующая проблема требует особого внимания и конкретных действий для создания условий положительной динамики. Одними из ключевых этапов реализации нашей концепции решения данной проблемы являются разработка методов улучшения биоресурсов деградирующих ландшафтов, научного обоснования адаптивной организации землепользования в земледелии, лесном и водном хозяйстве, рекреации, градостроительстве, озеленении населенных пунктов и животноводческих ферм с помощью обогащения дендрофлоры и повышения уровня биоразнообразия. Цель исследования – разработка биозэкологических принципов и технологий обогащения дендрофлоры хозяйственно ценными древесными растениями. Объектами исследования являлись интродукционные коллекционные ресурсы древесных растений ФНЦ агроэкологии РАН (кадастр. № 34:34:000000:122, 34:34:060061:10) и его филиалов (34:36:000014:178; 22:23:010003:0014; №63:23:0908001:0002). Разработаны биозэкологические принципы и технологии обогащения дендрофлоры хозяйственно-ценными древесными растениями и каталог адаптивного ассортимента для лесомелиоративных комплексов в целях предотвращения деградации и опустынивания территорий. Установлены адаптивные реакции по параметрам роста,

развитию генеративной способности для целевого использования собственных биоресурсов с учетом потенциальных инвазионных качеств и биотического потенциала. Разработаны технологические элементы и мероприятия по обогащению дендрофлоры в условиях изменения экологической среды, а именно климатических изменений и их влияния на растения.

Ключевые слова

Контейнерное размножение, биоразнообразие, дендрофлора, *Juniper sabina*, *Pseudotsuga menziesii*, *Thuja occidentalis*, сеянцы, семенной материал.

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания №0508-2021-0001 «Научные основы и технологии обогащения дендрофлоры лесомелиоративных комплексов хозяйственно ценными древесными и кустарниковыми растениями в целях предотвращения деградации и опустынивания территорий» (Регистрационный номер: 121041200197-8); финансирование Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Введение

Положительный результат искусственного восстановления в большей степени зависит от качества посевного материала и технологий выращивания. В современном питомниководстве существует три основных технологий получения сеянцев и саженцев семенным путем: посадочный материал с открытой корневой системой, выращенный в открытом грунте; посадочный материал с открытой корневой системой, выращенный в закрытом грунте; посадочный материал с закрытой корневой системой (ЗКС). Технология выращивания закрытой корневой системой на данный момент общепринята как современный и высокотехнологичный вид посадочного материала и востребована почти во всех странах мира благодаря уникальным свойствам (Allen , 2016; Bezděčková , 2018; Cregg , 2018; Chance , 2017; Chauhan, 2017).

Выделение ценного генофонда, создание постоянной лесосеменной базы и выращивание насаждений из селекционно улучшенного материала являются ключевыми направлениями обогащения дендрофлоры и повышения биоразнообразия деградированных территорий. На положительный опыт выращивания сеянцев может влиять целый спектр факторов, начиная от выбора и конструктивных особенностей теплиц, качества торфяного субстрата, особенностями минерального питания, заканчивая применяемыми методиками выращивания сеянцев (Houšková , 2021; Ilintsev , 2021; Jin, 2021).

Производство сеянцев, выращенных контейнерным способом, требует скрупулезного следования технологического процесса и операций, также неотъемлемой частью является соблюдение рекомендуемых нормативов выбора и подготовка субстрата, разновидности и способы использования удобрений, соблюдение оптимальной влажности субстрата и температуры воздуха (Castro , 2021; Giday , 2019; Hernandez , 2020; Navyarimana, 2019).

В ходе исследования был учтён опыт выращивания сеянцев отечественных и зарубежных коллег. В работе рассмотрены приемы оптимизации тепличных комплексов, опыт реализации различных составов субстратов, технологические нюансы подготовки семян к посеву, использование комплексных удобрений, подбор оптимального микроклимата в теплицах. Выявлены наиболее опасные болезни сеянцев и меры предотвращения заболеваний (Houšková , 2021; Ilintsev, 2021; Löf, 2019; Nawrot-Chorabik, 2021).

Материалы и методы исследования

На основе имеющихся методик создания питомников, была выделена обобщенная структура питомника и выделены основные функциональные зоны.

Рациональный менеджмент расположения помещений, позволил снизить затраты и время на транспортировку. Для дальнейшего расширения производства и ассортимента посадочного материала рекомендуется иметь свободную территорию (Pearson, 2013; Sukhbaatar, 2020).

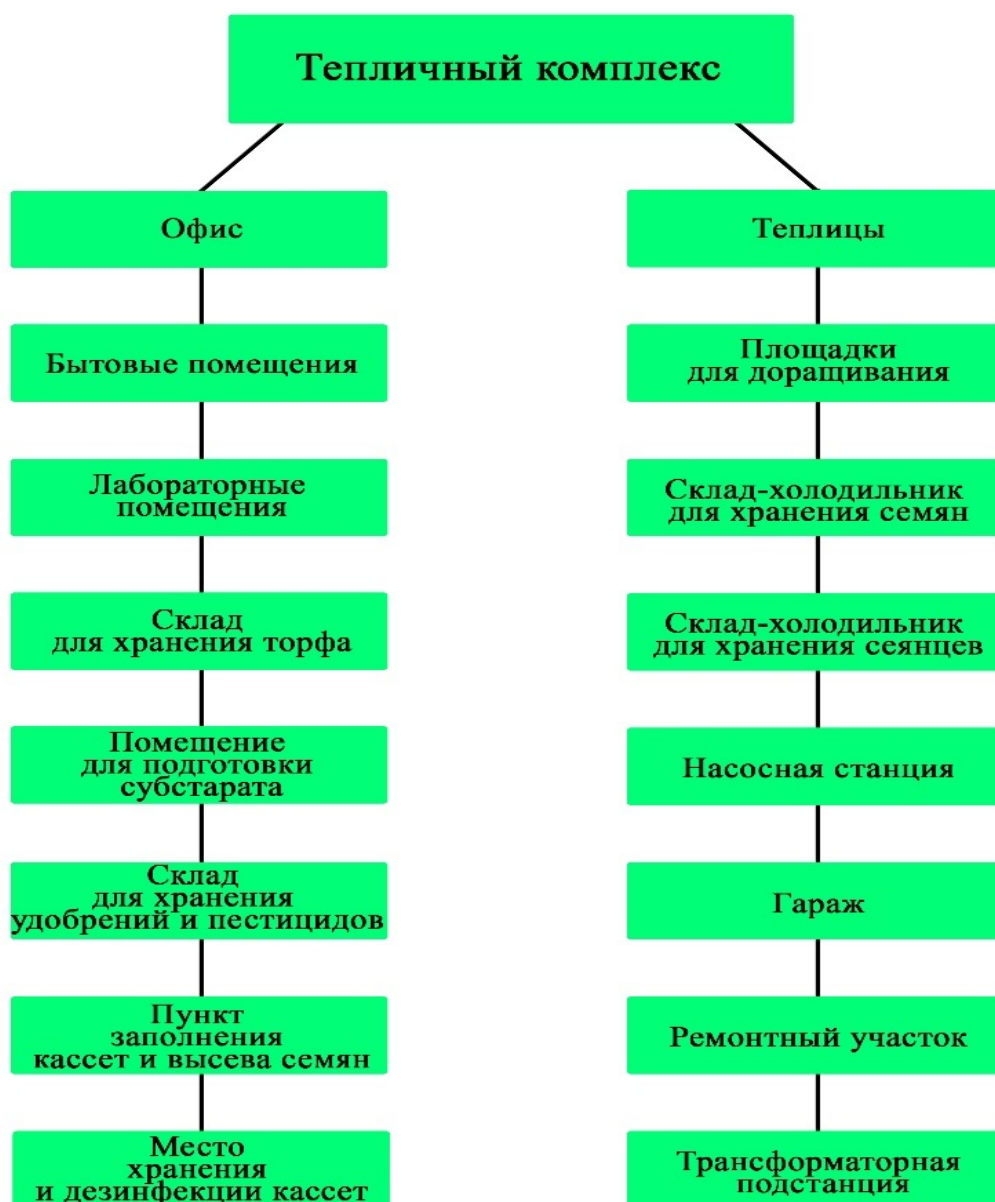


Рисунок 1. Структура тепличного комплекса на питомнике

Основные мероприятия по организации питомника контейнерного размножения посадочного материала. Все технические помещения соединяются друг с другом системами асфальтированных дорог. Расположение будущей теплицы определяет расположение источника водоснабжения, само место должно быть выровнено и очищено.

Поливная система - неотъемлемая часть тепличного комплекса, которая обеспечивает помимо выполнения основной функции, также вносит внекорневые подкормки удобрениями (рисунок 2). Воду очищают при помощи фильтров, на данном этапе решаются сразу несколько проблем: занос семян сорняков, водорослей и грибной инфекции, а также предотвращение засорения распылителей. Проверять корректное функционирование распылителей необходимо до загрузки кассет в теплицы и при каждом поливе. Если распылители засорены необходимо прочистить или заменить. По окончании полива необходимо проверить протекание воды с закрытых форсунок, так как капающая вода может вымыть семена и всходы из субстрата (Novikov , 2019; Onwuchekwa, 2014; Pashkeeva, 2021).



Рисунок 2. Поливная система тепличного комплекса

Теплицы оснащаются современными автоматическими системами вентиляции и обогрева, а при двухротационном выращивании и затенения. Важно поддерживать микроклимат (влажность и температуру) в зависимости от фазы выращивания, особенно в период проращивания.

Минимальные размеры сеянцев, выращенные в питомниках для закладки лесных культур и защитных лесных насаждений в РФ, регламентируются отраслевым стандартом сеянцев и саженцев основных древесных и кустарниковых пород (рисунок 3; таблица 1).

Таблица 1. Технические показатели кассет

Размеры кассет, см:	38,5x38,5x11
Размер ячейки, см:	4,3x4,3x11
Количество ячеек:	64
Объем ячейки, см ³ :	128
Количество сеянцев на 1м ² :	432

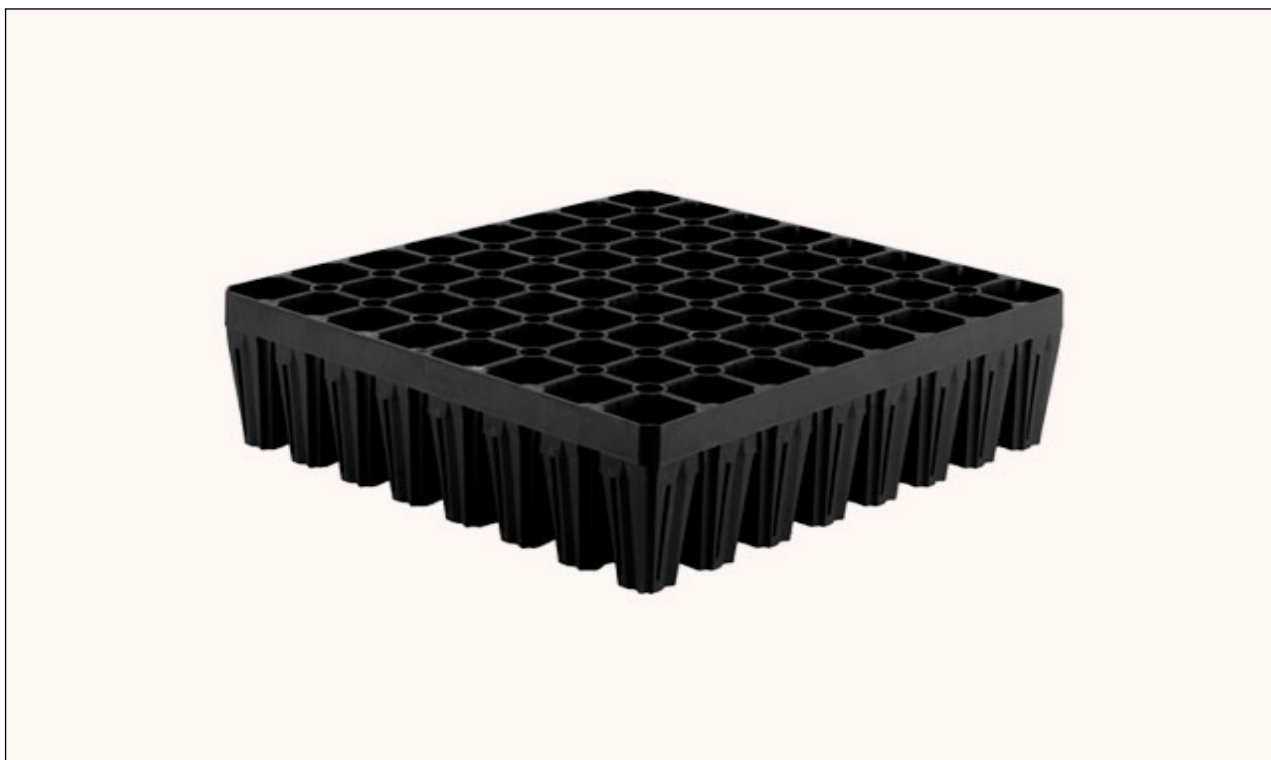


Рисунок 3. Внешний вид кассеты для выращивания сеянцев

Грамотный подбор состава субстрата гарантирует высокий процент всходов и высокие темпы роста сеянцев хвойных пород. Основой субстратов для выращивания сеянцев является верховой торф. Он обладает хорошими водными и воздушными циркуляционными свойствами, а катионообменные качества, позволяют добавлять в субстрат большое количество удобрений, не опасаясь повредить сеянцы. Качественный торф обладает бактерицидными свойствами и исключает возможность попадания в него семян сорной растительности. Бактерицидные свойства предотвращают развитие патогенной микрофлоры (Tsakalidimi, 2021; Van Thang, 2020; Velasco, 2020; Yarmalovich, 2019).

Результаты и обсуждение

Предпосевной этап. Набивка кассет происходила в период с марта по апрель текущего года. Состав субстрата: торф верховой 50%, чернозем 40%, вермикулит 10%. Субстрат смешивали в бетономешалке и рассыпали по ячейкам в кассетах, уплотняли и готовили к высеву семян (рисунок 4).



Рисунок 4. Заполнение кассет субстратом

Высаживали семенами предыдущего года, собранными в ноябре. Шишки заготавливали с растущих деревьев вручную. Далее шишки сушили и извлекали семена при помощи специального барабана. Извлеченные семена очищались на сите от крылаток и мусора вручную (рисунок 5; таблица 2).



Рисунок 5. Подготовка шишек к извлечению семян

Таблица 2 Метрические критерии к посадочному материалу

Древесные породы	Возраст не менее, лет	Толщина стволика у корневой шейки не менее, мм	Высота стволика не менее, см
<i>Platyclusus orientalis</i> (L.) Franco	2	3	10
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Milb) Franco.	2	3	15
<i>Juniper sabina</i> L.	2	2	12
<i>Thuja occidentalis</i> L.	1-2	2	12

Перед посевом семян был получен сертификат качества, для этого семенной материал отправляется в специализированное учреждение «Центр защиты леса». После установления посевных качеств, семена в феврале закладываются для стратификации в «Склад стратификации». Семена находятся в холщевых мешках при температуре 0 °С до посева в кассеты. За 3 дня до высева семена прогреваются и обрабатываются препаратом «Максим» 2 мл на 1 л воды по 30 минут от болезней хвойных.

Посев семян производился автоматическими сеялками в предварительно подготовленные и прогретые кассеты с субстратом, по 2 семени в одну ячейку. Далее сверху происходила присыпка и уплотнение семян. Набивка кассет и посев проводились с 10-14 мая (рисунок 6).



Рисунок 6. Посев семян в кассеты

Кассеты с высеянными семенами размещались в теплице двумя блоками, между ними и по краям были технологические разрывы. Количество кассет составило 2600 шт., в каждой по 64 ячейки, общей сложности потенциальная производительность теплицы составила 166 400 сеянцев (рисунок 7).



Рисунок 7. Расположение кассет в теплицах

Основные периоды роста сеянцев:

- этап проращивания (от прорастания семян до появления хвои, разрастания корня по всей ячейке),
- этап активного роста,
- закалка растений (начинается после заложения верхушечной почки).

Календарь процесса выращивания сеянцев:

Полив осуществлялся 2 раза в день утром и вечером по 40 минут.

15 мая – появление единичных всходов, 1 дня посева.

18 мая – появление массовых всходов.

24 мая обработка марганцем 1 кг на 1000 л воды 20 минут вечером

20-21 мая – продолжение появления массовых всходов (частичное полегание)

25 мая – сбрасывание «шапочки» семенной кожицы.

29 мая – натягивание затеняющей сетки ширина 3 м-55%, 4 м-50% (процент затенения)

29 мая – обработка «Стрекар» 3 л на 800 мл. воды от полегания и профилактики грибных болезней.

4 июня – подкормка «Акварином для хвойных» 30 г на 10 л. Воды

24 июня - 30 июня – прореживание посевов с одновременной прополкой.

2 июля – обработка марганцем 5 г на 10 л воды

10 июля – обработка «Акварином»

Далее каждые 2 недели производили подкормку и подсушивание мха и сине-зеленой водоросли марганцем.

В 2021 г. в теплице 1 раз произведена прополка. Подкормка проводилась аммиачной селитрой и марганцем 6 раз. В ноябре 2021 г. сеянцы будут вынесены на площадку для закаливания.

Начальный период. Для определения частоты и объема полива определяли массу кассеты с субстратом, опытным путем выявлялась масса кассеты с субстратом с оптимальным уровнем полива.

Возможно появление погрешности в массе кассеты, которое может быть обусловлено разным уровнем разложения, влажности и уплотнения торфа. Для каждой теплицы проводили ряд экспериментальных опытов для получения данных по оптимальному уровню полива. Первый полив осуществлялся непосредственно после перемещения засеянных кассет в теплицы. Первые 2-3 дня происходит насыщение влагой субстрата, а также набухание семян. При достижении массы кассеты 90% предельной массы полив прекращают.

Для ускорения прорастания семян использовали дополнительное отопление, температурный режим отслеживали и регулировали в зависимости от текущего состояния увлажненности помещения и кассет. Первые всходы появлялись на 8-10 день после посева (март – начало апреля). Для дальнейшего стимулирования роста сеянцев увеличивали световой день методом «досветки», в условиях удлиненного светового дня ювенильные особи не закладывают сразу верхушечную почку, а продолжают рост (рисунок 8).

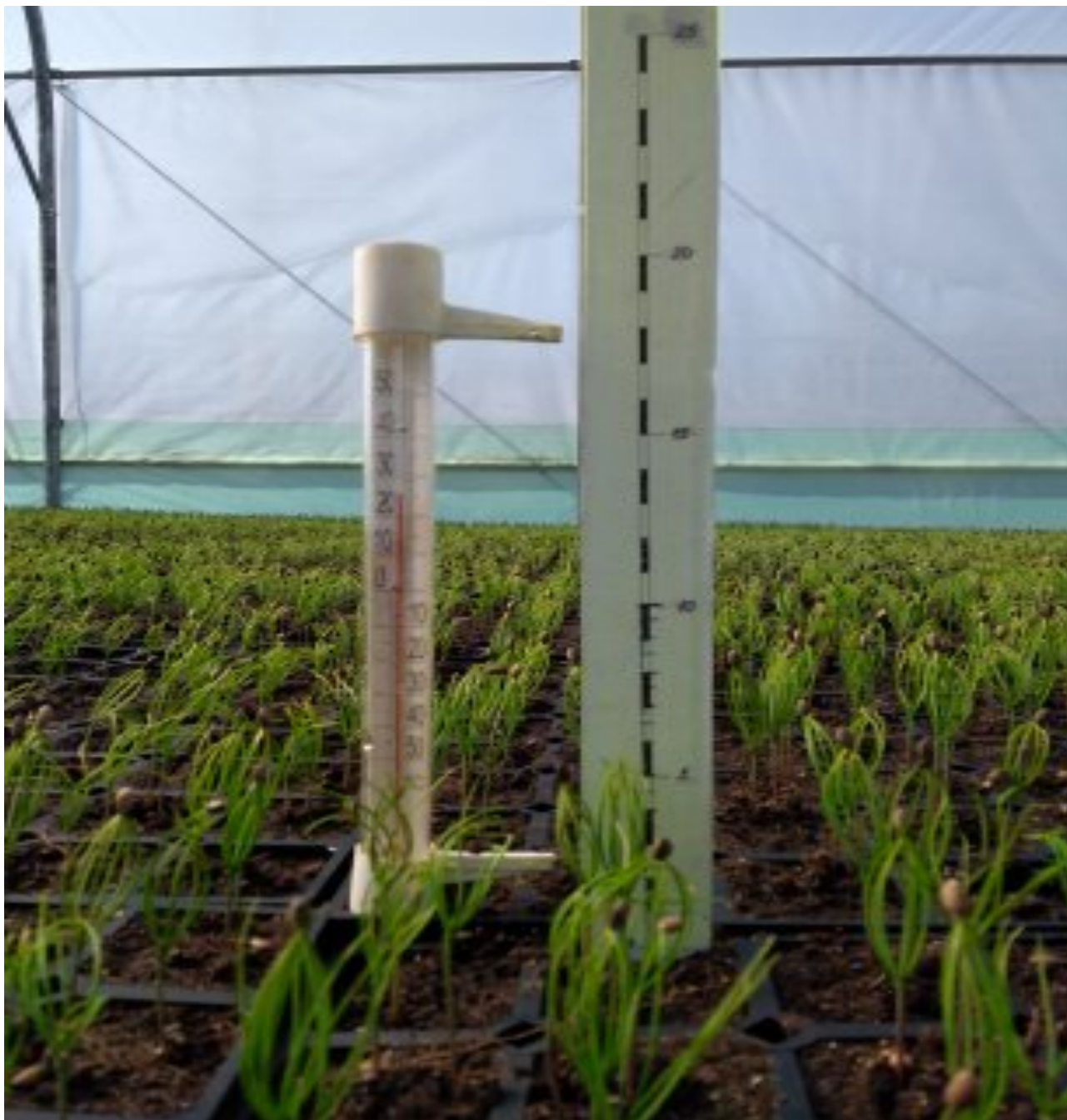


Рисунок 8. Температурный режим теплиц при ювенильной стадии развития посадочного материала

В ячейках кассет могли прорасти два сеянца, в данных случаях один из них аккуратно удаляли, не повредив другой. Данная процедура необходима для того, чтобы не возникали деформации и скрученности корней. Изъятые сеянцы пересаживали в ячейки без всходов, что позволяло повысить продуктивность и себестоимость посадочного материала. Вышеуказанные действия проводили до формирования у растений боковых корней (через 2 недели после посева) (рисунок 9).



Рисунок 9. Кассеты с прореженными сеянцами

Период быстрого роста. В данный период роста температуру воздуха в теплице поддерживали несколько ниже уровнем, чем в начальный период, для формирования таких условий периодически теплицы проветривали.

В жаркую летнюю погоду для сеянцев создавали затенение, а также включали автоматизированную систему принудительной вентиляции, в зависимости от внешнего температурного режима регулировали частоту включений и длительность (рисунок 10).

В условиях постоянной циркуляции воздуха влажность поддерживали на уровне 50-70%, что благотворно влияло на фотосинтез сеянцев.



Рисунок 10. Работа системы занавесов, формирование искусственного притенения

Частота полива напрямую зависела от периода роста сеянцев, переизбыток влаги мог привести к ухудшению аэрации субстрата, развитию патогенных грибов, водорослей и мхов. Однако и недостаточный полив мог бы привести к негативным последствиям, таким как потеря тургорного давления в хвое, уменьшение темпов роста и развития, при достижении критически низкого уровня влаги растения усыхают. Поэтому проводили постоянный мониторинг за показателями микроклимата теплицы.

Подкормка вносилась на 3-ю неделю выращивания сеянцев, в качестве удобрений использовали «Акварин», в пропорции 30 г на 10 л воды.

Период закаливания. Как правило удобрения в период закаливания не вносились, за исключением, когда необходимо было повысить устойчивость сеянцев к болезням. Полив умеренный, частота включения зависела от количества выпавших осадков.

При ранневесеннем посеве (март-май) обработку режимом короткого дня не проводили, так как с июня по сентябрь началось естественное уменьшение светового дня. При посадке летом формировался 10-12 часовой световой период в течение 2-4 недель, такой режим способствовал формированию верхушечной почки и одревеснения стволика сеянца.

Защита от заморозков осуществлялась специальными укрывными материалами, а также дождевальными установками, тем самым достигалась защита от морозов до -7°C . Полив продолжался до возвращения температуры выше 0°C .

Сеянцы находились в теплице на протяжении вегетационного периода (до конца сентября). При появлении верхушечной почки и частичного одревеснения, сеянцы переносили на площадки закаливания.

Болезни сеянцев. Высокая влажность в совокупности с положительными температурами в теплице создают благоприятную среду для возникновения патогенной микрофлоры, которые могут вызвать целый спектр болезней хвойных. Для профилактики возникновения очагов заражения семена вымачивались в растворе марганца в течение 20 минут.

Контроль сорной растительности. Под воздействием ветровых потоков в теплицу возможен занос семян сорных растений, которые могут уменьшить продуктивность тепличного комплекса, приводящая к сопутствующим финансовым и трудовым издержкам. Поэтому своевременно и регулярно

производились процедуры прополки и обработки гербицидами кассет. Основной задачей являлось обнаружение зон с сорными растениями и локализация, также скашивание сорной растительности вблизи от тепличного комплекса. Данное мероприятие могло уменьшить вероятность массового нанося семян.

При возникновении водорослей на кассетах необходимо полив организовывали в утренние часы и далее проветривали с целью подсушения торфа. Избыточный полив стимулировал рост мхов и водорослей, поэтому мы ориентировались на нормы полива (рисунок 11).



Рисунок 11. Кассеты, заросшие мхом из-за нарушения норм полива

Инвентаризация и хранение посадочного материала. В конце периода выращивания проводили подсчет посадочного материала, с целью выявления статистических показателей успешности работы тепличного комплекса. При инвентаризации учитывались метрические показатели сеянцев такие как, высота и диаметр. Для определения продуктивности работы тепличного комплекса учитывалось число больных, двухвершинных растений, сеянцев имеющие механические повреждения, зараженные болезнями и вредителями (рисунок 12, 13,14).



Рисунок 12. Промер готового посадочного материала

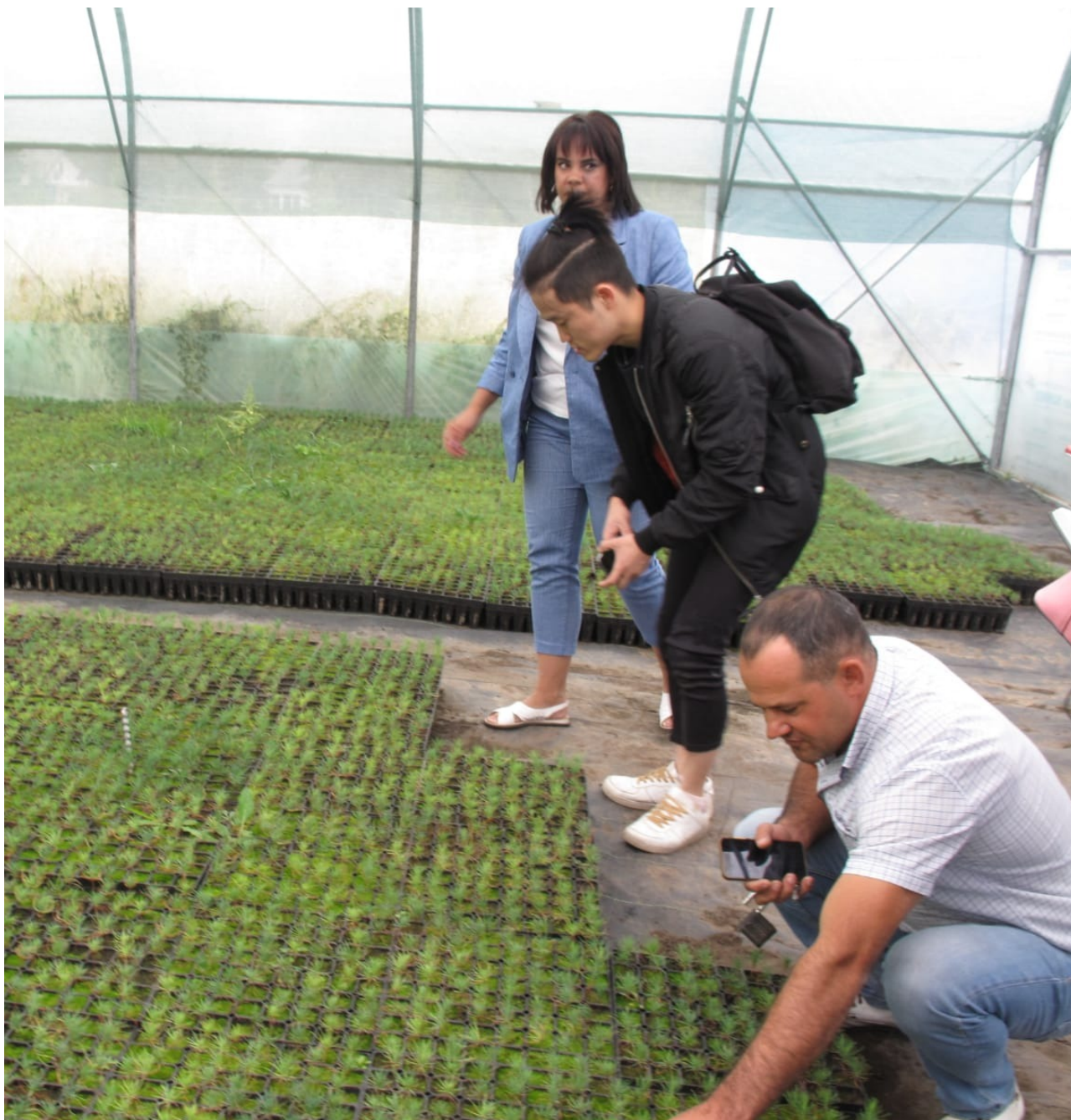


Рисунок 13. Инвентаризация посадочного материала

Зимой сеянцы хранили на площадках доращивания, в холодильных камерах и ледниках. Если снежный покров отсутствовал, сеянцы засыпали искусственным снегом при помощи снегогенераторов. При краткосрочном хранении сеянцы помещали в ледники или холодные склады от 0 до +2 °С от 2 недель до 2 месяцев и относительной влажностью воздуха от 80-100%. При длительном хранении сеянцы содержали при температуре -4 -5°С в морозильных камерах до 8 месяцев. Наиболее уязвимыми к заморозкам являлись корневые системы, поэтому боковые стенки укрывали спанбондом и присыпали их снегом.



Рисунок 14. Общий вид размещения кассет с сеянцами в теплице

Заключение

Разработаны биоэкологические принципы и технологии обогащения дендрофлоры хозяйственно ценными древесными растениями и каталог адаптивного ассортимента для лесомелиоративных комплексов в целях предотвращения деградации и опустынивания территорий.

Установлены особенности семенного и вегетативного размножения хвойных древесных растений, в том числе с закрытой корневой системой с целью создания фонда посадочного материала для озеленения и лесомелиорации в условиях сухой степи.

Выявлено, что успех выращивания сеянцев в контейнерах (закрытая корневая система) обусловлен комплексом факторов (тип теплиц, качество субстрата, минеральное питание, режимы температуры и влажности воздуха в теплице, субстрата, технологические схемы выращивания).

На основании выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой сосны крымской на Нижневолжской станции по селекции древесных пород разработан регламент и даны предложения по инфраструктуре тепличного комплекса, поливной системе, системе вентиляции и обогрева, подбора кассет для выращивания сеянцев. А также подготовка субстратов, подготовка семян к посеву, проведение подкормок сеянцев в теплицах. Изучены периоды роста сеянцев, температурный и влажностный режимы, освещенность.

В ходе исследования был учтён опыт выращивания сеянцев отечественных и зарубежных коллег. В работах рассмотрены приемы оптимизации тепличных комплексов, опыт реализации различных составов субстратов, технологические нюансы подготовки семян к посеву, использование комплексных удобрений, подбор оптимального микроклимата в теплицах. Выявлены наиболее опасные болезни сеянцев и меры предотвращения заболеваний.

Список литературы

1. Allen K.S., Harper R.W., Bayer A., Brazee N.J. (2017). A review of nursery production systems and their influence on urban tree survival. *Urban Forestry and Urban Greening*. Vol. 21. pp. 183-191. DOI: 10.1016/j.ufug.2016.12.002.
2. Bezděčková L., Matějka K. (2018). Influence of weather conditions on the quality of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) seeds [Vliv Počasí na kvalitu semen borovice

lesní (*Pinus sylvestris* L.) a smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.)). Zpravy Lesnickeho Vyzkumu. Vol. 63. Iss. 1. pp. 1-9.

3. Cregg B., Ellison D. (2018). Growth and establishment of container-grown London planetrees in response to mulch, root-ball treatment and fertilization. *Urban Forestry and Urban Greening*. Vol. 35. pp. 139-147. DOI: 10.1016/j.ufug.2018.08.014.

4. Chance L.M.G., Arnold M.A., Lombardini L., Todd Watson W., Carver S.T., King A.R. (2017). Landscape establishment for baldcypress, red maple, and chaste tree is delayed for treestransplanted from larger containers. *Journal of Environmental Horticulture*. Vol. 35. Iss. 2. pp. 43 – 57. DOI: 10.24266/0738-2898-35.2.43.

5. Chauhan S.K., Sharma R. (2017). Growth and quality indices of different nitrogen fixing tree nursery plants. *Indian Journal of Ecology*. Vol. 44. Iss. 2. pp. 344-347.

6. Castro D., Schneider A.N., Holmlund M., Näsholm T., Street N.R., Hurry V. (2021). Effects of early, small-scale nitrogen addition on germination and early growth of scots pine (*Pinus sylvestris*) seedlings and on the recruitment of the root-associated fungal community. *Forests*. Vol. 12. Iss. 11. №1589. DOI: 10.3390/f12111589.

7. Giday K., Aerts R., Muys B., Troyo-Diéguez E., Azadi H. (2019). The effect of shade levels on the survival and growth of planted trees in dry afro-montane forest: Implications for restoration success. *Journal of Arid Environments*. Vol. 170. № 103992. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2019.103992.

8. Hernandez Velasco M. (2020). Treatments for induction of cold hardiness in *Picea abies* (L.) Karst. and *Pinus sylvestris* L. seedlings pre-cultivated under light-emitting diodes - impact of photoperiod and temperature including energy consumption and seedling quality after cold storage. *Scandinavian Journal of Forest Research*. Vol. 35. Iss. 1-2. pp. 46-58. DOI: 10.1080/02827581.2020.1718199.

9. Havyarimana D., Muthuri C., Muriuki J., Mburu D. (2019). Constraints encountered by nursery operators in establishing agroforestry tree nurseries in Burundi. *Agroforestry Systems*. Vol. 93. Iss. 4. pp. 1361-1375. DOI: 10.1007/s10457-018-0246-2.

10. Houšková K., Klepárník J., Mauer O. (2021). How to accelerate the germination of Scots pine and Norway spruce seeds? *Journal of Forest Science*. Vol. 67. Iss. 3. pp. 134-142. DOI: 10.17221/133/2020-JFS.

11. Ilintsev A., Soldatova D., Bogdanov A., Koptev S., Tretyakov S. (2021). Growth and structure of pre-mature mixed stands of Scots pine created by direct seeding in the boreal zone. *Journal of Forest Science*. Vol. 67. Iss. 1. pp. 21-35. DOI: 10.17221/70/2020-JFS.

12. Jin H., Qin L.W., Liu L.J., Chen Q.H., Jia X., Dai Y.H., Zhao Y., Yin H. (2021). Effects of light conditions at different growth stages on growth and photosynthetic characteristics of *Pinus sylvestris* var. *Sylvestriformis* Seedlings. *Applied Ecology and Environmental Research*. Vol. 19. Iss. .2. pp. 1149-1162. DOI: 10.15666/aeer/1902_11491162.

13. Khanova E., Konovalov V., Timeryanov A., Isyanyulova R., Rafikova D. (2020). Genetic and selection assessment of the Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in forest seed orchards. *Wood Research*. Vol. 65. Iss. 2. pp. 283-292.

14. Löf M., Madsen P., Metslaid M., Witzell J., Jacobs D.F. (2019). Restoring forests: regeneration and ecosystem function for the future. *New Forests*. Vol. 50. Iss. 2. pp. 139-151. DOI: 10.1007/s11056-019-09713-0.

15. Nawrot-Chorabik K., Osmenda M., Słowiński K., Latowski D., Tabor S., Woodward S. (2021). Stratification, scarification and application of phytohormones promote dormancy breaking and germination of pelleted scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seeds. *Forests*. Vol. 12. Iss. 5. № 621. DOI: 10.3390/f12050621.

16. Novikov A., Sokolov S., Drapalyuk M., Zelikov V., Ivetic V. (2019). Performance of scots pine seedlings from seeds graded by colour. *Forests*. Vol. 10. Iss. 12. № 1064. DOI: 10.3390/f10121064.

17. Onwuchekwa N.E., Zwiazek J.J., Quoreshi A., Khasa D.P. (2014). Growth of mycorrhizal jack pine (*Pinus banksiana*) and white spruce (*Picea glauca*) seedlings planted in oil sands reclaimed areas. *Mycorrhiza*. Vol. 24. Iss. 6. pp. 431-441. DOI: 10.1007/s00572-014-0555-x.

18. Pearson M., Saarinen M., Nummelin L., Heiskanen J., Roitto M., Sarjala T., Laine J. (2013). Tolerance of peat-grown Scots pine seedlings to waterlogging and drought: Morphological, physiological, and metabolic responses to stress. *Forest Ecology and Management*. Vol. 307. pp. 43-53. DOI: 10.1016/j.foreco.2013.07.007.
19. Pashkeeva O.E., Grodnitskaya I.D., Antonov G.I., Lomovsky O.I., Gaidasheva I.I. (2021). The Effect of Treatment of Scots Pine Seeds by Microorganisms and Phytopreparations on the Seedling Safety and Soil Properties in a Forest Nursery. *Russian Journal of Forest Science*. Iss. 2. pp. 143-155.
20. Socha J., Solberg S., Tymińska-Czabańska L., Tompalski P., Vallet P. (2021). Height growth rate of Scots pine in Central Europe increased by 29% between 1900 and 2000 due to changes in site productivity. *Forest Ecology and Management*. Vol. 490. № 119102. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.119102.
21. Sukhbaatar G., Ganbaatar B., Jamsran T., Purevragchaa B., Nachin B., Gradel A. (2020). Assessment of early survival and growth of planted Scots pine (*Pinus sylvestris*) seedlings under extreme continental climate conditions of northern Mongolia. *Journal of Forestry Research*. Vol. 31. Iss. 1. pp. 13-26. DOI: 10.1007/s11676-019-00935-8.
22. Tsakalidimi M., Giannaki P., Ivetić V., Kapsali N., Ganatsas P. (2021). Fertilization and shading trials to promote *Pinus nigra* seedlings' nursery growth under the climate change demands. *Sustainability (Switzerland)*. Vol. 13. Iss. 6. № 3563. DOI: 10.3390/su13063563.
23. Van Thang H., Dien N.T., van Lang C., van Thanh H., van Do T. (2020). Transplanting time affects survival and growth of *Prunus arborea* seedlings in nursery. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*. Vol. 21. Iss. 45-46. pp. 86-93.
24. Velasco M.H., Mattsson A. (2020). Light shock stress after outdoor sunlight exposure in seedlings of *Picea abies* (L.) Karst. and *Pinus sylvestris* L. pre-cultivated under LEDs-possible mitigation treatments and their energy consumption. *Forests*. Vol. 11. Iss. 3. № 354. DOI: 10.3390/f11030354.
25. Yarmalovich V.A., Siaredzich M.O. (2019). Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering. Vol. 12. Iss. 2. pp. 27-36. DOI: 10.31926/but.fwiafe.2019.12.61.2.2.

Experience in the use of container multiplication technologies at the Nizhnevolzhskaya Station for the selection of tree species of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences

Alexandra V. Semenyutina

doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Head of the Laboratory of Ecology of Woody Plants
Federal Research Centre of Agroecology, Complex Melioration, and Forest Reclamations RAS, Volgograd,
Russian Federation
Volgograd, Russia
vnialmi@yandex.ru
 0000-0003-3250-6877

Vasily V. Sapronov

candidate for a degree, director of the Nizhnevolzhskaya Station for Tree Breeding
Federal Research Centre of Agroecology, Complex Melioration, and Forest Reclamations RAS, Volgograd,
Russian Federation
Russia, Volgograd
pitomnik-vnialmi@mail.ru
 0000-0001-6945-0905

Maxim V. Tsoi

postgraduate student, junior researcher at the Laboratory of Bioecology of Woody Plants
Federal Research Centre of Agroecology, Complex Melioration, and Forest Reclamations RAS, Volgograd,
Russian Federation

tsoy-m@vfanc.ru

 0000-0003-2139-7919

Received 01.02.2022

Accepted 11.03.2022

Published 15.06.2022

 10.25726/q3802-5138-9944-b

Abstract

The territories of the dry-steppe regions of Russia are under constant anthropogenic influence, and every day the ecological situation is rapidly deteriorating. The existing problem requires special attention and concrete actions to create conditions for positive dynamics. One of the key stages in the implementation of our concept for solving this problem is the development of methods for improving the bioresources of degrading landscapes, scientific substantiation of the adaptive organization of land use in agriculture, forestry and water management, recreation, urban planning, landscaping of settlements and livestock farms by enriching the dendroflora and increasing the level of biodiversity. The purpose of the study is to develop bioecological principles and technologies for enriching dendroflora with economically valuable woody plants. The objects of the study were the introduction collection resources of woody plants of the Federal Scientific Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences (cadastre № 34:34:000000:122, 34:34:060061:10) and its branches (34:36:000014:178; 63:23:0908001:0002). Bioecological principles and technologies for enriching dendroflora with economically valuable woody plants and a catalog of an adaptive assortment for forest reclamation complexes in order to prevent degradation and desertification of territories have been developed. Adaptive responses have been established in terms of growth parameters, the development of generative capacity for the targeted use of one's own bioresources, taking into account potential invasive qualities and biotic potential. Technological elements and measures have been developed to enrich the dendroflora under the conditions of a changing ecological environment, namely, climatic changes and their impact on plants.

Keywords

container propagation, biodiversity, dendroflora, *Juniper sabina*, *Pseudotsuga menziesii*, *Thuja occidentalis*, seedlings, seed material.

The research was carried out within the framework of the state task No. 0508-2021-0001 "Scientific foundations and technologies for enriching the dendroflora of forest reclamation complexes with economically valuable woody and shrubby plants in order to prevent degradation and desertification of territories" (Registration number: 121041200197-8); funding of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

References

1. Allen K.S., Harper R.W., Bayer A., Brazee N.J. (2017). A review of nursery production systems and their influence on urban tree survival. Urban Forestry and Urban Greening. Vol. 21. pp. 183-191. DOI: 10.1016/j.ufug.2016.12.002.
2. Bezděčková L., Matějka K. (2018). Influence of weather conditions on the quality of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) seeds [Vliv Počasí na kvalitu semen borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) a smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.)]. Zpravy Lesnického Vyzkumu. Vol. 63. Iss. 1. pp. 1-9.

3. Cregg B., Ellison D. (2018). Growth and establishment of container-grown London planetrees in response to mulch, root-ball treatment and fertilization. *Urban Forestry and Urban Greening*. Vol. 35. pp. 139-147. DOI: 10.1016/j.ufug.2018.08.014.
4. Chance L.M.G., Arnold M.A., Lombardini L., Todd Watson W., Carver S.T., King A.R. (2017). Landscape establishment for baldcypress, red maple, and chaste tree is delayed for treestransplanted from larger containers. *Journal of Environmental Horticulture*. Vol. 35. Iss. 2. pp. 43 – 57. DOI: 10.24266/0738-2898-35.2.43.
5. Chauhan S.K., Sharma R. (2017). Growth and quality indices of different nitrogen fixing tree nursery plants. *Indian Journal of Ecology*. Vol. 44. Iss. 2. pp. 344-347.
6. Castro D., Schneider A.N., Holmlund M., Näsholm T., Street N.R., Hurry V. (2021). Effects of early, small-scale nitrogen addition on germination and early growth of scots pine (*Pinus sylvestris*) seedlings and on the recruitment of the root-associated fungal community. *Forests*. Vol. 12. Iss. 11. №1589. DOI: 10.3390/f12111589.
7. Giday K., Aerts R., Muys B., Troyo-Diéguez E., Azadi H. (2019). The effect of shade levels on the survival and growth of planted trees in dry afro-montane forest: Implications for restoration success. *Journal of Arid Environments*. Vol. 170. № 103992. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2019.103992.
8. Hernandez Velasco M. (2020). Treatments for induction of cold hardiness in *Picea abies* (L.) Karst. and *Pinus sylvestris* L. seedlings pre-cultivated under light-emitting diodes - impact of photoperiod and temperature including energy consumption and seedling quality after cold storage. *Scandinavian Journal of Forest Research*. Vol. 35. Iss. 1-2. pp. 46-58. DOI: 10.1080/02827581.2020.1718199.
9. Havyarimana D., Muthuri C., Muriuki J., Mburu D. (2019). Constraints encountered by nursery operators in establishing agroforestry tree nurseries in Burundi. *Agroforestry Systems*. Vol. 93. Iss. 4. pp. 1361-1375. DOI: 10.1007/s10457-018-0246-2.
10. Houšková K., Klepárník J., Mauer O. (2021). How to accelerate the germination of Scots pine and Norway spruce seeds? *Journal of Forest Science*. Vol. 67. Iss. 3. pp. 134-142. DOI: 10.17221/133/2020-JFS.
11. Ilintsev A., Soldatova D., Bogdanov A., Koptev S., Tretyakov S. (2021). Growth and structure of pre-mature mixed stands of Scots pine created by direct seeding in the boreal zone. *Journal of Forest Science*. Vol. 67. Iss. 1. pp. 21-35. DOI: 10.17221/70/2020-JFS.
12. Jin H., Qin L.W., Liu L.J., Chen Q.H., Jia X., Dai Y.H., Zhao Y., Yin H. (2021). Effects of light conditions at different growth stages on growth and photosynthetic characteristics of *Pinus sylvestris* var. *Sylvestriformis* Seedlings. *Applied Ecology and Environmental Research*. Vol. 19. Iss. 2. pp. 1149-1162. DOI: 10.15666/aeer/1902_11491162.
13. Khanova E., Konovalov V., Timeryanov A., Isyanyulova R., Rafikova D. (2020). Genetic and selection assessment of the Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in forest seed orchards. *Wood Research*. Vol. 65. Iss. 2. pp. 283-292.
14. Löf M., Madsen P., Metslaid M., Witzell J., Jacobs D.F. (2019). Restoring forests: regeneration and ecosystem function for the future. *New Forests*. Vol. 50. Iss. 2. pp. 139-151. DOI: 10.1007/s11056-019-09713-0.
15. Nawrot-Chorabik K., Osmenda M., Słowiński K., Latowski D., Tabor S., Woodward S. (2021). Stratification, scarification and application of phytohormones promote dormancy breaking and germination of pelleted scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seeds. *Forests*. Vol. 12. Iss. 5. № 621. DOI: 10.3390/f12050621.
16. Novikov A., Sokolov S., Drapalyuk M., Zelikov V., Ivetic V. (2019). Performance of scots pine seedlings from seeds graded by colour. *Forests*. Vol. 10. Iss. 12. № 1064. DOI: 10.3390/f10121064.
17. Onwuchekwa N.E., Zwiazek J.J., Quoreshi A., Khasa D.P. (2014). Growth of mycorrhizal jack pine (*Pinus banksiana*) and white spruce (*Picea glauca*) seedlings planted in oil sands reclaimed areas. *Mycorrhiza*. Vol. 24. Iss. 6. pp. 431-441. DOI: 10.1007/s00572-014-0555-x.
18. Pearson M., Saarinen M., Nummelin L., Heiskanen J., Roitto M., Sarjala T., Laine J. (2013). Tolerance of peat-grown Scots pine seedlings to waterlogging and drought: Morphological, physiological, and

metabolic responses to stress. *Forest Ecology and Management*. Vol. 307. pp. 43-53. DOI: 10.1016/j.foreco.2013.07.007.

19. Pashkeeva O.E., Grodnitskaya I.D., Antonov G.I., Lomovsky O.I., Gaidasheva I.I. (2021). The Effect of Treatment of Scots Pine Seeds by Microorganisms and Phytopreparations on the Seedling Safety and Soil Properties in a Forest Nursery. *Russian Journal of Forest Science*. Iss. 2. pp. 143-155.

20. Socha J., Solberg S., Tymińska-Czabańska L., Tompalski P., Vallet P. (2021). Height growth rate of Scots pine in Central Europe increased by 29% between 1900 and 2000 due to changes in site productivity. *Forest Ecology and Management*. Vol. 490. № 119102. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.119102.

21. Sukhbaatar G., Ganbaatar B., Jamsran T., Purevragchaa B., Nachin B., Gradel A. (2020). Assessment of early survival and growth of planted Scots pine (*Pinus sylvestris*) seedlings under extreme continental climate conditions of northern Mongolia. *Journal of Forestry Research*. Vol. 31. Iss. 1. pp. 13-26. DOI: 10.1007/s11676-019-00935-8.

22. Tsakalimi M., Giannaki P., Ivetić V., Kapsali N., Ganatsas P. (2021). Fertilization and shading trials to promote *Pinus nigra* seedlings' nursery growth under the climate change demands. *Sustainability (Switzerland)*. Vol. 13. Iss. 6. № 3563. DOI: 10.3390/su13063563.

23. Van Thang H., Dien N.T., van Lang C., van Thanh H., van Do T. (2020). Transplanting time affects survival and growth of *Prunus arborea* seedlings in nursery. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*. Vol. 21. Iss. 45-46. pp. 86-93.

24. Velasco M.H., Mattsson A. (2020). Light shock stress after outdoor sunlight exposure in seedlings of *Picea abies* (L.) Karst. and *Pinus sylvestris* L. pre-cultivated under LEDs-possible mitigation treatments and their energy consumption. *Forests*. Vol. 11. Iss. 3. № 354. DOI: 10.3390/f11030354.

25. Yarmalovich V.A., Siaredzich M.O. (2019). Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering. Vol. 12. Iss. 2. pp. 27-36. DOI: 10.31926/but.fwiafe.2019.12.61.2.2.

Адаптация видов рода *Gleditsia* и *Robinia* к особенностям водного режима в условиях каштановых почв

Александра Викторовна Семенютина

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией биоэкологии древесных растений
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
vnialmi@yandex.ru
 0000-0003-3250-6877

Кристина Андреевна Мельник

аспирант, младший научный сотрудник лаборатории биоэкологии древесных растений
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
melnik-k@vfanc.ru
 0000-0002-7345-2751

Сергей Евгеньевич Лазарев

старший научный сотрудник лаборатории биоэкологии древесных растений
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
hortus@yandex.ru
 0000-0001-6473-6242

Поступила в редакцию 10.02.2022

Принята 14.03.2022

Опубликована 15.06.2022

 10.25726/s8638-6879-4364-e

Аннотация

Адаптация видов рода *Gleditsia* и *Robinia* во многом зависит от состояния их водного режима в период вегетации. Способность удерживать и экономно расходовать воду в засушливых условиях является защитно-приспособительной функцией у интродуцированных видов. Степень засухоустойчивости различных видов рода *Gleditsia* и *Robinia* оценивалась по состоянию их водного режима в засушливый период. Исследования проводились по многолетним данным, выделяя оптимальные по влагообеспеченности и засушливые годы. В качестве объекта изучения являлись виды: *R. viscosa*, *R. neomexicana*, *R. pseudoacacia*, *R. hispida*, *G. texana*, *G. caspica* и *G. triacanthos*, произрастающие в кластерных дендрологических коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН (кадастр. № 34:34:000000:122, 34:34:060061:10; кадастр. № 34:36:0000:14:0178). Цель – сравнительная оценка адаптации видов рода *Gleditsia* и *Robinia* к особенностям водного режима в условиях каштановых почв. Установлено что наивысшие показатели водоудерживающей способности у рода *Robinia* имеют типичные представители и декоративные формы *R. neomexicana*. Низкой водоудерживающей способностью отличается *R. viscosa*. Содержание воды в листьях *G. caspica* выше, чем у *G. texana*. Оводненность побегов уменьшается в течение вегетационного периода, в начале лета она находится в пределах 64,5 – 71,0 % (*Gleditsia*) и 69,4 – 70,2 % (*Robinia*). К концу вегетационного периода оводненность

падает на 11,3 – 15,9 %. Максимальное снижение оводненности наблюдалось у *G. texana* (15,9 %). В родовом комплексе *Robinia* снижение оводненности наибольшее наблюдалось у *R. pseudoacacia* – на 10,2 – 14,7 %. Длительная засуха и высокая среднесуточная температура вегетационного периода 2020 г. ухудшила показатели водного потенциала видов рода *Gleditsia* и *Robinia*.

Ключевые слова

засухоустойчивость, водный режим, оводненность, адаптация, водоудерживающая способность, *R. viscosa*, *R. neomexicana*, *R. pseudoacacia*, *G. texana*, *G. triacanthos*, *G. caspica*.

Исследования проведены в рамках государственного задания (№ государственной регистрации 1210412000197-8), финансирование Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Введение

Засухоустойчивость является одним из главных критериев адаптации растений в условиях интродукции (Кругляк, 2020; Carley, 2021; Xiao, 2021). Засухоустойчивые виды растений наиболее рационально используют воду и питательные вещества в сложных лесорастительных условиях (Agina, 2021; Blum, 2018; McCormick, 2021).

Повышение засухоустойчивости древесных растений приобретает особую актуальность в аридных регионах на каштановых почвах с низким влагообеспечением (Ranjith, 2021; Simunic, 2019). Из-за высоких температур уменьшается рост, замедляется активность ферментов, снижается продуктивная способность растений (Bonacci, 2018; Tkachenko, 2022). Устойчивость растений к засушливым условиям во многом определяется водным режимом (Murdiyarso, 2021; Vlasenko, 2019; Sayed, 2019).

Значительный, теоретический и практический интерес среди засухоустойчивых растений представляют интродуцированные и адаптированные виды рода *Gleditsia* L. и *Robinia* L.

Виды рода *Robinia* являются одними из наиболее широко распространенных деревьев в мире, потому что они декоративно привлекательны, устойчивы к засухе, быстро растут, фиксируют азот, имеют очень твердую прочную древесину и адаптируются в местах с разными климатическими условиями (Лазарев, 2020; Lazarev, 2020).

Представители рода *Gleditsia* относительно быстрорастущие деревья (Semenyutina, 2022). Они широко используются для защиты от ветра и водной эрозии. Благодаря своей способности расти в экстремальных условиях сухой степи, *Gleditsia* представляет интерес для озеленения городов и поселков, особенно в районах с малоплодородными почвами (Mehdiyeva, 2019; Westra, 2021).

Цель - сравнительная оценка адаптации видов рода *Gleditsia* и *Robinia* к особенностям водного режима в условиях каштановых почв.

Материалы и методы исследования

Объектами изучения являлись виды: *R. viscosa*, *R. neomexicana*, *R. pseudoacacia*, *G. texana*, *G. caspica* и *G. triacanthos*, произрастающие в кластерных дендрологических коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН. Степень засухоустойчивости оценивалась по состоянию водного режима и по данным визуальных наблюдений в период засухи. Водоудерживающую способность листьев рассчитывалась по методике В.В. Полевого (2001). Расчет водоудерживающей способности (ВУС, %) проводили по формуле *:

$$\text{ВУС} = \frac{B - \bar{b}}{A} * 100$$

где B – исходная масса, мг; $\bar{b}$ – масса по мере увядания (спустя 1, 2, 3, 4, 5, 6, 24 часа), мг; A – первоначальное содержание воды в листьях, мг.

Оводненность листьев определялась путем высушивания растительных образцов до постоянной массы при температуре 105°C (в трехкратной повторности, навеска 3-5 г). Расчет общего количества воды (P) в % от сырого веса навески проводился по формуле:

$$P = \frac{100(a - b)}{a},$$

где а – вес сырой навески (г), б – вес сухой навески (г)

Листья видов рода *Gleditsia* и *Robinia* отбирали в средней части кроны южной экспозиции в трехкратной повторности. Влажность воздуха в период проведения экспериментов варьировала от 49,4 до 58,2 % (термогигрометр Testo 608). Первоначальная масса навески составляла от 3 до 5,5 г (весы ВК-600). Повторные взвешивания проводили через каждый час до полного высыхания листьев. Результаты проанализированы и обработаны в программе Excel.

Результаты и обсуждение

Вегетационные периоды характеризовались следующими показателями среднемесячных температур: в 2021 году самая высокая температура наблюдалась в июле (28°C), а минимальная в феврале (- 4,6°C) (рис.1.). Анализ изменений климатических показателей за 2020 год выявил, что средняя минимальная температура воздуха в зимний период времени составляла (- 7,6°C).

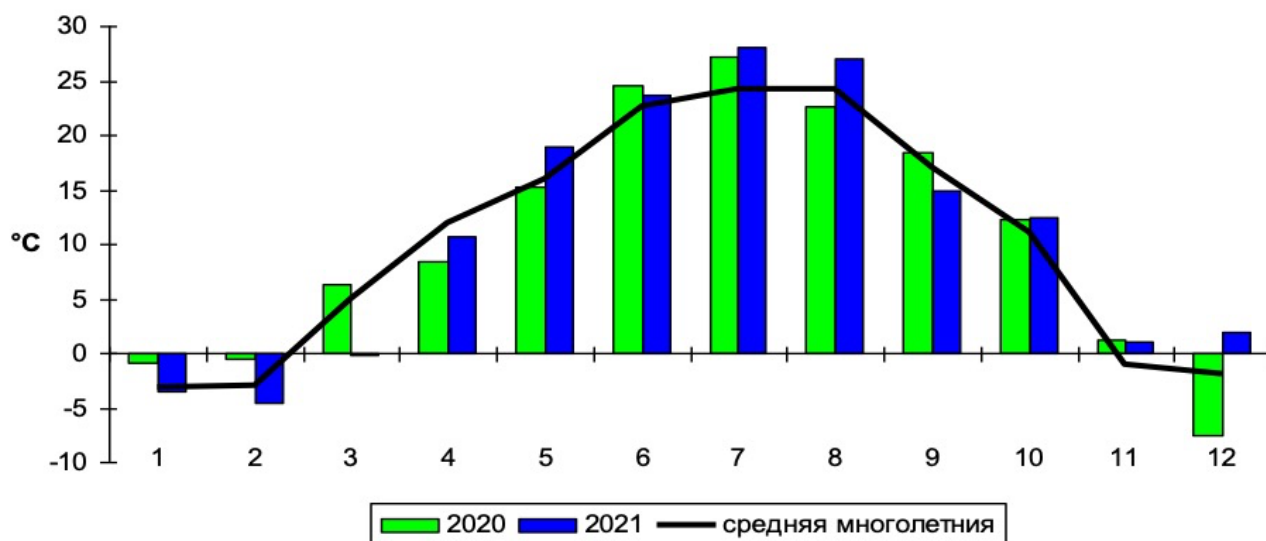


Рисунок. 1. Показатели температуры за 2020- 2021 год в сравнении со среднемноголетними

За исследуемый период наибольшее количество осадков выпало в мае 2020 г. (80 мм). При этом в 2021 году наблюдалось незначительное повышение суммарного количества осадков (442 мм) в сравнении с 2020 г. (269 мм) и среднемноголетними данными (рис. 2.).

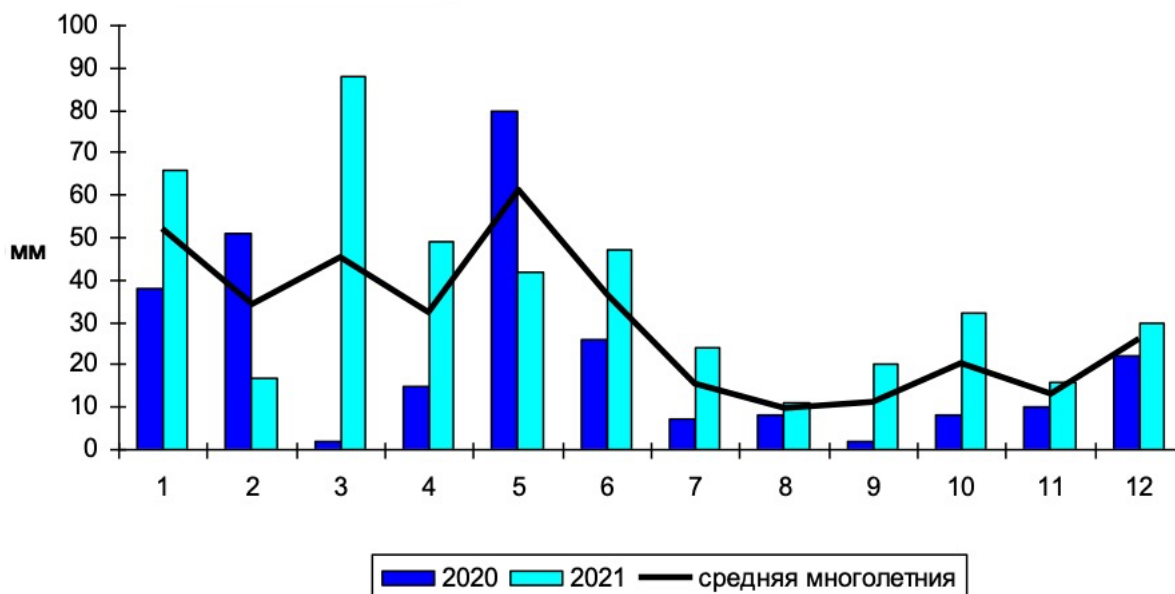


Рисунок. 2. Показатели осадков за 2020- 2021 год в сравнении со среднемноголетними

Листья *G. caspica* достигают 17 -22 см. и несут 5 -7 пар листочков, длина которых 3,5 -8 см, ширина 2-8 см. Дважды перистосложные листья с 8 -9 парами листочков на каждом боковом листовом стержне; длина листочков 2 – 5 см, ширина 1- 2 см. Листья *G. triacanthos* длиной до 25 см, парноперистосложные, с 12-17 парами листочков, листочки продолговато – ланцетные, а на конце заостренные, обычно цельнокрайние, реже – мелкогородчатые. На растущих побегах листья дваждыпарноперистосложные, длиной 17-27 см и 4-6 ответвлениями от основного листового черешка, на каждом из которых по 10 -14 пар листочков. Размер листовой пластинки у парноперистосложных листьев равен 2,5 – 3 см длины, 0,7 – 1,5 см ширины, у дваждыпарноперистых листьев соответственно 16 - 22 и 6 - мм. Листья в молодости пурпуровые, просто перистосложные, иногда у молодых дваждыперистые, с 9 -17 парами листочков. Длина листьев у *G. texana* 1,5--2 см, ширина 0,5 – 1 см, а у дваждыпарноперистых листьев соответственно 1- 1,5 и 0,4 - 0,7 см (рис.3.).

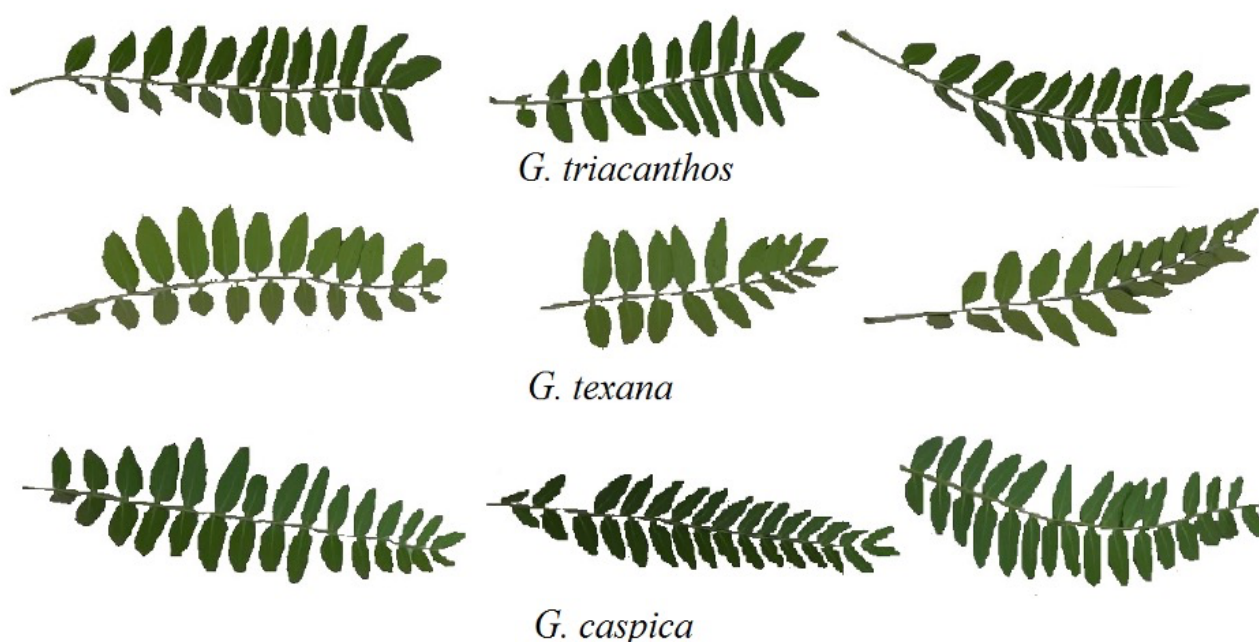


Рисунок. 3. Листья различных видов рода *Gleditsia*

Количество простых листочков сложного листа и жизненные формы представителей рода *Robinia* в интродукционных популяциях и в естественных условиях произрастания представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика листьев видов рода *Robinia* в различных условиях

Виды	Питомник ФНЦ агроэкологии РАН		Природный ареал	
	Кол-во листочков сложного листа	Жизненная форма	Кол-во листочков сложного листа	Жизненная форма
<i>R. neomexicana</i>	18	кустарник	20	дерево
<i>R. pseudoacacia</i>	16	кустарник	18	дерево
<i>R. viscosa</i>	17	кустарник	19	дерево

Изучаемые представители *Robinia* и *Gleditsia* относятся к засухоустойчивым видам, у них развитая корневая система, и они имеют способность в засушливые периоды сбрасывать до 30 % листьев для снижения общей транспирации.

Летний листопад у разных видов *Robinia* начинается одновременно. Так, первой на продолжительную засуху начинает реагировать *R. neomexicana*.

Опадение листьев у данных представителей наблюдается во второй-третьей декаде июля. Немного позже начинается листопад у *R. pseudoacacia* в третьей декаде июля или в первой декаде августа (рис 4).



Рисунок. 4. Летний листопад у разных видов *Robinia*

Одним из главных механизмов регуляции температуры листьев робинии являются ритмические никтинастические движения листочков сложного листа. Складывание листочков сложного листа происходит под воздействием высокой температуры и освещенности в вертикальном направлении,

противоположном действию силы тяжести. Восстановление формы листьев наблюдается при снижении температуры поверхности листовых пластинок. При этом разворачивание листовой пластинки не связано с улучшением водного режима и активно продолжается даже после отделения листьев от растения. Таким образом, данный механизм носит активный характер и не связан с общей потерей тургора листьев в период воздействия высоких температур (рис.5).

Ареалы естественного распространения *R. viscosa* и *R. pseudoacacia* находятся в Северной Америке в зоне широколиственных лесов, в связи с чем они являются более влаголюбивыми растениями. Самый засухоустойчивый в родовом комплексе вид - *R. neomexicana*, имеет ареал естественного распространения в западной части североамериканского континента. *G. caspica* в естественной среде растет группами в южной части Ленкорани, единичными экземплярами может встретиться в низинной и предгорной частях. Данный вид более засухоустойчивый, чем остальные представители рода *Gleditsia*.



Рисунок. 5. Складывание листочков сложного листа *R. neomexicana* под воздействием высокой температуры и освещенности

Оводненность побегов представителей изучаемых групп растений уменьшается в течение вегетационного периода, В начале лета оводненность побегов высокая 64,5 – 71,0 % (*Gleditsia*) и 69,4–70,2 % (*Robinia*). К концу вегетационного периода оводненность падает на 11,3 – 15,9 %. Наибольшее снижение оводненности наблюдалось у *G. texana* 15,9%. В родовом комплексе *Robinia* максимальное снижение оводненности наблюдалось у *R. pseudoacacia* – 14,7 % (табл. 2).

Таблица 2.

Средняя оводненность видов рода *Robinia* и *Gleditsia* в летний период за 2020-2021 гг.

Виды	Средняя оводненность, %		
	Июнь	Июль	Август
<i>G. triacanthos</i>	64,5	60,0	53,2
<i>G. texana</i>	71,0	58,2	55,1
<i>G. caspica</i>	68,1	63,3	55,4
<i>R. pseudoacacia</i>	69,4	61,8	54,7
<i>R. neomexicana</i>	70,2	65,4	60,8

Сравнительная характеристика показателей водоудерживающей способности и суммы осадков по годам исследований показывает, что повышение водоудерживающей способности листьев в 2021 г было вызвано улучшением условий влагообеспеченности (рис. 6).

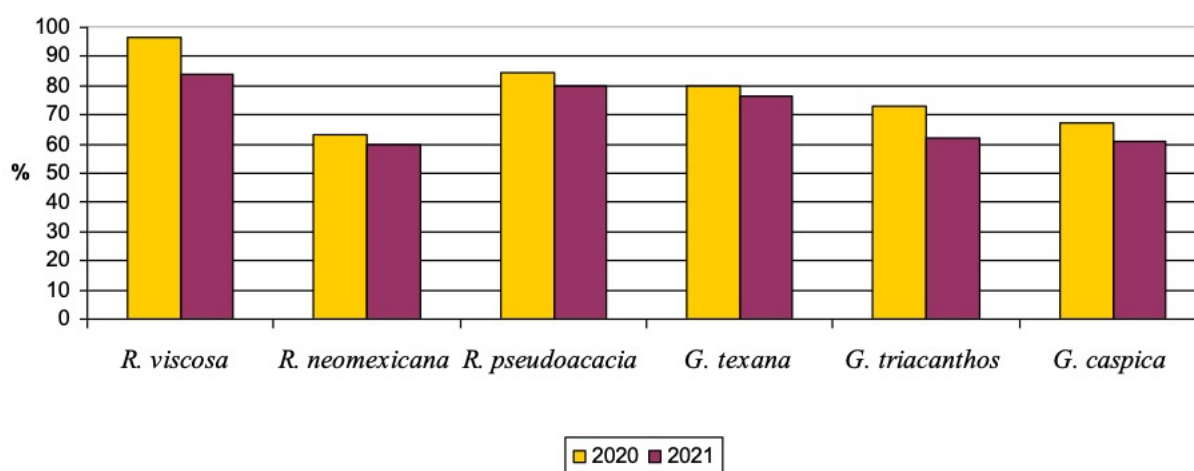


Рисунок 6. Потери воды за 24 часа видов рода *Gleditsia* и *Robinia* (%)

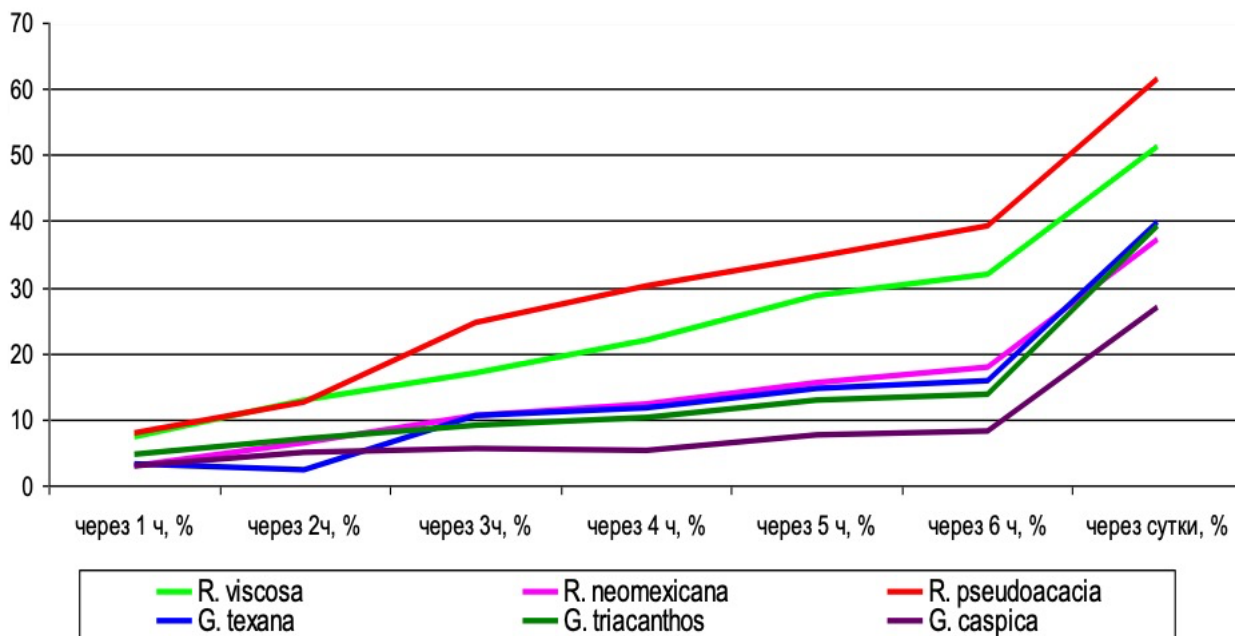
Максимальная потеря воды в период продолжительной засухи у *G. caspica* варьировала в пределах от 61,2% (2021 г) до 67% (2020 г). Средний показатель максимальной потери воды за период проведения исследований в 2020-2021 гг у *G. caspica* составил 64,1%. Более влаголюбивый вид *G. texana* имела максимальные показатели потери воды от 76,7% (2021 г) до 79,9 % (2020 г), со средним показателем 78,3%. В родовом комплексе *Robinia* больше средний показатель максимальной потери воды в листьях за два года исследований составил от 61,2% для *R. neomexicana* до 90,25% для *R. viscosa* (табл.3).

Таблица 3. Средняя потеря воды (%) видов рода *Robinia* и *Gleditsia* в летний период за 2020-2021 гг.

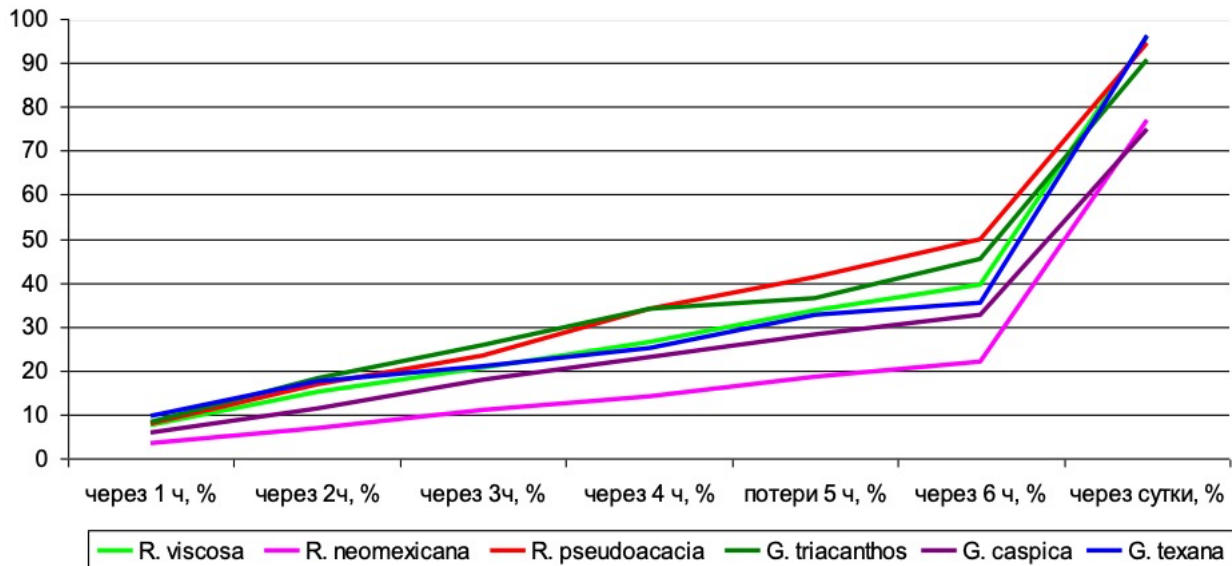
Виды	Средняя потеря воды, %	Стандартное отклонение, σ
<i>R. viscosa</i>	90,25	3,08
<i>R. pseudoacacia</i>	82,1	3,81
<i>R. neomexicana</i>	61,2	3,35
<i>G. triacanthos</i>	67,5	4,38
<i>G. texana</i>	78,3	0,49
<i>G. caspica</i>	64,10	5,63

В течение вегетационного периода максимальный процент потери воды наблюдается во время продолжительных атмосферных и почвенных засух. Так во время продолжительной летней засухи 2020 г. водоудерживающая способность листьев всех исследуемых видов значительно снизилась (рис. 7). При

этом, высокий процент снижения водоудерживающей способности в родовом комплексе *Robinia* наблюдался у *R. viscosa* и *R. pseudoacacia*, которые за 6 часов потеряли до 40,0% от первоначального содержания воды. Потеря воды листьев рода *Robinia* и *Gleditsia* за сутки позволила определить, что лучшие показатели водного режима наблюдаются у *G. caspica* и *R. neomexicana*.



А



Б

Рисунок 7. Потери воды в % у видов рода *Gleditsia* и *Robinia*
(А – 1 декада июня 2020 г., Б – 1 декада августа 2020 г.)

Заключение

Результаты исследований показали, что максимальные показатели водоудерживающей способности в родовом комплексе *Robinia* имеют типичные представители и декоративные формы *Robinia neomexicana*. Низкой водоудерживающей способностью отличается *Robinia viscosa*.

Содержание воды в листьях *G. caspica* выше, чем у *G. texana*.

Оводненность побегов уменьшается в течение вегетационного периода, в начале лета она находится в пределах 64,5 – 71,0 % (*Gleditsia*) и 69,4 – 70,2 % (*Robinia*). К концу вегетационного периода оводненность падает на 11,3 – 15,9 %. Максимальное снижение оводненности наблюдалось у *G. texana* (15,9 %). В родовом комплексе *Robinia* снижение оводненности наибольшее наблюдалось у *R. pseudoacacia* – на 10,2 – 14,7 %.

Во время летних засух тургор листьев у рода *Gleditsia* и *Robinia* незначительно снижаться. Для уменьшения потери воды все виды *Gleditsia* и *Robinia* сбрасывают до 30% листьев. При этом летний листопад у разных видов начинается неодновременно. Листопад в летнее время позволяет растениям перенести продолжающуюся засуху без снижения общей жизнеспособности, то есть потеря листьев в начале летнего периода свидетельствует о более высокой степени засухоустойчивости.

Длительная засуха и высокая среднесуточная температура вегетационного периода 2020 г ухудшили показатели водного потенциала у рода *Gleditsia* и *Robinia*.

Список литературы

1. Кругляк Ю.М. Водний режим листків рослин роду *Deutzia* Thunb. у зв'язку з їх посухостійкістю в умовах інтродукції у північній частині лісостепу України Наукові доповіді НУБіП України. 2020. № 4 (86). С. 4. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2020.04.004>
2. Лазарев С.Е. Механизмы адаптации и жизненные стратегии видов рода *Robinia* L. в условиях интродукции // Наука. Мысль: электронный периодический журнал. 2020. Т. 10. № 1. С. 48-67 DOI:10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.1.3
3. Agina E.A., Mohamed S.M., Ghatas Y., Shayeb N. Influence of water regime treatments on growth of *Rosmarinus Officinalis* L. plant // Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants – 2021 – pp. 401-410 DOI:10.21608/sjofop.2021.211809
4. Ahuja S., Mohan J. Biodiversity and Conservation of Woody Plants – 2017 DOI:10.1007/978-3-319-66426-2
5. Bonacci O., Oskoruš D. Human Impacts on Water Regime // The Drava River – 2018 –pp.125-137 DOI:10.1007/978-3-319-92816-6_9
6. Blum A. Drought Resistance // Plant Breeding for Stress Environments – 2018 - pp.43-77 DOI:10.1201/9781351075718-3
7. Carley DS, Gragg LA, Taggart MJ, et al. Estimation of water stress tolerance of six woody plant species. *Horticult Int J.* 2021;5(2):64 - 72. DOI: 10.15406/hij.2021.05.00205
8. McCormick E., Dralle D. N., Khan W. J., Alison K. Tune Widespread woody plant use of water stored in bedrock // *Nature* 597(7875) – 2021- :225-229 DOI:10.1038/s41586-021-03761-3
9. Lazarev S.E., Semenyutina A.V., Belyaev A.I. Implementation of the tree counting process in the process of urban reclamation with the use of fuzzy neural network for agro forestry // *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering.* - 2020. - Т. 9. - № 4. - С. 6232-6237 DOI: 10.30534/ijatcse/2020/302942020.
10. Murdiyarso D., Iska L., Bayu B., Hanggara M., Fitriani S. Managing Water Regimes // *Wetland Carbon and Environmental Management* – 2021. - pp. 355-369 DOI:10.1002/9781119639305.ch19
11. Mehdiyeva N., Alizadeh V., Zambrana N., Rainer W. *Gleditsia caspica* Desf. Fabaceae // *Ethnobotany of the Caucasus* – 2017 - pp.319-321 DOI:10.1007/978-3-319-49412-8_67
12. Vlasenko M., Trubakova K Water regime Poaceae family species in the drought conditions // *Agrarian Bulletin*– 2019 – pp. 2-8 DOI:10.32417/article_5dcd861e230788.72509133
13. Westra P., Hildebrandt K., Takano Hk., Agriscience C., Todd A. Gaines Field Response of Green Ash (*Fraxinus pennsylvanica*) and Honey Locust (*Gleditsia triacanthos*) to Aminocyclopyrachlor// *Journal of Horticulture*39(2)- 2021 - pp.68-76
14. Ranjith P., Srinivasa Mr . Breeding for Drought Resistance // *Plant Breeding - Current and Future Views* – 2021 DOI: 10.51772/intechopen.97276

15. Sayed JK., Sayed HM., Zahra J. A drought resistance index to select drought resistant plant species based on leaf water potential measurements // Journal of Arid Land – 2019 – pp 623-635 DOI:10.1007/s40333-019-0024-7
16. Semenyutina A.V., Melnik K.A., Semenyutina V.A. Assessment of Growth and Development of Representatives under the Conditions of Chestnut Soils // Ecological Engineering & Environmental Technology. – 2022. – Volume 23. – Issue 1. – 19–24 DOI:https://doi.org/10.12912/27197050/143136
17. Simunic I., Likso T., Miseckaite O., Palma OL Climate changes and soil water regime // MARine lake (Rogoznica) as a model for EcoSystem functioning in a changing environment – 2019 DOI:10.17707/AgricultForest.65.3.01
18. Tkachenko K., Firsov G., Volchanskaya A. Climate Warming and Changes in the Reproductive Capacity of Woody Plants // Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2021) – 2022. - pp.573 – 580 DOI:10.1007/978-3-030-91402-8_64
19. Xiao Yu., Ruo-X., Yuan C., Shen Chao Growth stability of four drought resistant plant species in different regions // journal of applied ecology – 2021 – pp 4212-4222 DOI:10.13287/j.1001-9332.202112.011

Adaptation of species of the genus *Gleditsia* and *Robinia* to the peculiarities of the water regime in the conditions of chestnut soils

Alexandra V. Semenyutina

doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Head of the Laboratory of Bioecology of Woody Plants

Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

vnialmi@yandex.ru

 0000-0003-3250-6877

Kristina A. Melnik

postgraduate student, Junior Researcher at the Laboratory of Bioecology of Woody Plants

Federal Research Centre of Agroecology, Complex Melioration, and Forest Reclamations RAS, Volgograd, Russian Federation

Volgograd, Russia

melnik-k@vfanc.ru

 0000-0002-7345-2751

Sergey E. Lazarev

senior researcher at the Laboratory of Bioecology of Woody Plants

Federal Research Centre of Agroecology, Complex Melioration, and Forest Reclamations RAS, Volgograd, Russian Federation

Volgograd, Russia

hortus@yandex.ru

 0000-0001-6473-6242

Received 10.02.2022

Accepted 14.03.2022

Published 15.06.2022

 10.25726/s8638-6879-4364-e

Abstract

Adaptation of species of the genus *Gleditsia* and *Robinia* largely depends on the state of their water regime during the growing season. The ability to retain and economically use water in arid conditions is a protective and adaptive function in introduced species. The degree of drought resistance of various species of the genus *Gleditsia* and *Robinia* was assessed by the state of their water regime during the dry period. The studies were conducted based on long-term data, highlighting optimal moisture availability and dry years. The following species were studied: *R. viscosa*, *R. neomexicana*, *R. pseudoacacia*, *G. texana*, *G. caspica* and *G. triacanthos*, growing in cluster dendrological collections of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Cadastre. № 34:34:000000:122, 34:34:060061:10; Cadastre No. 34:36:0000:14:0178). The aim is a comparative assessment of the adaptation of species of the genus *Gleditsia* and *Robinia* to the peculiarities of the water regime in the conditions of chestnut soils. It was found that the highest indicators of water-holding capacity in the genus *Robinia* have typical representatives and decorative forms of *R. neomexicana*. *R. viscosa* has a low water-holding capacity. The water content in the leaves of *G. caspica* is higher than that of *G. texana*. The hydration of shoots decreases during the growing season, at the beginning of summer it is in the range of 64.5 – 71.0% (*Gleditsia*) and 69.4 – 70.2% (*Robinia*). By the end of the growing season, the water content drops by 11.3 – 15.9%. The maximum decrease in hydration was observed in *G. texana* (15.9%). In the *Robinia* generic complex, the greatest decrease in hydration was observed in *R. pseudoacacia* – by 10.2 – 14.7%. Prolonged drought and high average daily temperature of the growing season in 2020 worsened the indicators of the water potential of species of the genus *Gleditsia* and *Robinia*.

Keywords

drought resistance, *R. viscosa*, *R. neomexicana*, *R. pseudoacacia*, *G. texana*, *G. triacanthos*, *G. caspica*, water regime, hydration, adaptation, water retention capacity.

The research was carried out within the framework of the state task (state registration no. 1210412000197-8), funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

References

1. Krugljak Ju.M. Vodnij rezhim listkiv roslin rodu Deutzia Thunb. u zv'jazku z ih posuhostijkistju v umovah introdukcii u pivnichnij chastini lisostepu Ukraïni Naukovi dopovidi NUBiP Ukraïni. 2020. № 4 (86). S. 4. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2020.04.004>
2. Lazarev S.E. Mehanizmy adaptacii i zhiznennye strategii vidov roda Robinia L. v uslovijah introdukcii // Nauka. Mysl': jelektronnyj periodicheskij zhurnal. 2020. T. 10. № 1. S. 48-67 DOI:10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2020.1.3
3. Agina E.A., Mohamed S.M., Ghatas Y., Shayeb N. Influence of water regime treatments on growth of Rosmarinus Officinalis L. plant // Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants – 2021 – pp. 401-410 DOI:10.21608/sjfp.2021.211809
4. Ahuja S., Mohan J. Biodiversity and Conservation of Woody Plants – 2017 DOI:10.1007/978-3-319-66426-2
5. Bonacci O., Oskoruš D. Human Impacts on Water Regime // The Drava River – 2018 –pp.125-137 DOI:10.1007/978-3-319-92816-6_9
6. Blum A. Drought Resistance // Plant Breeding for Stress Environments – 2018 - pp.43-77 DOI:10.1201/9781351075718-3
7. Carley DS, Gragg LA, Taggart MJ, et al. Estimation of water stress tolerance of six woody plant species. Horticult Int J. 2021;5(2):64 - 72. DOI: 10.15406/hij.2021.05.00205
8. McCormick E., Dralle D. N., Khan W. J., Alison K. Tune Widespread woody plant use of water stored in bedrock // Nature 597(7875) – 2021- :225-229 DOI:10.1038/s41586-021-03761-3
9. Lazarev S.E., Semenyutina A.V., Belyaev A.I. Implementation of the tree counting process in the process of urban reclamation with the use of fuzzy neural network for agro forestry // International Journal

of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. - 2020. - Т. 9. - № 4. - S. 6232-6237 DOI: 10.30534/ijatcse/2020/302942020.

10. Murdiyarso D., Iska L., Bayu B., Hanggara M., Fitriani S. Managing Water Regimes //Wetland Carbon and Environmental Management) – 2021. - pp. 355-369 DOI:10.1002/9781119639305.ch19

11. Mehdiyeva N., Alizadeh V., Zambrana N., Rainer W. *Gleditsia caspica* Desf. Fabaceae // Ethnobotany of the Caucasus – 2017 - pp.319-321 DOI:10.1007/978-3-319-49412-8_67

12. Vlasenko M., Trubakova K Water regime Poaceae family species in the drought conditions // Agrarian Bulletin– 2019 – pp. 2-8 DOI:10.32417/article_5dcd861e230788.72509133

13. Westra P., Hildebrandt K., Takano Hk., Agriscience C., Todd A. Gaines Field Response of Green Ash (*Fraxinus pennsylvanica*) and Honey Locust (*Gleditsia triacanthos*) to Aminocyclopyrachlor// Journal of Horticulture39(2)- 2021 - pp.68-76

14. Ranjith P., Srinivasa Mr . Breeding for Drought Resistance // Plant Breeding - Current and Future Views – 2021 DOI: 10.5i772/intechopen.97276

15. Sayed JK., Sayed HM., Zahra J. A drought resistance index to select drought resistant plant species based on leaf water potential measurements // Journal of Arid Land – 2019 – pp 623-635 DOI:10.1007/s40333-019-0024-7

16. Semenyutina A.V., Melnik K.A., Semenyutina V.A. Assessment of Growth and Development of Representatives under the Conditions of Chestnut Soils // Ecological Engineering & Environmental Technology. – 2022. – Volume 23. – Issue 1. – 19–24 DOI:<https://doi.org/10.12912/27197050/143136>

17. Simunic I., Likso T., Miseckaite O., Palma OL Climate changes and soil water regime // MARine lake (Rogoznica) as a model for EcoSystem functioning in a changing environment – 2019 DOI:10.17707/AgricultForest.65.3.01

18. Tkachenko K., Firsov G., Volchanskaya A. Climate Warming and Changes in the Reproductive Capacity of Woody Plants // Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2021) – 2022. - pp.573 – 580 DOI:10.1007/978-3-030-91402-8_64

19. Xiao Yu., Ruo-X., Yuan C., Shen Chao Growth stability of four drought resistant plant species in different regions // journal of applied ecology – 2021 – pp 4212-4222 DOI:10.13287/j.1001-9332.202112.011

Декоративность представителей рода *Gleditsia* в зоне светло-каштановых почв

Алия Шамильевна Хужахметова

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биоэкологии древесных растений

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук

Волгоград, Россия

aliyasham@mail.ru

 0000-0001-5127-8844

Кристина Андреевна Мельник

аспирант, младший научный сотрудник лаборатории биоэкологии древесных растений

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук

Волгоград, Россия

melnik-k@vfanc.ru

 0000-0002-7345-2751

Поступила в редакцию 19.02.2022

Принята 27.03.2022

Опубликована 15.06.2022

 10.25726/y6955-0248-0964-y

Аннотация

Многолетние нахождение представителей рода *Gleditsia* L. в коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН (кадастр. № 34:34:000000:122, 34:34:060061:10; кадастр. № 34:36:0000:14:0178) показало, что растения нетребовательны к почве, являются засухоустойчивыми и зимостойкими. В зеленых насаждениях населенных пунктов и зеленых зона пригородных территориях Волгоградской области встречаются крайне редко. Цель – оценить декоративность представителей рода *Gleditsia* в зоне светло- каштановых почв в Волгоградской области. Оценка общей декоративности видов и форм проводилась по 5- бальной шкале по комплексу признаков. Проведен сравнительный анализ декоративности *G. texana*, *G. triacanthos*, *G. caspica*, *G. triacanthos* f. *inermis* и установлена вариабельность (31,4-34,4 балла). Она позволяет осуществить подбор наиболее декоративных видов и образцов в Волгоградской области. Результаты комплексной оценки позволили отнести *G. triacanthos* f. *inermis* к высоко декоративным растениям, которые не имеют колючек, поэтому рекомендуются применять в зеленом строительстве населенных мест (уличные насаждения, парковые аллеи и ажурные группы). *Gleditsia triacanthos*, как наиболее зимостойкий вид рекомендуется для лесоразведения, широко может быть применен при формировании зеленых зон пригородных ландшафтов в богарных условиях. Слабая зимостойкость у *G. caspica* является генетически обусловленным признаком и сказывается на общей декоративности. *G. caspica* перспективна для одиночных посадок и в больших группах. *G. texana* и *G. triacanthos* хорошо переносит обрезку и может быть рекомендована для создания стриженных живых изгородей. Для формирования многокомпонентных групповых посадок с участием представителей *Gleditsia* следует вводить деревья с ажурной кроной (*Robinia pseudoacacia*) и кустарники (*Sorbaria sorbifolia*, *Sorbus aucuparia*, *Laburnum anagyroides*, *Caragana arborescens*, *Spiraea japonica* и т.д.).

Ключевые слова

декоративность, *G. texana*, *G. triacanthos*, *G. caspica*, *G. triacanthos* f. *inermis*, зеленое строительство, ландшафтные композиции

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания (№ госрегистрации 1210412000197-8), финансирование Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Введение

Эстетический облик урбанизированных территорий вносит вклад в создание комфортных условий для жизни горожан (Ishwar, 2021; Manoj, 2021; Sujatha, 2021). Декоративные свойства древесных пород определяются: формой кроны, цветением, цветовой гаммой листьев и т.д. (Декоративные, 2021; Залывская, 2012). Указанные свойства древесных растений имеют важное значение при использовании их в садово-парковом строительстве (Семенютина, 2021; Md Faruque, 2019; Wen, 2021). Поэтому необходимо учитывать тот факт, что их декоративность зависит как от свойств самого растения, так и от условий среды, в которых происходит его развитие (Ayushi, 2021; Osama, 2022; Todd, 2019; Usha, 2021).

Gleditsia – один из самых представительных родовых комплексов семейства Caesalpiniaceae, и является весьма перспективным при выборе экологического важного ассортимента древесных растений в зоне светло-каштановых почв в Волгоградской области (Семенютина, 2021).

Представители рода *Gleditsia* отличаются высокими декоративными свойствами, они перспективны для создания выразительных композиций в зеленом строительстве и выполняющие средообразующие функции в малолесных регионах (Semenyutina, 2022).

Цель – оценить декоративность представителей рода *Gleditsia* в зоне светло-каштановых почв в Волгоградской области.

Материалы и методы исследования

Проведен сравнительный анализ между видами и формами рода *Gleditsia*: *G. texana*, *G. triacanthos*, *G. caspica*, *G. triacanthos* f. *inermis*, произрастающие в кластерных дендрологических коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН (кадастр. № 34:34:000000:122, 34:34:060061:10; кадастр. № 34:36:0000:14:0178). Наблюдение проводилось по критериям, которые определяют декоративность представителей рода *Gleditsia*. Для оценки качества исследуемых декоративных свойств использовалась пятибалльная шкала (таб. 1).

Таблица 1. Количественная и качественная оценка декоративности

Показатели	1	2	3	4	5
Крона	> 70 % сухих веток и ствол повреждён	> 40 % сухих веток	сформирован ствол и ветки кроны	четко выраженная форма до 50 лет жизни	Четко выраженная форма кроны в период всей жизни
Длительность цветения	нецветущие	только при определенных условиях среды	около недели	больше двух недель	больше месяца
Обильность цветения	цветы/завязи и / плоды в обильном количестве имеются 10-20 % деревьев	цветы/завязи / плоды в обильном количестве имеются 30-40 % деревьев	цветы/завязи / плоды в обильном количестве имеются 50-60 % деревьев	цветы/завязи / плоды в обильном количестве имеются 70-80 % деревьев	цветы/завязи / плоды в обильном количестве имеются 70-80 % деревьев
Цветки/ соцветия	цветки практически незаметны и их не видно	цветки/ соцветия мелкие до 2 см,	цветки/ соцветия мелкие до 5 см, окраска тухлая, запах резкий	цветки/ соцветия мелкие до 10 см, окраска	цветки/ соцветия мелкие до 15 см, окраска

		невзрачные, запах резкий		привлекательна я, запах цветков приятный	яркая, весьма привлекательна я, запах цветков приятный
Осенняя окраска листьев	один цвет	доминирующий цвет и различные оттенки	около двух цветов окраски	разнообразная окраска	от трех до семи и более расцветок
Продолжительнос ть облиствения	поздно распускают ся и рано оппадают	рано распускаются и рано оппадают	поздно распускаются и рано опадают	рано распускаются и поздно оппадают	вечнозеленые
Плоды	очень мелкие и некрасивые , окраска нехарактер на для вида, сильно поврежден ы вредителям и и болезнями	некрасивые мелкие, форма приглядная, повреждены болезнями	удовлетворительн ого вида, имеются повреждение болезнями и вредителям, длительность удержания плодов на ветвях не превышает двух месяцев	допускается незначительн ое повреждения вредителями, плоды сохраняются на ветвях около 2-3 месяцев	Очень красивые, без повреждений и болезней, плоды несколько месяцев удерживаются на ветвях
Зимостойкость	погибает выше уровня снежного покрова надземная часть	обмерзают побеги (2-3 летние) и скелетные ветви	повреждаются на 100% длины однолетние побеги	повреждаются более 50% длины однолетние побеги	повреждаются незначительн о (от 15 - 50%) длины однолетние побеги

Все баллы, присвоенные *Gleditsia* L. по критериям, суммируют и определяют степень декоративности деревьев (суммарный балл от 30 до 40 – высокая степень декоративности, от 25 до 30 – средняя степень, от 10 до 25 – низкая степень декоративности, от 1 до 10 очень низкая степень декоративности) [2, 7].

Результаты и обсуждение

Все виды рода *Gleditsia* L. характеризуется широкой, развесистой кроной и ветвями. *G. triacanthos* с широко цилиндрической ажурной кроной, закругленной поверху, и стволом, покрытым темно-бурой, морщинистой, позднее трещиноватой корой. *G. triacanthos* f. *inermis* имеет более узкую крону. *G. caspica* с шаровидной кроной, а побег и молодые ветви желтовато-зеленые. Для уличных посадок и аллей необходимы деревья со стволами на большую высоту свободными от ветвей и сучьев. *G. triacanthos* f. *inermis* рекомендуется для уличных насаждений, парковых аллей и ажурных групп (рис. 1, 2).

Колючие деревья и кустарники ценны для устройства непроходимых живых изгородей. Колючесть *Gleditsia* L. является типичным видовым знаком породы. *G. triacanthos* имеет обильные простые крепкие колючки до 10 см длины, сплюснутые по крайней мере у основания и разветвлённые,

острые. Колючки *G. caspica* простые, реже ветвистые, сплюснутые с боков, черные, очень обильные. Из *G. texana* с длинными колючками быстро создаются совершенно непроходимые изгороди (рис. 3).

Оттенки окраски листьев от доминирующего основного цвета представляют большую ценность для зеленого строительства. Окраска листьев осенью у видов рода *Gleditsia* L. в городских и естественных условиях весьма яркая (рис. 4).

Величина цветков также имеет существенно значение. Мелкие цветки малодекоративны и могут привлечь на себя внимание лишь при обильном цветении. Наиболее декоративны древесные виды с небольшими цветками, которые собраны в крупные соцветия. Мужские цветки у *G. texana* и *G. triacanthos* собраны в кисти от 6 – 12 см длины. Женские цветки так собраны в соцветия – кисти, но более короткие, чем мужские, до 8-9 см длины. Женские цветки *G. caspica* собраны в кисть длиной 10 -15 см.



А



Б



В



Г

Рисунок 1. Ажурная крона деревьев *Gleditsia* L.
(А - *G. triacanthos*; Б - *G. caspica*; В - *G. texana*; Г - *G. triacanthos* f. *inermis*)



A



Б



В



Г

Рисунок 2. Текстура стволов представителей рода *Gleditsia* L. (А - *G. triacanthos*; Б - *G. caspica*; В - *G. texana*; Г - *G. triacanthos* f. *inermis*)



A



Б

Рисунок 3. Колючки видов рода *Gleditsia* L. (А - *G. triacanthos*; Б - *G. caspica*)



Рисунок 4. Цветовая гамма листьев рода *Gleditsia* L. в осенний период

Окраска цветков играет весьма важную роль их декоративном эффекте. Окраска цветков *Gleditsia* L. бывает желтой с различными оттенками, которые невероятно привлекательны для опыления насекомых и, таким образом, имеет душистый ароматный запах. Продолжительность цветения зависит от биоэкологической особенности различных видов *Gleditsia* L (рис. 5).



Рисунок 5. Соцветия рода *Gleditsia* L (фаза цветения)

В период созревания плодов различных видов рода *Gleditsia* L наблюдались изменения цвета. Цвет оболочки менялся с переходами от светло- зеленого до темно-коричного.

Молодые плоды имеют от трех до пяти расцветок. Плоды всех видов *Gleditsia* в большинстве случаев остаются на деревьях до весны следующего года. Плоды *G. caspica* изогнутые, остроконечные, черно- коричневые, кожистые, внутри с мякотью, 23 -29 см длины, 2,5 – 3 см ширины, с 14 -30 темно-коричневыми, приплюснутыми, овальными семенами. Плоды *G. triacanthos* по форме очень разнообразны – от изогнутых до почти прямых удлинненно-ланцетных с плодоножкой до 7 см длины. Длина плода 37 – 40 см и ширина 4- 5 см, темно – и светло – коричневого цвета, внутри с сладкой мякотью. Бобы сидят на пучках до 8 штук. Плод у *G. texana* прямой, светло – коричневый, без мякоти, длиной 10 -12 см, шириной 2-3 см, с 4 – 8 темно-коричневыми, сплюснутыми, округлыми семенами (рис. 6, табл. 2).



Рисунок 6. Плоды различных видов рода *Gleditsia* L.

Таблица 2. Характеристика плодов рода *Gleditsia* L.

Виды	Ширина плода (см)	Длина плода (см)	Повреждения вредителями и болезнями
<i>G. texana</i>	2 -3	10 -12	незначительное
<i>G. caspica</i>	2,5- 3	23 – 29	имеются повреждения болезнями и вредителями
<i>G. triacanthos</i>	2-4	37 – 40	незначительное
<i>G. triacanthos</i> f. <i>inermis</i>	2 -3	12 - 25	-

Изменение зимостойкости различных видов рода *Gleditsia* зависит от факторов внешней среды. Сравнительная оценка к отрицательным температурам показала, что самая низкая зимостойкость у *Gleditsia caspica* является генетически обусловленным признаком. Ареал естественного распространения этого вида находится в Ленкоранской низменности, в связи с чем он является самым теплолюбивым видом родового комплекса.

Gleditsia L рекомендуют для создания изгородей от 2 до 6 м. Расстояние между деревьями должно быть 1-2 м, а между рядами 2- 3 м. *Gleditsia* переносит стрижку в любом возрасте. Типичные формы для стрижки у рода *Gleditsia* используют: овальную, шаровидную и яйцевидную.

Gleditsia хорошо подходит к нашему региону, растения не требовательно к почве и является засухоустойчивым родом. *Gleditsia triacanthos*, как наиболее зимостойкий вид рекомендуется для лесоразведения в сухой степи, так же широко может быть применен при формировании зеленых зон пригородных ландшафтов в богарных условиях (таб. 3).

Зеленое строительство помогает обеспечить более благоприятный микроклимат и уменьшить выветривание, сохраняя плодородие почв.

Таблица 3. Ассортимент изучаемых видов и форм *Gleditsia* для Волгоградской области

Природные зоны	Рекомендуемые виды
Степная	<i>G. texana</i> , <i>G. triacanthos</i> , <i>G. caspica</i> , <i>G. triacanthos</i> f. <i>inermis</i>
Полустепная	<i>G. texana</i> , <i>G. triacanthos</i> , <i>G. caspica</i> , <i>G. triacanthos</i> f. <i>inermis</i>
Полупустынная	<i>G. texana</i> , <i>G. triacanthos</i> , <i>G. triacanthos</i> f. <i>inermis</i>

Хорошо сочетаются с *Gleditsia*, деревья с ажурной кроной (*Robinia pseudoacacia*) и кустарники (*Sorbus aucuparia* (2), *Sorbaria sorbifolia* (3), *Laburnum anagyroides* (4), *Caragana arborescens* (5), *Spiraea japonica* (6), рис. 7).



Рисунок 7. Сочетания различных древесных пород с *Gleditsia* (1)

Результаты комплексной оценки изучаемых видов и форм рода *Gleditsia*, позволили отнести *G. triacanthos* f. *inermis* к высоко декоративным растениям (таб. 4).

Таблица 4. Суммарная оценка декоративности рода *Gleditsia*

Показатели	Виды, формы <i>Gleditsia</i> (естественный ареал)			
	triacanthos (Сев. Америка)	texana (Сев. Америка)	capsica (Ленкорань)	triacanthos f. inermis (Сев. Америка)
Крона	4,5	4,1	4	4,8
Длительность цветения	4,3	4,2	4,8	4,3
Обильность цветения	5	4,5	4,9	5
Цветки/ соцветия	4,6	4,4	5	4,7
Осенняя окраска листьев	2	2	2	2
Продолжительность облиствения	3,6	3,2	3,1	3,8
Плоды	4,9	4,5	3,9	5
Зимостойкость	4,8	4,7	3,7	4,8
Сумма баллов	33,7	31,7	31,4	34,4

G. triacanthos f. *inermis* не имеет колючек, поэтому желательно применять в зеленом строительстве населенных мест. *G. caspica* перспективна для одиночных посадок и в больших группах. *G. texana* и *G. triacanthos* хорошо переносит обрезку и может быть рекомендована для создания стриженных живых изгородей.

Заключение

Комплексная оценка декоративности связана с засухоустойчивостью и зимостойкости представители рода *Gleditsia*. Установлено преимущество североамериканского интродуцента и перспективность его для искусственных насаждений вокруг и внутри населенных пунктов Волгоградской области.

G. triacanthos f. *inermis* высоко декоративное растения, не имеет колючек, рекомендуется для уличных насаждений, парковых аллей и ажурный многокомпонентных групп с участием разных жизненных форм *Robinia pseudoacacia*, *Sorbus aucuparia*, *Sorbaria sorbifolia*, *Laburnum anagyroides*, *Caragana arborescens*, *Spiraea japonica* и т.д.). *G. caspica* перспективна для одиночных посадок и в больших группах. *G. texana* и *G. triacanthos* хорошо переносит обрезку и может быть рекомендована для создания стриженных живых изгородей.

Список литературы

1. Декоративные характеристики для подбора кустарников при реновации дендрологических экспозиций: пат. 2021621506 Рос. Федерация: RU2021621618. 2021.
2. Залывская О.С., Бабич Н.А. Шкала комплексной оценки декоративности деревьев и кустарников в городских условиях на Севере // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2012. №1. С.96-104
3. Семенютина А.В., Мельник К.А. К вопросу морозоустойчивости и зимостойкости видов *Gleditsia* в условиях региона сухостепной зоны. Успехи современного естествознания // 2021. № 4. С. 33-38. DOI:10.17513/use.37604
4. Семенютина А.В., Свинцов И.П., Хужахметова А.Ш., Семенютина В.А., Лазарев С.Е. Мобилизация дендрологических ресурсов и пути сохранения их биоразнообразия в малолесных регионах: Монография. 2021. 288 с.
5. Ayushi N., Ankita B., Niranjana M. Effects of Green Buildings on the Environment. Digital Cities Roadmap 2021. pp. 477-507 DOI:10.1002/9781119792079.ch15
6. Ishwar C. Dhinra Guidelines for Greening Building, Green Economy: Opportunities and Challenges 2021. pp. 251 - 758 DOI: 10.4324/9781003206729-12

7. Manoj K., Ashok K.S. Sanjav A., Pravesh T. Role of Spatial Design in Green Buildings-A Critical Review of Green Building Rating Systems IOP Conference Series Materials Science and Engineering. 2021. DOI:10.1088/1757-899X/1116/012166
8. Md Faruque H. Green building complexes. Sustainable Development for Mass Urbanization. 2019. pp 291-315 DOI:10.1016/B978-0-12-817690-0.00012-9.
9. Osama E., Omar O: Elrawy Contextual Factors in Green Building Rating. The International Journal of Architectonic Spatial and Environmental Design. 2022 DOI:10.18848/2325-1662/CGP/v16i01/105-124
10. Semenyutina A.V., Melnik K.A. Semenyutina V.A. Assessment of Growth and Development of Representatives under the Conditions of Chestnut Soils. Ecological Engineering & Environmental Technology. 2022. Volume 23. Issue 1. pp. 19-24 DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/143136>
11. Sujatha R., Muthumari G., Kousalya G., Zanaithur R. Green building design, 2020. DOI:10.1201/978042919047636
12. Todd P. West Woody Plant Structure. Stress Physiology of Woody Plant. 2019. pp.1-14. DOI:10.1201/9780429190476-1
13. Usha I.R., Karishma K. Industry, Innovation and Infrastructure. 2021.pp. 403-414. DOI:10.1007/978-3-319-95873-6_20
14. Wen Z. Application of Green Building Design in Residential Buildings. Journal of Architectural Research and Development.2021. pp. 55-60 DOI:10.26689/jard.v5i6.2782.

Decorative properties of the genus *Gleditsia* in the zone of light chestnut soils

Aliya Sh. Khuzhakhmetova

candidate of Agricultural Sciences, Leading researcher at the Laboratory of Ecology of Woody Plants
Federal Research Centre of Agroecology, Complex Melioration, and Forest Reclamations RAS, Volgograd,
Russian Federation
Volgograd, Russia
aliyasham@mail.ru
 0000-0001-5127-8844

Kristina A. Melnik

postgraduate student, Junior Researcher at the Laboratory of Bioecology of Woody Plants
Federal Research Centre of Agroecology, Complex Melioration, and Forest Reclamations RAS, Volgograd,
Russian Federation
Volgograd, Russia
melnik-k@vfanc.ru
 0000-0002-7345-2751

Received 19.02.2022

Accepted 27.03.2022

Published 15.06.2022

 10.25726/y6955-0248-0964-y

Abstract

Long - term finding of representatives of the genus *Gleditsia* L. in the collections of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Cadastre. № 34:34:000000:122, 34:34:060061:10; Cadastre No. 34:36:0000:14:0178) showed that plants are undemanding to the soil, are drought-resistant and winter-hardy. In the green spaces of settlements and the green zone of suburban territories of the Volgograd

region are extremely rare. The aim is to evaluate the decorative value of representatives of the genus *Gleditsia* in the zone of light chestnut soils in the Volgograd region. The assessment of the overall decorative nature of species and forms was carried out on a 5-point scale according to a set of features. A comparative analysis of the decorativeness of *G. texana*, *G. triacanthos*, *G. caspica*, *G. triacanthos* f. *inermis* was carried out and variability was established (31.4-34.4 points). It allows you to select the most decorative species and samples in the Volgograd region. The results of a comprehensive assessment made it possible to attribute *G. triacanthos* f. *inermis* to highly decorative plants that do not have thorns, therefore they are recommended to be used in the green construction of populated areas (street plantings, park alleys and openwork groups). *Gleditsia triacanthos*, as the most winter-hardy species is recommended for afforestation, can be widely used in the formation of green zones of suburban landscapes in rain-fed conditions. Weak winter hardiness in *G. caspica* is a genetically determined trait and affects. *G. caspica* is promising for single plantings and in large groups. *G. texana* and *G. triacanthos* tolerates pruning well and can be recommended for creating trimmed hedges. To form multicomponent group plantings with the participation of *Gleditsia* representatives, trees with an openwork crown (*Robinia pseudoacacia*) and shrubs (*Sorbaria sorbifolia*, *Sorbus aucuparia*, *Laburnum anagyroides*, *Caragana arborescens*, *Spiraea japonica*, etc.) should be introduced.

Keywords

decorative, *G. texana*, *G. triacanthos*, *G. caspica*, *G. triacanthos* f. *inermis*, green construction, landscape compositions.

The research was carried out within the framework of state tasks (Registration number: 1210412000197-8) funding by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

References

1. Dekorativnye harakteristiki dlja podbora kustarnikov pri renovacii dendrologicheskikh jekspozicij: pat. 2021621506 Ros. Federacija: RU2021621618. 2021.
2. Zalyvskaja O.S., Babich N.A. Shkala kompleksnoj ocenki dekorativnosti derev'ev i kustarnikov v gorodskih uslovijah na Severe // Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. Serija: Les. Jekologija. Prirodopol'zovanie. 2012. №1. S.96-104
3. Semenjutina A.V., Mel'nik K.A. K voprosu morozoustojchivosti i zimostojkosti vidov *Gleditsia* v uslovijah regiona suhostepnoj zony. Uspehi sovremennogo estestvoznaniya // 2021. № 4. S. 33-38. DOI:10.17513/use.37604
4. Semenjutina A.V., Svincov I.P., Huzhahmetova A.Sh., Semenjutina V.A., Lazarev S.E. Mobilizacija dendrologicheskikh resursov i puti sohraneniya ih bioraznoobrazija v malolesnyh regionah: Monografija. 2021. 288 s.
5. Ayushi N., Ankita B., Niranjana M. Effects of Green Buildings on the Environment. Digital Cities Roadmap 2021. pp. 477-507 DOI:10.1002/9781119792079.ch15
6. Ishwar C. Dhingra Guidelines for Greening Building, Green Economy: Opportunities and Challenges 2021. pp. 251 - 758 DOI: 10.4324/9781003206729-12
7. Manoj K., Ashok K.S. Sanjav A., Pravesh T. Role of Spatial Design in Green Buildings-A Critical Review of Green Building Rating Systems IOP Conference Series Materials Science and Engineering. 2021. DOI:10.1088/1757- 899X/1116/012166
8. Md Faruque H. Green building complexes. Sustainable Development for Mass Urbanization. 2019. pp 291-315 DOI:10.1016 /B978-0-12-817690- 0.00012-9.
9. Osama E., Omar O: Elrawy Contextual Factors in Green Building Rating. The International Journal of Architectonic Spatial and Environmental Design. 2022 DOI:10.18848/2325-1662/CGP/v16i01/105-124
10. Semenjutina A.V., Melnik K.A. Semenjutina V.A. Assessment of Growth and Development of Representatives under the Conditions of Chestnut Soils. Ecological Engineering & Environmental Technology. 2022. Volume 23. Issue 1. pp. 19-24 DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/143136>

11. Sujatha R., Muthumari G., Kousalya G., Zanaithur R. Green building design, 2020. DOI:10.1201/978042919047636
12. Todd P. West Woody Plant Structure. Stress Physiology of Woody Plant. 2019. pp.1-14. DOI:10.1201/9780429190476-1
13. Usha I.R., Karishma K. Industry, Innovation and Infrastructure. 2021.pp. 403-414. DOI:10.1007/978-3-3-319-95873-6_20
14. Wen Z. Application of Green Building Design in Residential Buildings. Journal of Architectural Research and Development.2021. pp. 55-60 DOI:10.26689/jard.v5i6.2782.

Ретроспективный анализ интродукции *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco для прогноза эффективности её применения в Нижнем Поволжье

Александра Викторовна Семенютина

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией биоэкологии древесных растений
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
vnialmi@yandex.ru
 0000-0003-3250-6877

Дарья Владимировна Сапронова

аспирант, Нижневолжская станция по селекции древесных пород
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
pitomnik-vnialmi@mail.ru
 0000-0000-0000-0000

Поступила в редакцию 09.02.2022

Принята 11.03.2022

Опубликована 15.06.2022

 10.25726/j4449-9021-1960-y

Аннотация

На основе данных по биологическим и лесоводственным особенностям *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, дан прогноз перспективности таксономического разнообразия, как быстрорастущих декоративных долговечных древесных растений. Приведено таксономическое разнообразие голосеменных деревьев и кустарников семейств *Cupressaceae* (4 рода), *Pinaceae* (5 родов) в коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН. Идентифицировано три разновидности североамериканского вида лжетсуги Мензиса (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) – var. *viridis*, *glauca*, *caesia*, которые проходят интродукционное испытание с 1935 г. в условиях каштановых почв. Цель – провести анализ интродукционных испытаний *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco для прогноза эффективности её применения в Нижнем Поволжье. Дана сравнительная оценка хвойных интродуцентов по показателям роста. В 70-летнем возрасте высота разновидностей *P. menziesii* варьировала от 12,8 (диаметр 0,23 м) до 16,1 м (0,29 м) и превосходила по этому показателю *Pinus sylvestris*, *Picea pungens* и *Larix sibirica*. Анализ годовых приростов в условиях каштановых почв указывает на кульминацию роста в 7 лет, на погребенных каштановых – 9 лет. В других возрастных группах отмечены незначительные колебания приростов, что свидетельствует о засухоустойчивости вида. Выявлено преимущество *P. menziesii* var. *viridis* по показателям роста и состоянию (2,0-3,5 балла). С учетом выбранных элементов декоративности и длительности их воздействия и сезонной изменчивости аспектов разработаны пейзажные группы (декоративность 260-367) с участием *Pseudotsuga menziesii* для создания или реконструкции зеленых насаждений.

Ключевые слова

интродукция, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, разновидности, почвенно-климатические условия, кластеризация, дендроколлекции ФНЦ агроэкологии РАН.

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания (№ госрегистрации 121041200195-4), финансирование министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Введение

Род *Pseudotsuga* Carr. (семейство Pinaceae Lindl.) согласно современной систематике представлен 5 видами: *Pseudotsuga menziesii*, *P. macrocarpa* (Северная Америка), *P. brevifolia*, *P. forrestii*, *P. sinensis* (западный, юго-западный Китай, Япония) и разновидностями (Крекова, 2016; Торчик, 2013). В некоторых источниках приводятся другие сведения о количестве видов – от 4 (Шкутко, 1970) до 18 (Холявко, 1981), представители лесов умеренного пояса.

Pseudotsuga menziesii var. *viridis* естественно произрастает на западном побережье (от штатов Калифорния, Колорадо, Техаса, США до Британской Колумбии, Канада; рисунок 1). *P. menziesii* var. *glauca* – внутри континента (<https://upload>, 2021).

P. menziesii var. *caesia* растет к востоку от Каскадных гор, в основном в Британской Колумбии (Букштынов, 1981). Протяженность ареала с севера на юг 3800 км, а с запада на восток – 1800 км. В провинции Британская Колумбия *P. menziesii* поднимается до высоты 1000 м, в Каскадных горах – до 1600 м, в штате Калифорния – 2250 м (Аббарова, 2011).



Рисунок 1. Природный ареал *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco и ее разновидностей: а – *Pseudotsuga menziesii* var. *viridis*, б – *P. menziesii* var. *glauca* [29]

Средняя температура зимой колеблется от +3 до –8°C; в северной части ареала температура понижается до –22°C, иногда до –45°C. Климатические условия ареала *P. menziesii* var. *glaucia* и var. *caesia* более суровые (зимой до –34,4°C) (Аббарова, 2011).

Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco завезена из западной части Северной Америки в Европу в XIX века. В последнее столетие вид стал занимать важное место в лесовосстановлении. Он произрастает на 800 тыс. га, из них 50% во Франции, 25% в Германии (Eckhart, 2019). Широко культивируется на Британских островах, в Италии (Castaldi, 2020), Чехии (Vacek, 2021), Бельгии, Нидерландах, Норвегии, Дании, Хорватии (Perić, 2004) от гор Португалии до равнин Польши (Niemiński, 2021) и на востоке до Карпат (Дебринюк, 2021).

Из приведенного таксономического разнообразия наиболее распространенной вне естественного ареала является *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco и ее разновидности: зеленая (*P. menziesii* var. *viridis*), сизая (var. *glaucia*), серая (*caesia*) (Аббарова, 2011; Дебринюк, 2021; Feliksik, 2004; Vitali, 2018). *Pseudotsuga menziesii* var. *viridis* и *P. menziesii* var. *glaucia* имеют различия морфологических и биологических особенностей. *P. menziesii* var. *glaucia* с более мелкой хвоей и шишками, голубоватая окраска хвои. Уступает по величине габитуса, скорости роста.

За рубежом, в частности, в Европе получили развитие исследования, связанные с эффективным управлением лесными ресурсами через их адаптацию к изменениям климата и подбор оптимальных схем смешения.

Несмотря на положительные результаты интродукционного испытания, представители рода *Pseudotsuga* не получили должного распространения в искусственных насаждениях Нижнего Поволжья.

Цель – провести анализ интродукционных испытаний *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco для прогноза эффективности её применения в Нижнем Поволжье.

Материалы и методы исследования

Объектами исследований являлись интродуцированные растения *Pseudotsuga menziesii* (var. *viridis*, *glaucia*, *caesia*), которые произрастают в дендрологических объектах ФНЦ агроэкологии РАН и озеленительных насаждениях (Таблица 1, Рисунок 2).

Таксономическая представленность хвойных растений выявлена с применением каталогов, ведомственных материалов, маршрутного обследования с последующей систематической идентификацией по определителям, справочникам.

Таблица 1. Разновидности *Pseudotsuga menziesii*, интродуцированные в Волгоградской области

Название таксонов	Область естественного распространения	Получены семена	Год закладки
Нижневолжская станция по селекции древесных пород			
Лжетсуга Мензиса ф. зеленая <i>Pseudotsuga menziesii</i> var. <i>viridis</i>	Тихоокеанское побережье Северной Америки	США	1939
		г. Камышин	1962
Лжетсуга Мензиса ф. сизая <i>P. menziesii</i> var. <i>glaucia</i>	Северная Америка	Липецкая обл.	1937
		г. Камышин	1962
Лжетсуга Мензиса ф. серая <i>P. menziesii</i> var. <i>caesia</i>	Северная Америка	Липецкая обл.	1937
ФНЦ агроэкологии РАН			
Лжетсуга Мензиса ф. зеленая <i>P. menziesii</i> var. <i>viridis</i>	Северная Америка	г. Камышин	1966
Лжетсуга Мензиса ф. сизая <i>P. menziesii</i> var. <i>glaucia</i>	Северная Америка	г. Камышин	1966
озеленительные насаждения г. Камышин (ЗАГС, к-р «Победа»)			
Лжетсуга Мензиса ф. зеленая <i>P. menziesii</i> var. <i>viridis</i>	Северная Америка	г. Камышин	1966

Лжетсуга Мензиса ф. сизая <i>P. menziesii</i> var. <i>glauca</i>	Северная Америка	г. Камышин	1966
---	------------------	------------	------

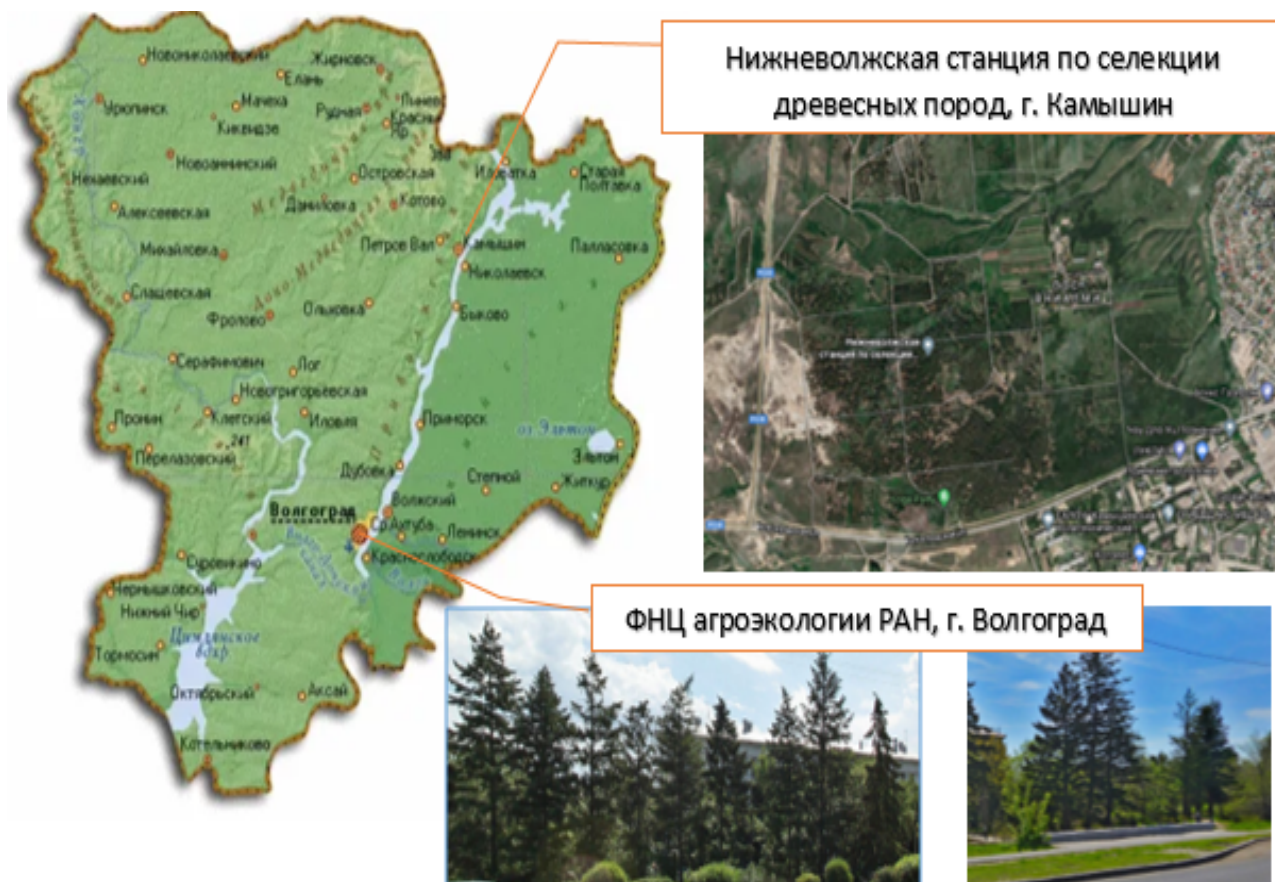


Рисунок 2. Локализация объектов исследований (кадастровые номера участков 34:34:000000:122, 34:34:060061:10; 34:36:000014:178)

Для прогноза перспективности интродуцента и проведена выборка и кластеризация почвенно-климатических условий разных географических пунктов интродукции в России изучаемого вида.

Применен информационный метод анализа современных исследований зарубежных и российских авторов (e-library, scopus.com) с учетом нормативных, отчетных и методических документов

Результаты и обсуждение

Многие исследователи рассматривают этот североамериканский вид в качестве устойчивой породы для лесов Центральной Европы, естественное восстановление которой зафиксировано с середины XX века (Frei, 2022; Schmid, 2014)

Сравнительные исследования, проведенные в Центральной Европе, показывают, что выращивание *P. menziesii* не оказывает отрицательного влияния на свойства почвы. Однако по сравнению с чистыми и смешанными насаждениями из *Quercus*, *Fagus* и *Abies*, насаждения с участием *P. menziesii* создают менее благоприятную среду обитания для видов животных и грибов, что выражается в меньшем количестве видов (Wohlgemuth, 2021).

Положительное мелиоративное влияние насаждений с участием *Pseudotsuga menziesii* показано в исследованиях Heilman P. (Heilman, 1983), Alfredsson H. et al. (Alfredsson, 1998), Klimenko O.E., Klimenko N.I. (Klimenko, 2021), Damszel M. Et al. (Damszel, 2021). Отмечается увеличение содержания и запаса азота, лучшие структурные свойства верхних горизонтов и снижение содержания карбонатов. Мак Комб, Грифитс (1946), Доминик (1963), Линнеман (1963), Райт (1958) установили тип микоризности, который оказывает влияние на приживаемость растений в непривычных для них условиях (Лобанов, 1971).

Введение *Pseudotsuga menziesii* в еловые леса по прогнозам Vitali V., Bauhus J., Forrester D.I. (Vitali, 2018) может положительно отразиться на производительности смешанно-хвойных насаждений в засушливые годы. Исследователями количественно оценили эффекты взаимодействия видов на рост во время экстремальной засухи (2003 г.) и в благоприятные годы. Выявлено, что в типичные по климатическим условиям годы рост годовичных колец эффект смешения видов незначителен. Однако, во время засухи реакция ели зависела от плотности и видового состава, показывая, как положительные, так и отрицательные эффекты от смешивания.

Исследования экологических последствий выращивания *P. menziesii* в Европе [25] показали, что в Европе она восстанавливается естественным образом, особенно на бедных участках (сухих, кислых), где она не уступает местным видам деревьев и может вызывать изменения видового состава. Однако экологические последствия *P. menziesii* незначительны по сравнению с другими интродуцентами (*Robinia pseudoacacia* L.) (Eckhart, 2019).

Некоторые авторы [Абрарова А.Р. и др., 2011] относят «...*Pseudotsuga menziesii* var. *viridis* к растениям со средней засухоустойчивостью, которая не растет на сухих и тяжелых глинистых почвах. Разновидность var. *caesia* ближе к var. *viridis*, но более морозоустойчива и менее восприимчива к дыму и газам...». Холявко В.С. (Холявко, 1981) отмечает *P. menziesii* var. *glauca* большую морозостойкость и газоустойчивость, чем *P. menziesii* var. *viridis*.

Исследованиями Dučić T., Leinemann L., Finkeldey R., Polle A. (Dučić, 2006) установлены различия разновидностей по метаболизму марганца. Общее поглощение марганца было в 3 раза выше у *P. menziesii* var. *glauca*, чем у *P. menziesii* var. *viridis*, который продемонстрировал более высокие показатели биомассы, соотношение побегов и корней. Характер распределения и высокая концентрация марганца в клетках коры и вакуолях корней *P. menziesii* var. *glauca* указывает на уязвимость разновидности к токсичности марганца.

За рубежом *P. menziesii* var. *viridis* нашла коммерческое применение в лесном хозяйстве за хорошие показатели роста в широком диапазоне условий местопроизрастания, высокое качество древесины и устойчивость к болезням и вредителям (Крекова, 2016; Торчик, 2013; Feliksik, 2004 и др.). *P. menziesii* var. *glauca*, как правило, не рекомендуется для Центральной Европы из-за более низких темпов роста и более высокой восприимчивости к вредителям (Bastien, 2013; Boyle, 1999).

В России *P. menziesii* var. *viridis* чаще встречается в коллекциях ботанических садов (49% от общего числа учреждений), расположенных в разных почвенно-климатических условиях (Абрарова, 2011; Каталог, 1999); разновидность var. *glauca* – в 15 географических пунктах (Архангельск, Воронеж, Калининград, Москва, Омск, Переславль, Саранск, Петрозаводск, Краснодар, Сочи, Ростов-на-Дону, Пятигорск, Санкт-Петербург).

Проведена выборка почвенно-климатических условий географических пунктов интродукции изучаемого вида и их кластеризация для оценки перспективности (Рисунки 3, 4).

Она показала широкий диапазон климатических параметров, в которых произрастает *P. menziesii*, что указывает на её экологическую пластичность. Абсолютная максимальная (+34 – +43°C) и минимальная (–13 до –52°C) температуры варьируют, сумма осадков в холодный (ноябрь-март) от 103 до 789 мм и теплый (апрель-октябрь) периоды от 213 до 828 мм.

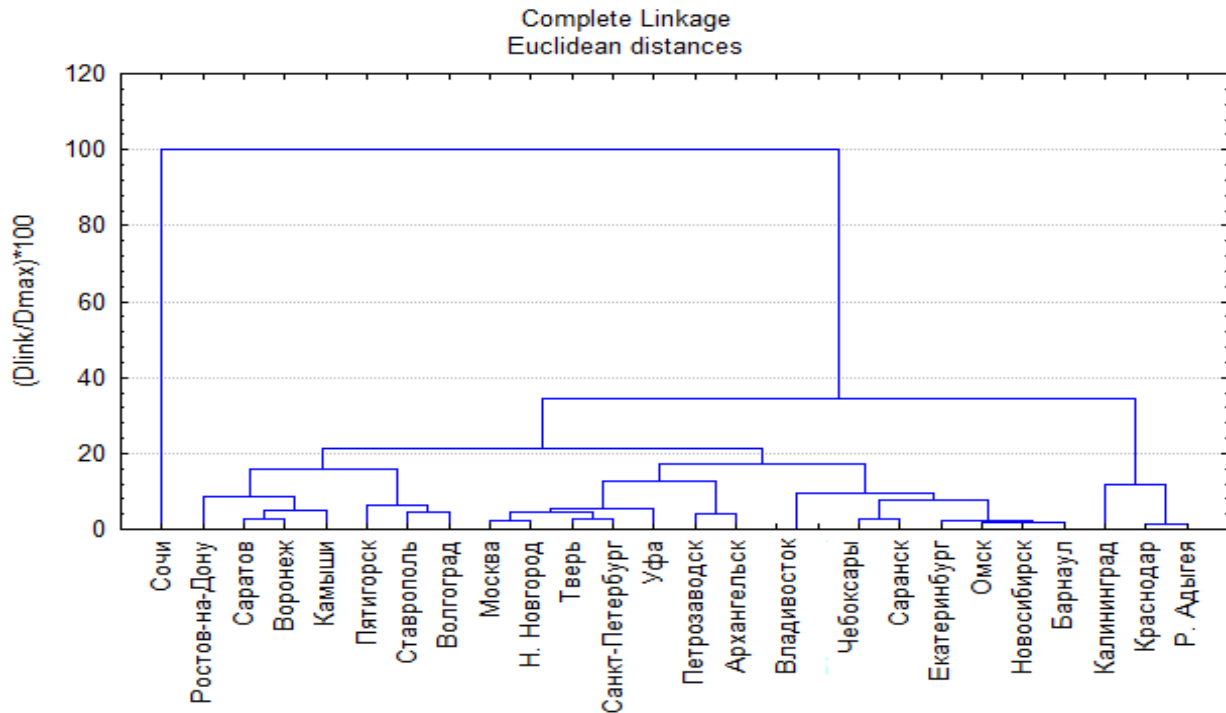
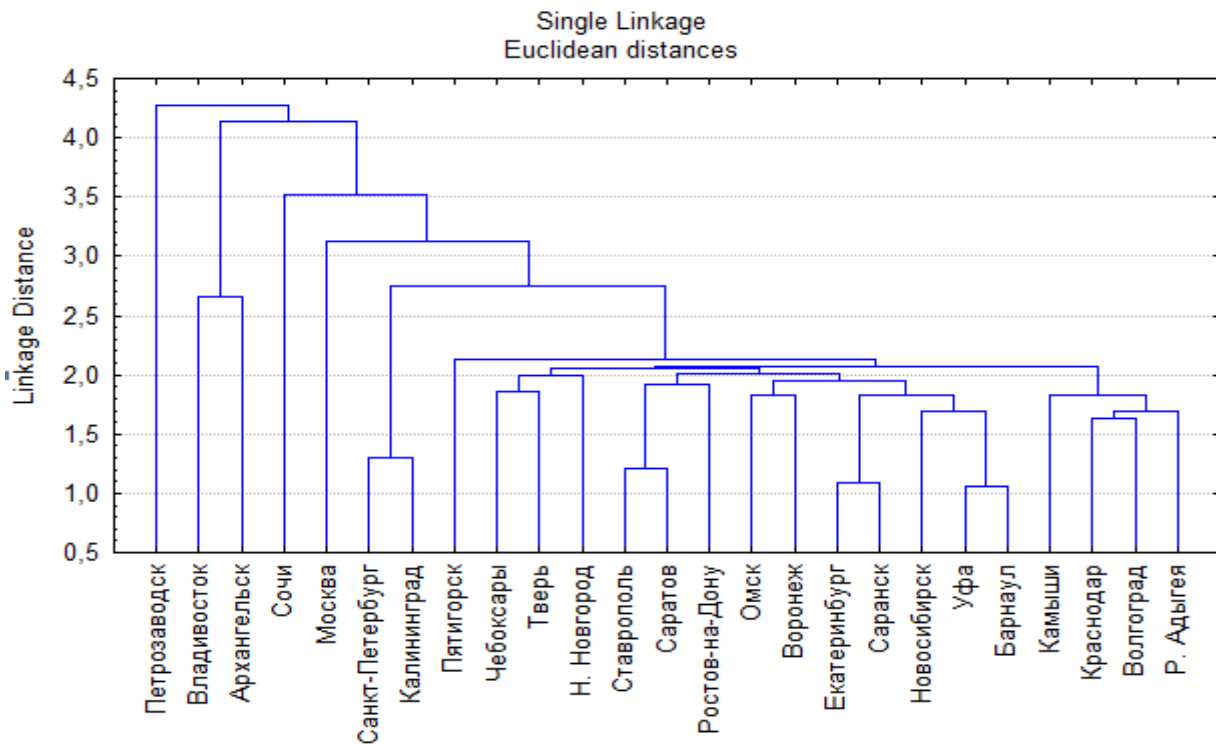
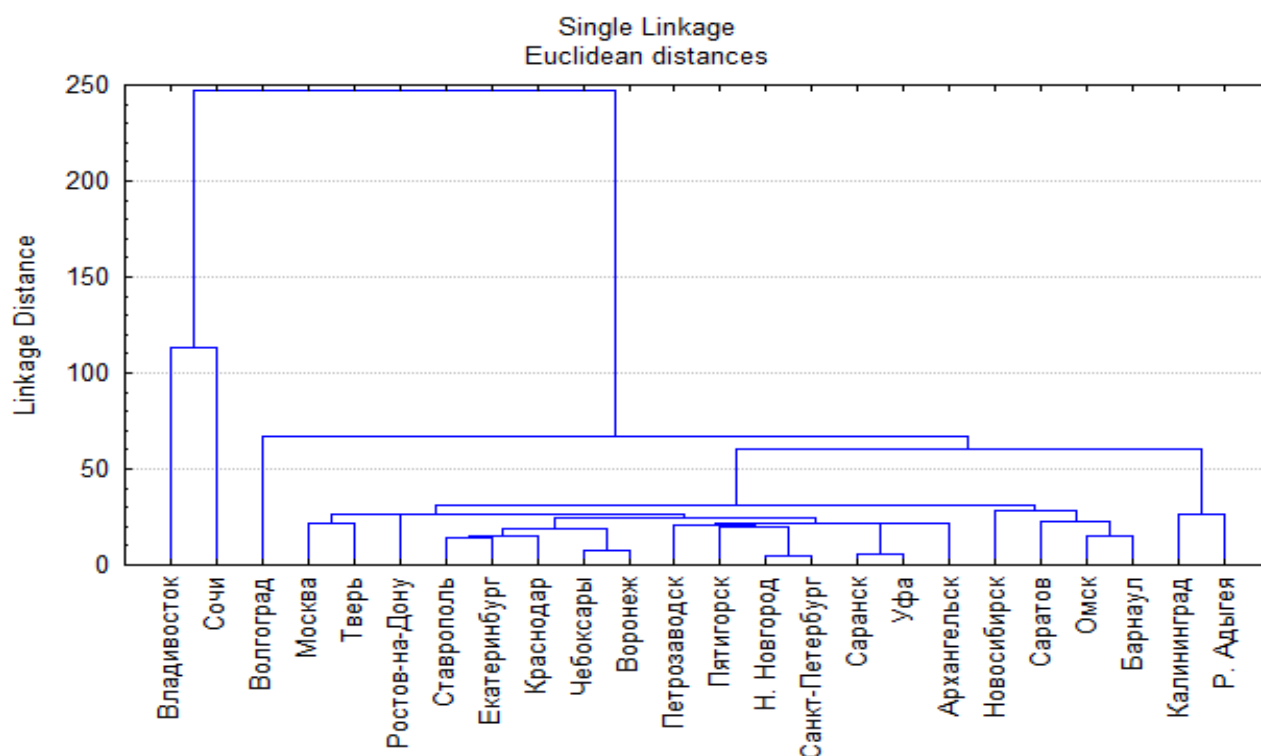


Рисунок 3. Кластеризация географических пунктов интродукции по выборке климатических параметров холодного периода



A



Б

Рисунок 4. Кластеризация географических пунктов интродукции по выборке климатических параметров теплого периода года (А – температурный режим, Б – осадки, влажность воздуха)

«...В средней полосе России, на выщелоченных черноземах и серых суглинках в возрасте 30 лет достигла средней высоты 10 (максимальной 14) м, средний диаметр 21 (макс. 32) см; в 50 лет – 15,6 и 16,3, 27,8 и 33,3 см. Запас древесины 820 м³/га. Начало плодоношения в 17-20 лет, из местных семян с 12 лет. Зафиксирован самосев...» (Гусева, 2010). Автор, на основе таксационных показателей *Pseudotsuga menziesii* в северной подзоне смешанных лесов, делает вывод о том, что лимитирующих факторов для произрастания нет «...среди климатических показателей отрицательное влияние на продуктивность оказывают осадки в зимний период и абсолютный минимум температур, положительное влияние оказывают осадки летних месяцев...» (Гусева, 2010).

Абрарова А. Р. (Абрарова, 2011) отмечает, что возобновление *P. menziesii* в условиях Башкирского Предуралья не уступает *Picea obovata* и превосходит *Abies sibirica* и составляет 50,1 тыс. шт./га. Беляевым А.Б. (Беляев, 2001) выделены экологические факторы для оптимального роста *Pseudotsuga menziesii* на уровне I-Ia класса бонитета (запас от 125 до 1160 м³/га в насаждениях разного возраста) при ее интродукции на территории европейской части стран СНГ.

Большой вклад в решение проблем по интродукции хвойных древесных растений (*Pinus*, *Piceae*, *Juniperus*, *Larix*) и дальнейшему их выращиванию, введению в насаждения засушливого региона внесли учёные ФНЦ агроэкологии РАН (ранее ВНИАЛМИ): Балашов П.К., Альбенский А.В., Шутилов В.А.; Зеленьяк А.К., Иозус А.П. и др.

Интродукционные работы в Волгоградской области начаты в 1913 году с выделением дендрологической школы на Камышинском питомнике. Весной в 1931 г. был заложен дендрарий под руководством Суса Н.И., а позднее Никитиным П.Л. Посадочный материал был получен из других опытных учреждений СССР, Западной Европы, США, Колумбии, расположенных в разных растительных зонах.

На основе обобщения исторических аспектов формирования дендроколлекций хвойных таксонов и вклада ученых ФНЦ агроэкологии РАН в решение вопросов подбора ассортимента древесных растений для целей защитного лесоразведения и озеленения выявлена динамика интродукционных работ (Таблица 2, Рисунки 5, 6).

Таблица 2. Представленность интродуцированных голосеменных деревьев и кустарников в коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН

Географические пункты интродукции	Кадастровые номера дендрологических участков ФНЦ агроэкологии РАН			
	34:34:000000:122, 34:34:060061:10 Волгоградская обл., г. Волгоград	34:36:000014:178 Волгоградская обл., г. Камышин	22:23:010003: 0014 Алтайский край, Кулундинский р-н, п Октябрьский	63:23:0908001: 0002 Самарская обл., Кинель- Черкасский р-н
Семейство	Род (количество таксонов)			
<i>Cupressaceae</i>	<i>Juniperus</i> (3), <i>Thuja</i> (5), <i>Biota</i> (1), <i>Platycladus</i> (1)	<i>Juniperus</i> (4), <i>Platycladus</i> (1), <i>Thuja</i> (2)	<i>Juniperus</i> (1)	<i>Juniperus</i> (2)
<i>Pinaceae</i>	<i>Picea</i> (4), <i>Larix</i> (2), <i>Pinus</i> (11), <i>Abies</i> (1), <i>Pseudotsuga</i> (3)	<i>Picea</i> (8), <i>Pseudotsuga</i> (2), <i>Larix</i> (3), <i>Pinus</i> (10), <i>Abies</i> (2)	<i>Picea</i> (3), <i>Larix</i> (1), <i>Pinus</i> (2)	<i>Picea</i> (2), <i>Larix</i> (3), <i>Pinus</i> (5)



A



Б

Рисунок 5. *Larix sibirica* в коллекциях Нижневолжской станции по селекции древесных пород (А)
и Поволжской АГЛОС

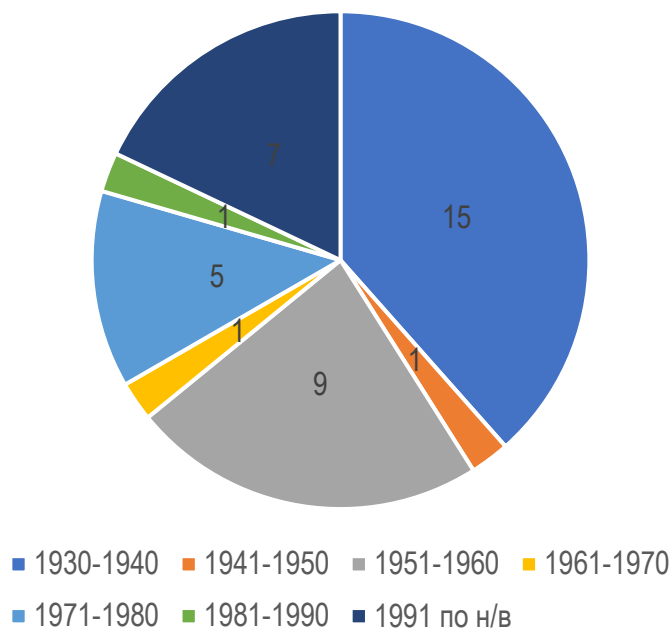


Рисунок 6. Динамика привлечения хвойных таксонов (шт.) в коллекции для интродукционного испытания

Хвойные таксоны нашли применение при лесомелиоративных работах по укреплению и облесению песков и размывов.

В 1903 году были созданы опытные культуры на прилегающей территории к питомнику. За период с 1903 по 1916 гг. создано 75 га сосновых культур. Участок подвержен сильной эрозии и дефляции.

Сосновый массив, созданный на погребенных песком каштановых почвах и на переветренных песках, при большой глубине залегания грунтовых вод находится в хорошем и удовлетворительном состоянии, пережив ряд засушливых лет (Рисунок 7). Имеется естественное возобновление.

Виды *Pinus (pallasiana, nigra, ponderosa, murrayana)*, *Larix sibirica*, *Pseudotsuga menziesii*, *Picea pungens*, *Juniperus virginiana* и *Thuja occidentalis* проявили как перспективные деревья и кустарники для защитного лесоразведения, озеленения (Рисунок 8).



Рисунок 7. Лесной массив *Pinus* с естественным возобновлением на песках (возраст 115 лет)



А



Б



В



Г



Д



Е



Ж



З

а – ель сибирская, б – ель сербская, в – сосна обыкновенная, г – сосна горная, д – кедр сибирский, е – лжетсуга Мензиса, ж – можжевельник казацкий, з – туя западная
Рисунок 8. Хвойные растения в коллекции Кулундинского дендрария

Первые опытные участки с растениями *P. menziesii* было созданы в 1935 году (Камышинский опорный пункт). Анализ годовичных приростов позволил установить, что в условиях каштановых почв кульминация роста была в 7 лет, на погребенных каштановых – 9 лет. Средний прирост больших колебаний не имел, что свидетельствует о засухоустойчивости вида.

Pseudotsuga menziesii, выращенная из семян лесостепной опытно-селекционной станции (Липецкая обл.) в возрасте 12 лет достигла высоты 2,5-4,0 м, при диаметре 2,5-4,5 см, годичный прирост в высоту 0,25-0,53 м; в 30-летнем возрасте – 7,0-8,5 м (при диаметре ствола 0,10-0,22 м, годичный прирост 0,18-0,45 м). В 70-летнем возрасте высота разновидностей варьировала от 12,8 (диаметр 0,23 м) до 16,1 м (0,29 м) и превосходила по этому показателю *Pinus sylvestris*, *Picea pungens* и *Larix sibirica*. Выявлено преимущество *P. menziesii* var. *viridis* по показателям роста и состоянию (таблица 3).

Таблица 3. Показатели роста и состояния хвойных таксонов

Название	Возраст, лет	Среднее значение по		Крона (проекция), м	Кол-во стволов, шт.	Категория состояния*, балл / выход электролитов
		высоте, м	диаметру, см			
Нижеволжская станция по селекции древесных пород (кад. №34:36:000014:178)						
var. viridis	76	15,3±0,10	44,0	8,4x7,5	1	3,2±0,15/ 1,15±0,01
	53	12,9±0,13	20,0	4,7x4,2	1	2,1±0,09/ 1,24±0,01
var. glauca	53	11,6±0,18	16,0	4,9x4,7	1	2,5±0,12/ 1,30±0,02
var. caesia	53	8,4±0,22	15,5	4,6x4,8	1	2,9±0,30/ 1,32±0,02
ФНЦ агроэкологии РАН (кад. № 34:34:000000:122, 34:34:060061:10)						
var. viridis	49	13,5±0,24	38,0	5,1x5,4	1	2,0±0,10/ 1,20±0,01
var. glauca	49	12,8±0,30	37,0	5,9x5,4	1	2,4±0,24/ 1,35±0,01
озеленительные насаждения (г. Камышин, ул. Ленина)						
var. viridis	49	13,2±0,23	24,0	4,0x4,2	1	3,5±0,40/ 1,30±0,02
var. glauca	49	11,8±0,15	22,0	4,5x4,5	1	3,8±0,31/ 1,33±0,01

*2 – ослабленное, снижение густоты кроны на 30%; 3 – сильно ослабленное, снижение густоты кроны на 60% за счет изреживания кроны, опадения хвои и др. причинам.

Исследования ростовых процессов показали длительность периода сезонного роста побегов (до 90 дней в возрасте 7-10 лет; 30-38 дней – в 30-50-летнем возрасте). Максимальные значения прироста зафиксированы в июне – июле, когда у большинства других видов рост уже закончен.

Сохранение габитуса *P. menziesii* (моноподиальный тип ветвления) свидетельствует о зимостойкости вида и об отсутствии повреждений побегов критическими зимними температурами (-37°C) в условиях каштановых почв. Методом электрометрии, по показателям относительного выхода электролитов, установлена засухоустойчивость изучаемых разновидностей, которая увеличивается с возрастом. Прогнозируемая долговечность в культурах региона – 70-90 лет.

Климатические условия региона оказывают влияние на рост и декоративность интродуцированных разновидностей. Установлены декоративные особенности *P. menziesii* и дана сравнительная оценка с лиственными деревьями. С учетом выбранных элементов декоративности и длительности их воздействия и сезонной изменчивости аспектов разработаны пейзажные группы с участием *Pseudotsuga menziesii* для создания или реконструкции зеленых насаждений (таблица 4).

Таблица 4. Пейзажные группы для создания зеленых насаждений

Типы	Схемы (декоративность)
Простой	ЗЛ, 5Л, 7Л, 9Л (212)
Усложненный 2-ярусный смешанный	ЗЛ-7Ск (295), ЗЛ-7Мж (308), ЗЛ-Ко (260)
Сложный 3-4 ярусный смешанный	ЗЛ5Кк7Мж (344), ЗЛ5Р7Сп (367), ЗЛ5Б7Сб (278)

Л – лжетсуга Мензиса, Ск – скумпия кожевенная, Ко – клен остролистный, Сп – спирея Вангутта, Мж – можжевельник обыкновенный, Р – рябина, Сб – снежнаягодник белый, Б – береза повислая, Кк – каштан конский

Для оценки санитарно-гигиенического эффекта применения вечнозеленого вида, установлена потенциальная пылезадерживающая способность хвои (0,18-0,23 г/м²). Из представленных разновидностей *P. menziesii* наиболее перспективной является var. *viridis*, перспективной – var. *glauca*, менее перспективной – var. *caesia*. Разновидность *P. menziesii* var. *viridis* рекомендуется для защитного лесоразведения и озеленения; var. *glauca*, *caesia* – для аллейных и групповых посадок в озеленении.

Заключение

На основе данных по биологическим и лесоводственным особенностям таксономического разнообразия дан прогноз о перспективности *Pseudotsuga menziesii* (Milb.) Franco, как быстрорастущего декоративного долговечного древесного растения в условиях учащения экстремальных явлений. Из-за своей потенциальной устойчивости к усиливающимся летним засухам была предложена в качестве устойчивой будущей породы деревьев для лесов Центральной Европы.

Приведено таксономическое разнообразие голосеменных деревьев и кустарников семейств *Cupressaceae* (4 рода), *Pinaceae* (5 родов) в коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН. Идентифицировано три разновидности североамериканского вида *Pseudotsuga menziesii* (Milb.) Franco – var. *viridis*, *glauca*, *caesia*, которые проходят интродукционное испытание с 1935 г. в условиях каштановых почв.

Дана сравнительная оценка хвойных интродуцентов по показателям роста. Анализ годовичных приростов в условиях каштановых почв указывает на кульминацию роста в 7 лет, на погребенных каштановых – 9 лет. В других возрастных группах отмечены незначительные колебания приростов, что свидетельствует о засухоустойчивости вида.

В 70-летнем возрасте высота разновидностей *P. menziesii* варьировала от 12,8 (диаметр 0,23 м) до 16,1 м (0,29 м) и превосходила по этому показателю *Pinus sylvestris*, *Picea pungens* и *Larix sibirica*. Выявлено преимущество *P. menziesii* var. *viridis* по показателям роста и состоянию (2,0-3,5 балла).

С учетом выбранных элементов декоративности и длительности их воздействия и сезонной изменчивости аспектов разработаны пейзажные группы (декоративность 260-367) с участием *Pseudotsuga menziesii* для создания или реконструкции зеленых насаждений. Из представленных разновидностей *Pseudotsuga menziesii* наиболее перспективной является var. *viridis*, перспективной – var. *glauca*, менее перспективной – var. *caesia*. Разновидность *P. menziesii* var. *viridis* рекомендуется для защитного лесоразведения (долговечность 70 лет) и озеленения; var. *glauca*, *caesia* – для аллейных (декоративность 212) и групповых посадок в озеленении (декоративная долговечность до 90 лет). Для повышения круглогодичного санитарно-гигиенического и декоративного эффекта зеленых насаждений рекомендуется введение хвойных древесных растений, имеющих пылезадерживающую способность хвои (0,18-0,23 г/м²).

Список литературы

1. Абрарова, А.Р. Вафин, Р.В., Путенихин В.П. Псевдотсуга мензиса в Башкирском Предуралье: биологические и лесоводственные особенности: монография. Уфа: Гилем, 2011. 188 с.
2. Беляев, А.Б. Экологические факторы оптимального роста лжетсуги Мензиса при ее интродукции в новые условия местообитания // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2001. №2. С. 101-105.

3. Букштынов, А.Д., Грошев, Б.И., Крылов Г.В. Леса (Природа мира). М.: Мысль, 1981. 316 с.
4. Гусева, Н.Ю. Интродукция лжетсуги Мензиса в северной подзоне смешанных лесов. Вестник Московского государственного университета леса // Лесной вестник. 2010. №3. С. 126-131.
5. Дебринюк, Ю.М. Перспективы использования *Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco в плантационных лесных насаждениях западного региона Украины. Лесное хозяйство: Материалы докладов 85-й научно-технической конференции. Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2021. С. 165-168.
6. Каталог культивируемых древесных растений России / В.А. Аксенова [и др.]. Сочи-Петрозаводск, 1999. 174 с.
7. Крекова, Я.А., Залесов, С.В. Лжетсуга (*Pseudotsuga Carr.*) в коллекционных насаждениях северного Казахстана. Леса России и хозяйство в них. 2016. №3(58). С. 47-52.
8. Лобанов Н.В. Микотрофность древесных растений. М.: Лесная промышленность, 1971. 216 с.
9. Торчик, В.И., Холопук, Г.А. Интродукция псевдотсуги мензиса (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) в условиях Беларуси. Минск: Республиканское унитарное предприятие "Издательский дом "Белорусская наука", 2013. 119 с.
10. Холявко, В.С. Лесные быстрорастущие экзоты. М.: Лесная промышленность, 1981. 224 с.
11. Шкутко, Н.В. Хвойные экзоты Белоруссии и их хозяйственное значение. Минск: Наука и техника, 1970. 272 с.
12. Alfredsson, H., Condron L.M., Clarholm, M., Davis M.R. Changes in soil acidity and organic matter following the establishment of conifers on former grassland in New Zealand. *Forest Ecology and Management*. 1998. T. 112. №3. С. 245-252.
13. Bastien, J. C., Sanchez L., Michaud D. Douglas-Fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). *Forest tree breeding in Europe*. Springer, Dordrecht, 2013. С. 325-369.
14. Boyle, J.R. et al. (ed.). *Planted forests: contributions to the quest for sustainable societies*. Springer Science & Business Media, 1999. T. 56.
15. Castaldi, C. Marchi, M., Corona, P., Vacchiano G. Douglas-fir climate sensitivity at two contrasting sites along the southern limit of the european planting range. *Journal of Forestry Research*. 2020. T. 31. №6. С. 2193-2204. DOI: 10.1007/s11676-019-01041-5.
16. Damszel, M., Szmidla, H., Sikora, K., Młodzinska, A., Pietka, S., Sierota Z. Mycobiota of fine roots of *Pseudotsuga menziesii* introduced to the native forest environment. *Forest*. 2021. Vol. 2(12). DOI 10.3390/f12121766.
17. Dučić, T. Uptake and translocation of manganese in seedling of two varieties of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *viridis* and *glauca*). *New Phytologist*. 2006. Vol. 170(1). Pp. 11-20. DOI 10.1111/j.1469-8137.2006.01666.x.
18. Eckhart, T., Potzelsberger, E., Koeck, R., Thom, D., Lair, G. J., Loo, M., Hasenauer, H. Forest stand productivity derived from site conditions: an assessment of old Douglas-fir stands (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco var. *menziesii*) in Central Europe. *Annals of Forest Science*. 2019. T. 76. P. 19. DOI 10.1007/s13595-019-0805-3.
19. Feliksik, E., Wilczynski S. Dendroclimatological regions of douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* Franco) in Western Poland. *European Journal of Forest Research*. 2004. T. 123. №1. С. 39-43. DOI: 10.1007/s10342-004-0017-7.
20. Frei, E.R., Moser, B., Wohlgemuth T. Competitive ability of natural Douglas fir regeneration in central European close-to-nature forests. *Forest Ecology and Management*. 2022. Vol. 503. DOI 10.1016/j.foreco.2021.119767.
21. Heilman, P. Effect of surface treatment and interplanting of shrub alder on growth of Douglas-vir on coal spoils. *Journal of Environmental Quality*. 1983. Vol. 12(1). Pp. 109-113.
22. Klimenko, O.E., Klimenko, N.I. Changes in the Properties of Crimean Haplic Chernozems under the Impact of Forest Plantations. *Eurasian Soil Science*. 2021. T.54. Vol. 5. Pp. 750-762 DOI 10.1134/S1064229321050124.

23. Niemczyk, M., Chmura, D.J., Socha, J., Wojda, T., Mroczek, P., Gil, W., Thomas B.R. How geographic and climatic factors affect the adaptation of Douglas-fir provenances to the temperate continental climate zone in Europe. *European Journal of Forest Research*. 2021. T. 140. Vol. 6. Pp. 1341-1361. DOI 10.1007/s10342-021-01398-5.
24. Perić, S. Growth of six coniferous species in different bioclimates in Croatia. *Ekologia Bratislava*. 2004. Vol. 23(1). Pp. 86-98.
25. Schmid, Pautasso, M. M., Holdenrieder, O. Ecological consequences of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) cultivation in Europe. *European Journal of Forest Research*. 2014. T. 133. №. 1. C. 13-29.
26. Vacek, Z., Cukor, J., Vacek, S., Linda, R., Prokúpková, A., Podrázský, V., Gallo, J., Vacek, O., Šimůnek, V., Drábek, O., Hájek, V., Spasić M. Production potential, biodiversity and soil properties of forest reclamations: Opportunities or risk of introduced coniferous tree species under climate change? *European Journal of Forest Research*. 2021. T. 140(5). PP. 1243-1266. DOI 10.1007/s10342-021-01392-x.
27. Vitali, V., Bauhus, J., Forrester D.I. Know your neighbours: drought response of norway spruce, silver fir and douglas fir in mixed forests depends on species identity and diversity of tree neighbourhoods. *Ecosystems*. 2018. T. 21. №6. C. 1215-1229. DOI: 10.1007/s10021-017-0214-0.
28. Wohlgemuth, T., Moser, B., Rigling, A., Gossner, M.M., Pötzelsberger E. About the invasiveness of douglas-fir and its impact on soil and biodiversity. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*. 2021. T. 172. №2. C. 118-127. DOI: 10.3188/szf.2021.0118.
29. https://upload.wikimedia.org/Wikipedia/commons/8/85/Pseudotsuga_menziesii_levila.png.
Дата обращения 14.08.2021.

Retrospective analysis of the introduction of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco to predict the effectiveness of its use in the Lower Volga region

Alexandra V. Semenyutina

doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Head of the Laboratory of Bioecology of Woody Plants
Federal Research Center of Agroecology, Complex Melioration, and Forest Reclamations of the Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russia
vnialmi@yandex.ru
 0000-0003-3250-6877

Daria V. Saprionova

postgraduate Student, Nizhnevolzhskaya Station for Tree Breeding
Federal Research Center of Agroecology, Complex Melioration, and Forest Reclamations of the Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russia
pitomnik-vnialmi@mail.ru
 0000-0000-0000-0000

Received 09.02.2022

Accepted 11.03.2022

Published 15.06.2022

 10.25726/j4449-9021-1960-y

Abstract

On the basis of data on biological and silvicultural features of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, a forecast is made of the prospects of taxonomic diversity as fast-growing ornamental long-lived woody plants. The taxonomic diversity of gymnosperms of the families Cupressaceae (4 genera) and Pinaceae (5 genera) in the collections of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences is presented. Three varieties of the North American species of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco – var. *viridis*, *glauca*, *caesia*, which have been undergoing introduction tests since 1935 in chestnut soils. Purpose - to analyze the introduction tests of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco to predict the effectiveness of its use in the Lower Volga region. A comparative assessment of coniferous introducers in terms of growth rates is given. At the age of 70, the height of *P. menziesii* varieties varied from 12,8 (diameter 0,23 m) to 16,1 m (0,29 m) and surpassed *Pinus sylvestris*, *Picea pungens* and *Larix sibirica* in this indicator. An analysis of annual increments under conditions of chestnut soils indicates a culmination of growth at 7 years, on buried chestnut soils – 9 years. In other age groups, slight fluctuations in growth were noted, which indicates the drought resistance of the species. The advantage of *P. menziesii* var. *viridis* in terms of growth and condition (2,0-3,5 points). Taking into account the selected decorative elements and the duration of their impact and seasonal variability of aspects, landscape groups (decorativeness 260-367) with the participation of *Pseudotsuga menziesii* were developed to create or reconstruct green spaces.

Keywords

introduction, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, varieties, soil and climatic conditions, clustering, dendro collections of the Federal Scientific Center of Agroecology RAS.

The research was carried out within the framework of the state assignment (state registration number 121041200195-4), financed by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

References

1. Abrarova, A.R. Vafin, R.V., Putenihin V.P. Psevdotsuga menzisa v Bashkirskom Predural'e: biologicheskie i lesovodstvennye osobennosti: monografiya. Ufa: Gilem, 2011. 188 s.
2. Beljaev, A.B. Jekologicheskie faktory optimal'nogo rosta Lzhetsugi Menzisa pri ee introdukcii v novye uslovija mestoobitanija // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Himija. Biologija. Farmacija. 2001. №2. S. 101-105.
3. Bukshtynov, A.D., Groshev, B.I., Krylov G.V. Lesa (Priroda mira). M.: Mysl', 1981. 316 s.
4. Guseva, N.Ju. Introdukcija Lzhetsugi Menzisa v severnoj podzone smeshannyh lesov. Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa // Lesnoj vestnik. 2010. №3. S. 126-131.
5. Debrinjuk, Ju.M. Perspektivy ispol'zovanija Pseudotsuga menziesii Mirb. Franco v plantacionnyh lesnyh nasazhdenijah zapadnogo regiona Ukrainy. Lesnoe hozjajstvo: Materialy dokladov 85-j nauchno-tehnicheskoy konferencii. Minsk: Belorusskij gosudarstvennyj tehnologicheskij universitet, 2021. S. 165-168.
6. Katalog kul'tiviruemyh drevesnyh rastenij Rossii / V.A. Aksenova [i dr.]. Sochi-Petrozavodsk, 1999. 174 s.
7. Krekova, Ja.A., Zalesov, S.V. Lzhetsuga (Pseudotsuga Carr.) v kollekcionnyh nasazhdenijah severnogo Kazahstana. Lesa Rossii i hozjajstvo v nih. 2016. №3(58). S. 47-52.
8. Lobanov N.V. Mikotrofnost' drevesnyh rastenij. M.: Lesnaja promyshlennost', 1971. 216 s.
9. Torchik, V.I., Holopuk, G.A. Introdukcija psevdotsugi menzisa (Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco) v uslovijah Belarusi. Minsk: Belorusskaja nauka, 2013. 119 s.
10. Holjavko, V.S. Lesnye bystrorastushhie jekzoty. M.: Lesnaja promyshlennost', 1981. 224 s.
11. Shkutko, N.V. Hvojnye jekzoty Belorussii i ih hozjajstvennoe znachenie. Minsk: Nauka i tehnika, 1970. 272 s.

12. Alfredsson, H., Condron L.M., Clarholm, M., Davis M.R. Changes in soil acidity and organic matter following the establishment of conifers on former grassland in New Zealand. *Forest Ecology and Management*. 1998. T. 112. №3. S. 245-252.
13. Bastien, J. C., Sanchez L., Michaud D. Douglas-Fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). *Forest tree breeding in Europe*. Springer, Dordrecht, 2013. S. 325-369.
14. Boyle, J.R. et al. (ed.). *Planted forests: contributions to the quest for sustainable societies*. Springer Science & Business Media, 1999. T. 56.
15. Castaldi, C. Marchi, M., Corona, P., Vacchiano G. Douglas-fir climate sensitivity at two contrasting sites along the southern limit of the european planting range. *Journal of Forestry Research*. 2020. T. 31. №6. S. 2193-2204. DOI: 10.1007/s11676-019-01041-5.
16. Damszel, M., Szmidla, H., Sikora, K., Mlodzinska, A., Pietka, S., Sierota Z. Mycobiota of fine roots of *Pseudotsuga menziesii* introduced to the native forest environment. *Forest*. 2021. Vol. 2(12). DOI 10.3390/f12121766.
17. Dučić, T. Uptake and translocation of manganese in seedling of two varieties of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *viridis* and *glauca*). *New Phytologist*. 2006. Vol. 170(1). Pp. 11-20. DOI 10.1111/j.1469-8137.2006.01666.x.
18. Eckhart, T., Potzelsberger, E., Koeck, R., Thom, D., Lair, G. J., Loo, M., Hasenauer, H. Forest stand productivity derived from site conditions: an assessment of old Douglas-fir stands (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco var. *menziesii*) in Central Europe. *Annals of Forest Science*. 2019. T. 76. P. 19.
19. Feliksik, E., Wilczynski S. Dendroclimatological regions of douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* Franco) in Western Poland. *European Journal of Forest Research*. 2004. T. 123. №1. S. 39-43. DOI: 10.1007/s10342-004-0017-7.
20. Frei, E.R., Moser, B., Wohlgemuth T. Competitive ability of natural Douglas fir regeneration in central European close-to-nature forests. *Forest Ecology and Management*. 2022. Vol. 503. DOI 10.1016/j.foreco.2021.119767.
21. Heilman, P. Effect of surface treatment and interplanting of shrub alder on growth of Douglas-vir on coal spoils. *Journal of Environmental Quality*. 1983. Vol. 12(1). Pp. 109-113.
22. Klimenko, O.E., Klimenko, N.I. Changes in the Properties of Crimean Haplic Chernozems under the Impact of Forest Plantations. *Eurasian Soil Science*. 2021. T.54. Vol. 5. Pp. 750-762 DOI 10.1134/S1064229321050124.
23. Niemczyk, M., Chmura, D.J., Socha, J., Wojda, T., Mroczek, P., Gil, W., Thomas B.R. How geographic and climatic factors affect the adaptation of Douglas-fir provenances to the temperate continental climate zone in Europe. *European Journal of Forest Research*. 2021. T. 140. Vol. 6. Pp. 1341-1361. DOI 10.1007/s10342-021-01398-5.
24. Perić, S. Growth of six coniferous species in different bioclimates in Croatia. *Ekologia Bratislava*. 2004. Vol. 23(1). Pp. 86-98.
25. Schmid, Pautasso, M. M., Holdenrieder, O. Ecological consequences of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) cultivation in Europe. *European Journal of Forest Research*. 2014. T. 133. №. 1. S. 13-29.
26. Vacek, Z., Cukor, J., Vacek, S., Linda, R., Prokúpková, A., Podrázský, V., Gallo, J., Vacek, O., Šimůnek, V., Drábek, O., Hájek, V., Spasić M. Production potential, biodiversity and soil properties of forest reclamations: Opportunities or risk of introduced coniferous tree species under climate change? *European Journal of Forest Research*. 2021. T. 140(5). PP. 1243-1266. DOI 10.1007/s10342-021-01392-x.
27. Vitali, V., Bauhus, J., Forrester D.I. Know your neighbours: drought response of norway spruce, silver fir and douglas fir in mixed forests depends on species identity and diversity of tree neighbourhoods. *Ecosystems*. 2018. T. 21. №6. S. 1215-1229. DOI: 10.1007/s10021-017-0214-0.
28. Wohlgemuth, T., Moser, B., Rigling, A., Gossner, M.M., Pötzelsberger E. About the invasiveness of douglas-fir and its impact on soil and biodiversity. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*. 2021. T. 172. №2. S. 118-127. DOI: 10.3188/szf.2021.0118.
29. https://upload.wikimedia.org/Wikipedia/commons/8/85/Pseudotsuga_menziesii_levila.png.

Мониторинг пространственного распределения можжевельника казацкого в Волгоградской области

Виктория Алексеевна Семенютина

кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биоэкологии древесных растений
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
VSem89@mail.ru
 0000-0002-7345-2740

Максим Вячеславович Цой

аспирант, младший научный сотрудник
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
tsoy-m@vfanc.ru
 0000-0003-2139-7919

Поступила в редакцию 18.02.2022

Принята 04.03.2022

Опубликована 15.06.2022

 10.25726/e2173-5448-8466-e

Аннотация

Распространение видов и популяций живых организмов, в большей мере формируется под воздействием лимитирующих факторов среды и экологическими потребностями. Важным диагностическим показателем состояния популяций является динамика изменения пространственного распределения, которая может отразить как состояние популяций, так и факторы, повлиявшие на формирование зон распространения. Целью исследования являлось проведение мониторинга пространственного распределения можжевельника казацкого в Волгоградской области с использованием ГИС-технологий. Исследованы природные популяции можжевельника казацкого (*Juniperus sabina* L.) семейства Кипарисовых (Cupressaceae) пространственное распределение на основе данных космических снимков. Процесс детерминации (выделение контуров пространственного распределения можжевельника казацкого на космоснимках) проводился алгоритмом выделения по цвету «Цветовой диапазон» в программе «Adobe Photoshop», в качестве апробации методики за основу были взяты снимки 11 модельных участков (5 на песчаных и 6 на меловых почвах). В результате проведенного мониторинга пространственного распределения можжевельника казацкого в Волгоградской области были выделены три крупных популяций: на меловых почвах в окрестностях х. Мелоклетский и х. Камышинский, на высоте 50-200 метров; в окрестностях поселков Михайловка, Госконюшня на высоте 50-100 метров; на песчаных в центральной части Арчединско-Донских песков в непосредственной близости от хуторов: Чернополянский, Выезднинский, Шляховский, Школьный на высоте 50-100 метров над уровнем моря. Процесс детерминации можжевельника казацкого на космоснимках разных лет выявил следующие закономерности: негативная динамика пространственного распределения популяций можжевельника казацкого отмечена на модельных участках Арчединско-Донских песков до 39,46% уменьшения территорий, до 36% на меловых почвах. В ходе полученного опыта использования инструмента «Цветовой диапазон» для детерминации популяций можжевельника казацкого на космоснимках, была определена перспективность использования в будущих исследованиях нейронных сетей с интеграцией алгоритма выделения по цвету, что теоретически может нивелировать недостатки

апробированной методики. Дальнейшие исследования в данном направлении позволят более точно определить общую площадь и состояние популяций можжевельника казацкого в Волгоградской области.

Ключевые слова

Juniperus sabina, ГИС-технологии, площадь популяций, природные популяции, цветовой диапазон, мониторинг, пространственное распределение.

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания №0508-2021-0001 «Научные основы и технологии обогащения дендрофлоры лесомелиоративных комплексов хозяйственно ценными древесными и кустарниковыми растениями в целях предотвращения деградации и опустынивания территорий» (Регистрационный номер: 121041200197-8); финансирование Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Введение

Можжевельник казацкий (*Juniperus sabina* L.) – краснокнижный стелющийся хвойный кустарник. Широко распространен в Европе, на Кавказе, Южном Урале, в степной зоне Сибири и Казахстана, в Западных Саянах, в горах Северной Монголии, в Средней Азии. Высотные пределы его распространения до 2100 м над уровнем моря. Предпочитает, хорошо дренированные почвы в горах и равнинах: песках и меловых отложениях, известняках, по каменистым склонам гор. В Волгоградской области можно выделить 3 крупные популяции можжевельника казацкого: первая популяция, самая крупная в регионе находится на Арчединско-Донском песчаном массиве, вторая популяция на меловых склонах правобережья р. Дон в окрестностях х. Мелоклетский и в центральной части Большой излучины Дона вблизи х. Камышинский, третья популяция, на меловых склонах правобережья р. Иловля в окрестностях с. Михайловка и с. Госконюшня (Hazujska-Przybył, 2019; Kadochnikov, 2019; Kounadi, 2018; Karavitis, 2014; Le Saout, 2013; Mazur, 2021; Mazur, 2021).

В результате предварительного этапа исследования, проведения поисков актуальных данных пространственного распределения можжевельника казацкого, в Волгоградской области было определено местоположение Клетской популяции можжевельника согласно нормативно-правовому акту (Постановление Главы Администрации Волгоградской области от 25.08.2009 №993 "Об объявлении территорий в границах Дубовского, Клетского, Старополтавского, Суворовинского муниципальных районов Волгоградской области памятниками природы регионального значения"). Расположение Арчединско-Донской популяции на правобережье р. Иловли, было определено согласно Красной Книги Волгоградской области (Веденеев, 2006).

Juniperus sabina является единственным хвойным растением естественно произрастающим в условиях сухостепной зоны Волгоградской области, имеющий природно-охранный статус. Однако актуальные данные общей площади популяций и границы ареала отсутствуют, а исследования в данной области за последние 10 лет не проводились. В связи со сложившейся ситуацией перед нами была задача разработать методику подсчёта размеров ареала популяций можжевельника казацкого в Волгоградской области, а также проследить изменения в динамике (Веденеев, 2006; SRTM, 2022; Sillett, 2021).

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являлся можжевельник казацкий (*Juniperus sabina* L.) представитель семейства Кипарисовых (Cupressaceae), естественно произрастающий в центральной части Волгоградской области, а также искусственно культивируется в коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН (рисунок 1, 2).



Рисунок 1. Можжевельник казацкий в питомнике ФНЦ агроэкологии РАН



Рисунок 2. Можжевельник казацкий на меловых склонах правобережья р. Иловли (снимок Google Earth PRO)

Геоинформационный анализ, обработка и картографирование проводились в программах «QGIS 3.18.1», «Google Earth PRO». Для получения данных высотного положения популяций использованы векторные слои рельефа с сайта «<https://srtm.csi.cgiar.org/srtmdata/>», для определения пространственного распространения можжевельника казацкого на карту были нанесены геоточки согласно координатам открытой базы данных глобального биоразнообразия (Афонин, 2018; Global, 2022; SRTM, 2022). Проверка актуальности данных по распространению можжевельника казацкого, согласно выгруженным координатам, проводилась визуальными наблюдениями с помощью программы «Google Earth PRO» обзором с высоты 1,5-2 км. Исторические космоснимки произрастания можжевельника казацкого в разных биотопах были получены с помощью программы «Google Earth PRO».

Для получения более точных данных, площадь ареала определяли методом подсчёта пикселей на основе осенне-зимних снимков в программе «Adobe Photoshop» встроенным инструментом «Выделение -> Цветовой диапазон». Так как осенью и зимой вегетируют только хвойные растения соответственно, зная отличительные дешифровочные признаки можжевельника казацкого и сосны

обыкновенной (искусственные защитные насаждения), нам удалось выделить нужные контуры (рисунок 3, 4).

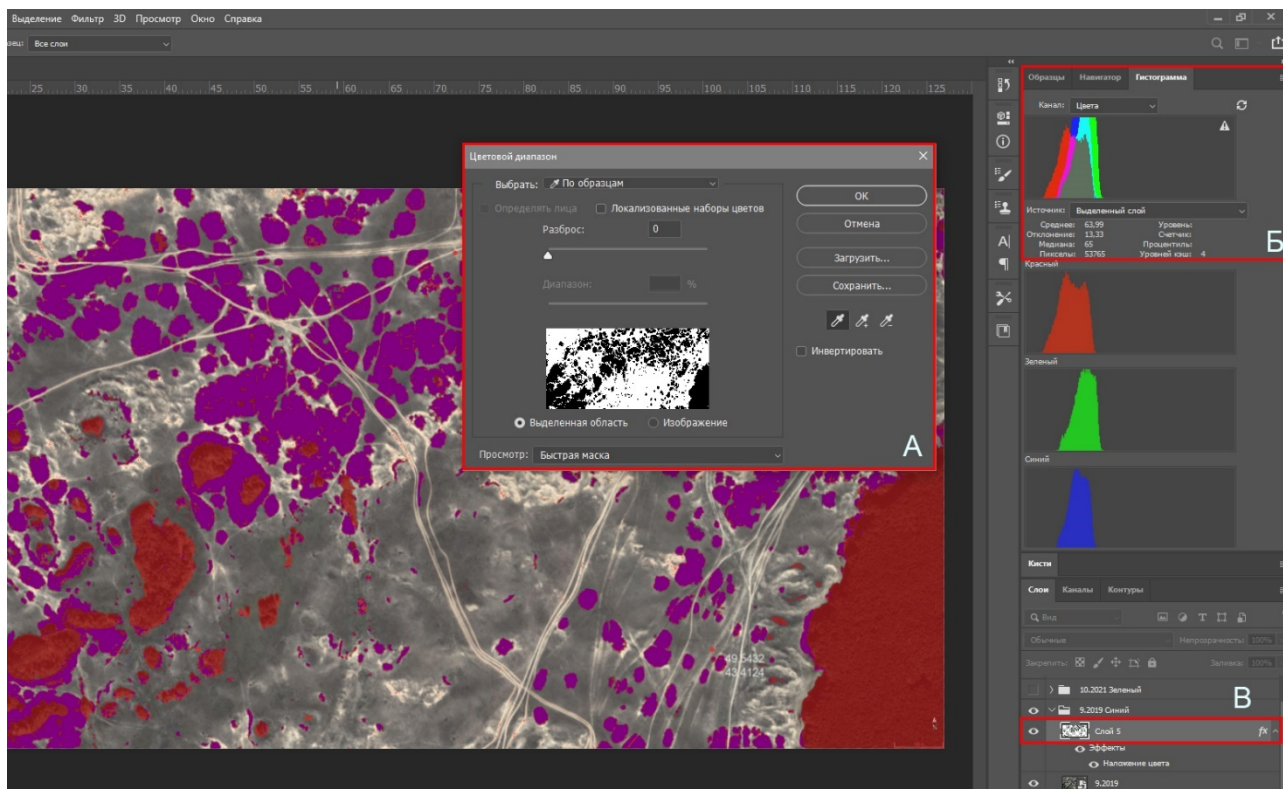


Рисунок 3. Процесс выделения можжевельника казацкого на космоснимке (А – Инструмент «Цветовой диапазон»; Б – Гистограмма, выбрав источником «Выделенный слой» выводятся подробные данные о растровом слое в том числе количество закрасенных пикселей, В – Слой с текстурой можжевельника казацкого без фона (почва, растения и прочие объекты несоответствующей выбранной цветовой палитре))

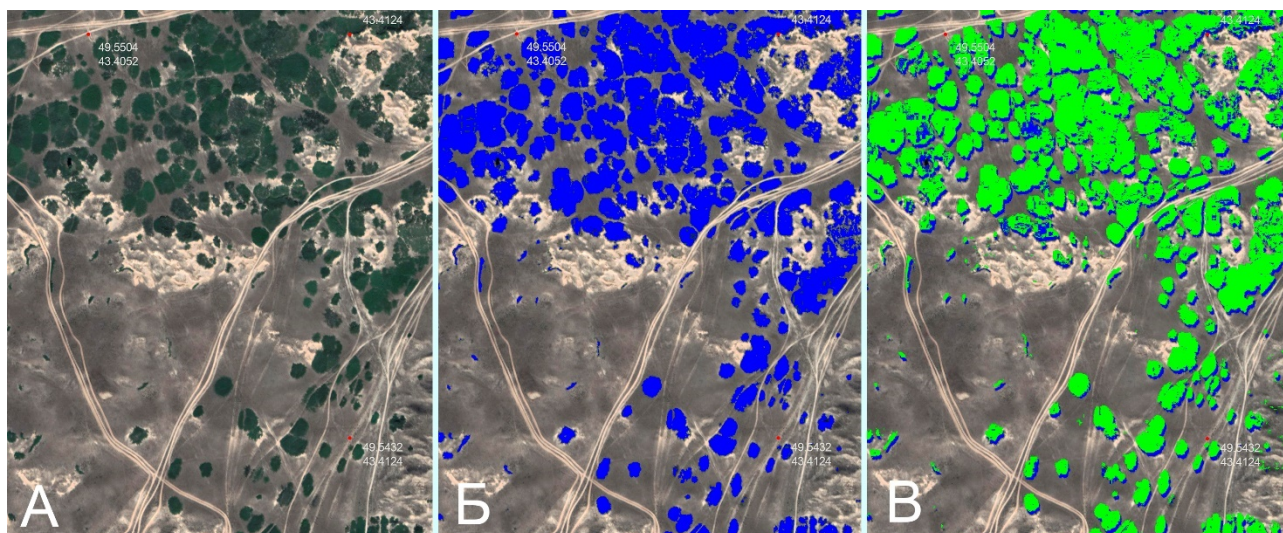


Рисунок 4. Наложение выделенных слоев можжевельника казацкого (А – космоснимок Арчединско-донских песков; Б – выделение можжевельника казацкого при помощи «Цветового диапазона» и закрашивание цветом для наглядности; В – наложение слоя-контура можжевельника казацкого последующего года)

Вычисляли площадь проекции на основе пикселей по формуле: $S = \frac{N}{n^2}$,

где (N) – общее число пикселей в слое, (n) – количество пикселей в 1-м погонном метре.

Для определения (n) необходимо было посчитать количество пикселей в масштабной линейке на космоснимке «Google Earth PRO» (рисунок 5).

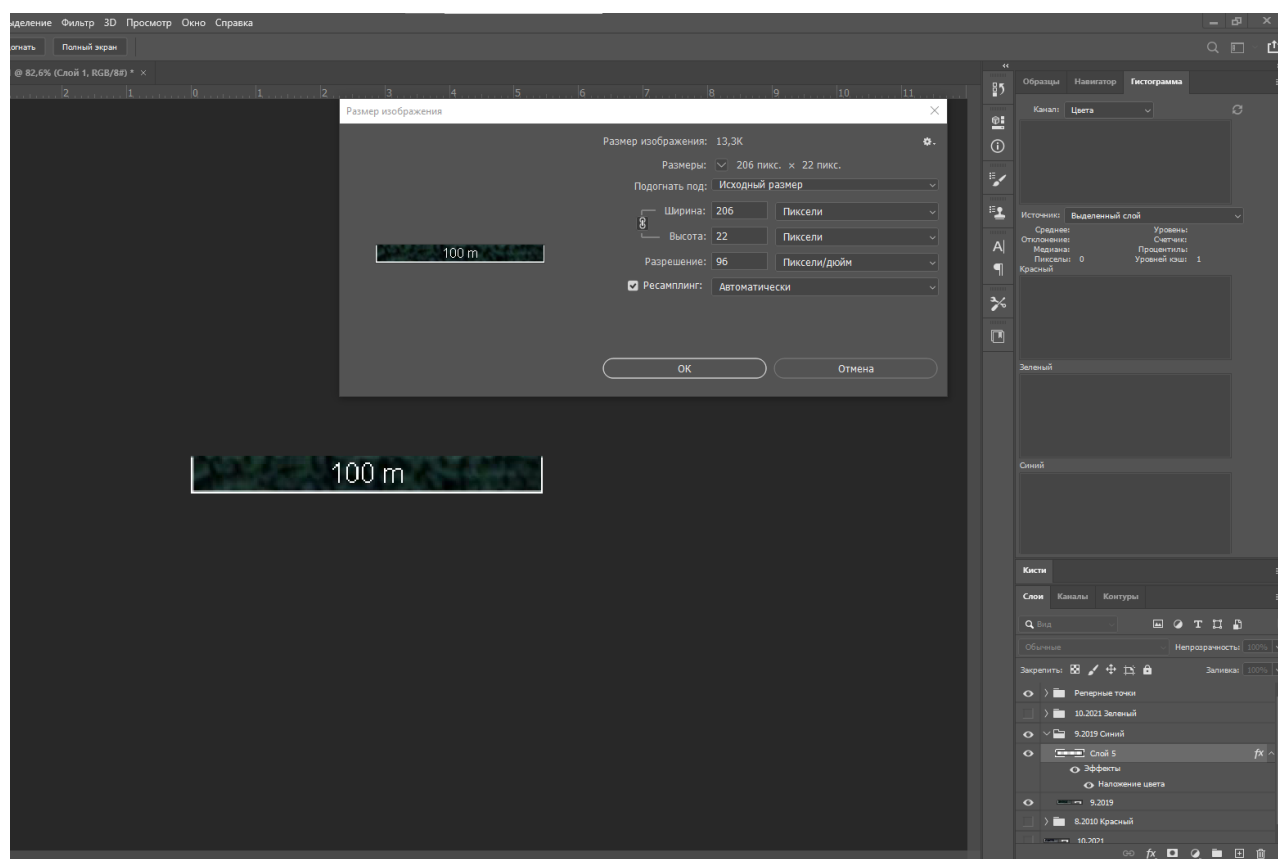


Рисунок 5. Масштабная линейка, определение количества пикселей в 100 метрах погонных

При визуальной идентификации можжевельника на карте, использовали осенние и бесснежные зимние снимки.

Результаты и обсуждение

Можжевельник казацкий (*Juniperus sabina* L.) произрастает на территории пяти муниципальных районов Волгоградской области: Серафимовичский район, Фроловский район, Иловлинский район и Калачевский район (рисунок 6).

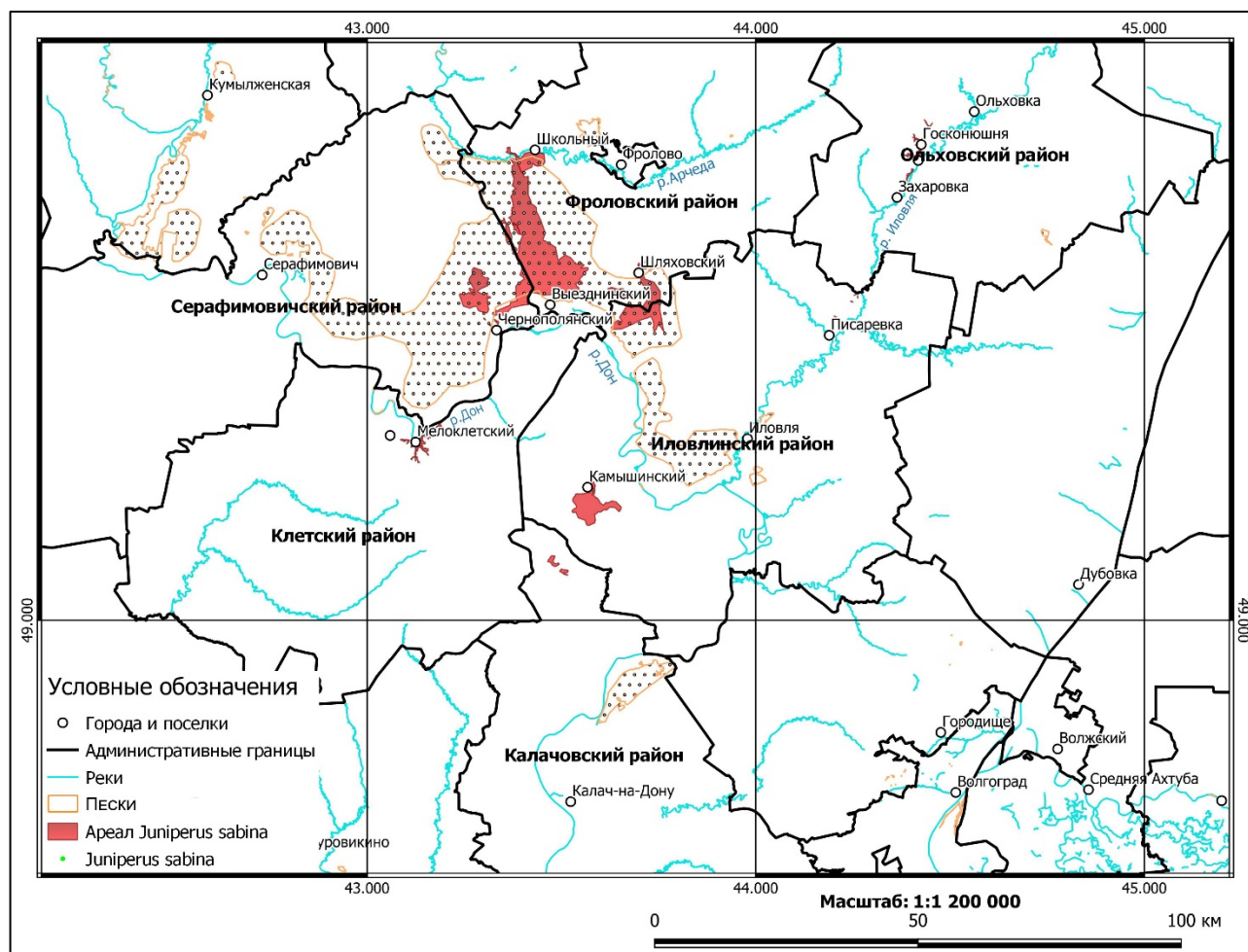


Рисунок 6. Административная карта Волгоградской области

На территории Волгоградской области можно выделить три крупные популяции можжевельника казацкого, изолированные друг от друга, произрастающие на меловых и песчаных почвах. Первая популяция располагается на меловых склонах балок и береговой линии Большой излучины Дона в окрестностях х. Мелоклетский и х. Камышинский, на высоте 50-200 метров над уровнем моря (рисунок 7, 8).

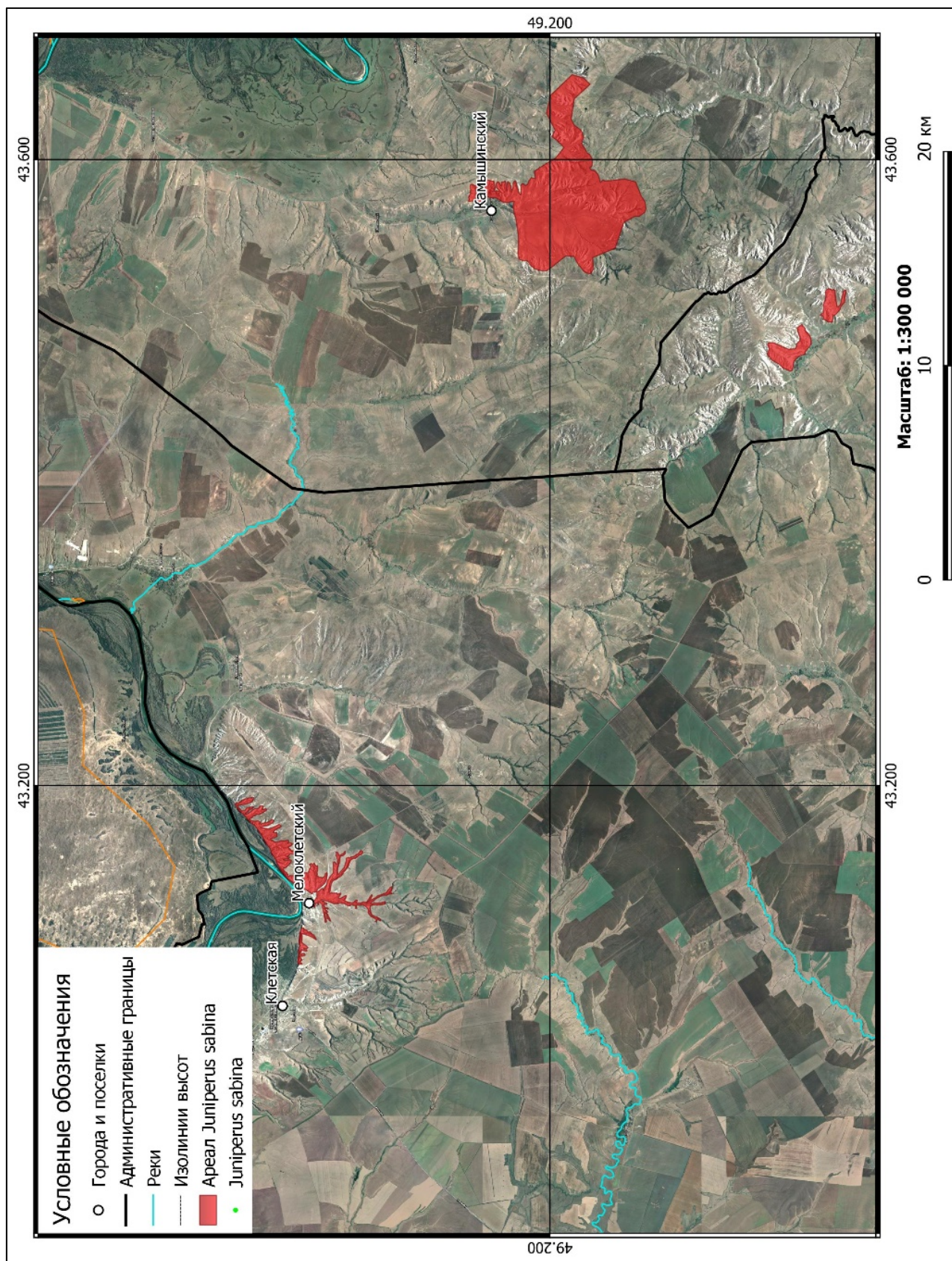


Рисунок 7. Расположение крупной популяции можжевельника казацкого на территории Большой излучины Дона

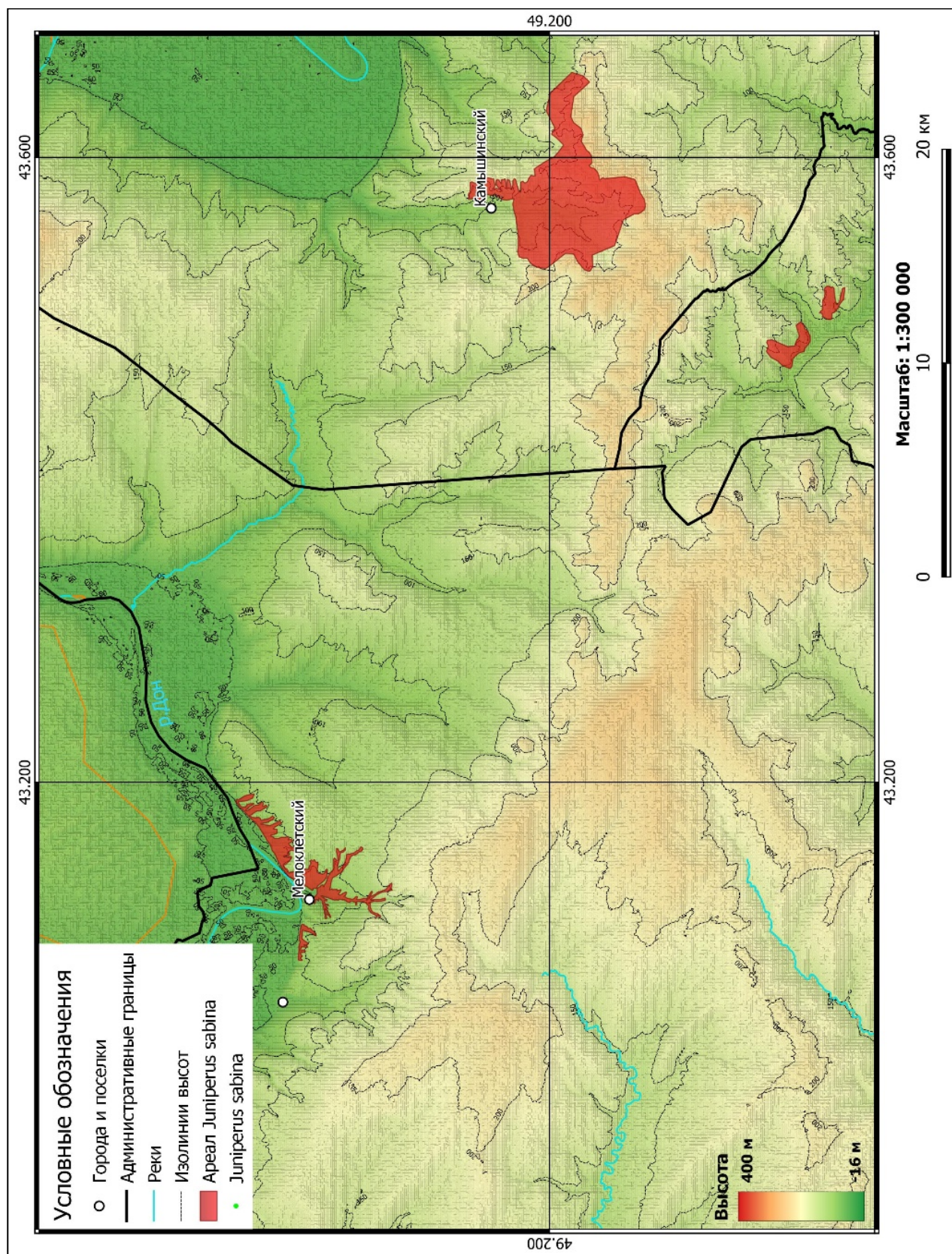


Рисунок 8. Высотное расположение популяций можжевельника казацкого на территории Большой излучины Дона

Вторая популяция *J. sabina* также растет на меловых почвах, однако располагается на территории Ольховского района, правобережья р. Иловля в окрестностях поселков Михайловка,

Госконюшня. Данная популяция является самой северной из найденных и малочисленной (рисунок 9). Располагаются растения на высоте 50-100 метров над уровнем моря (рисунок 10).

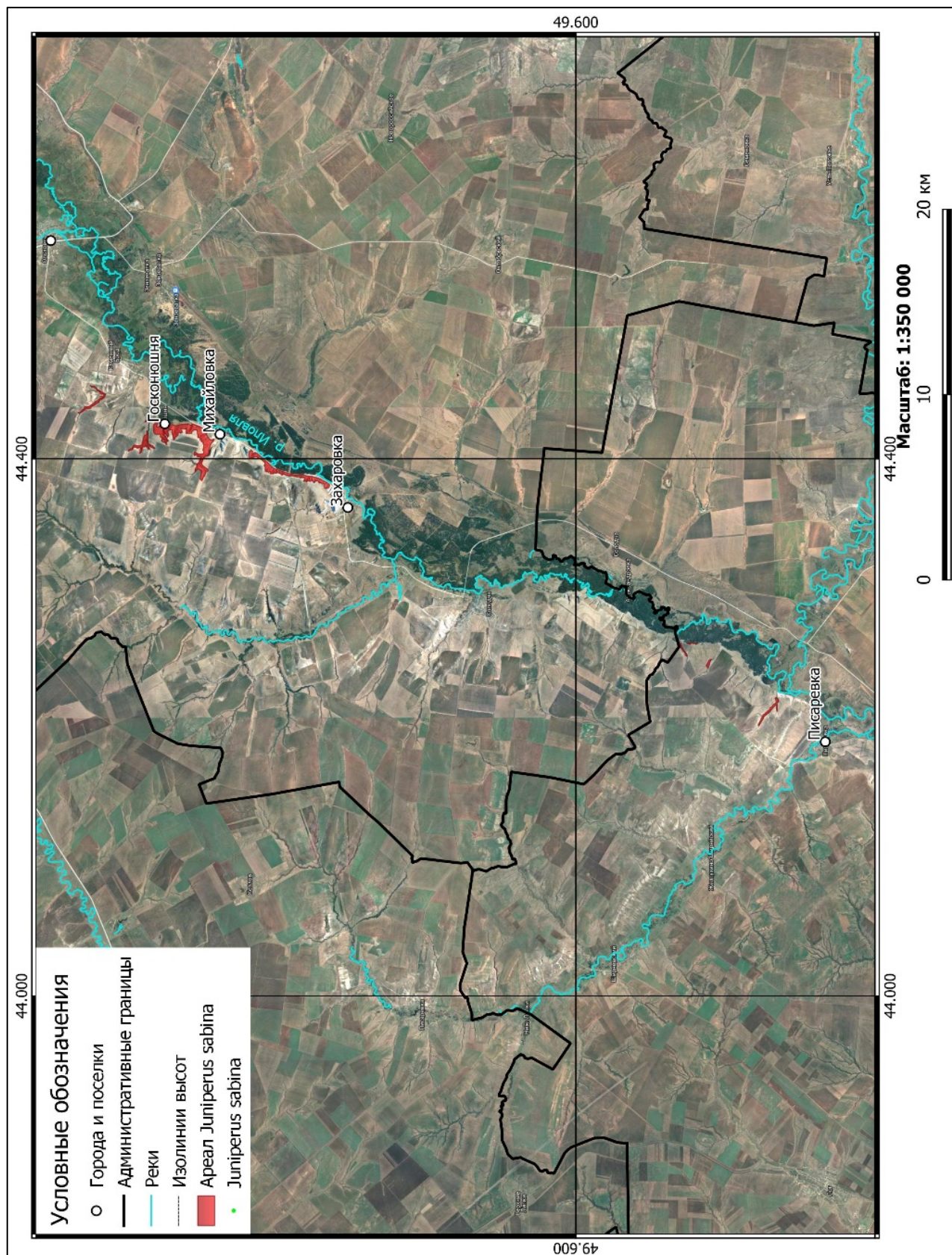


Рисунок 9. Расположение крупной популяции можжевельника казацкого на правом берегу р. Иловля

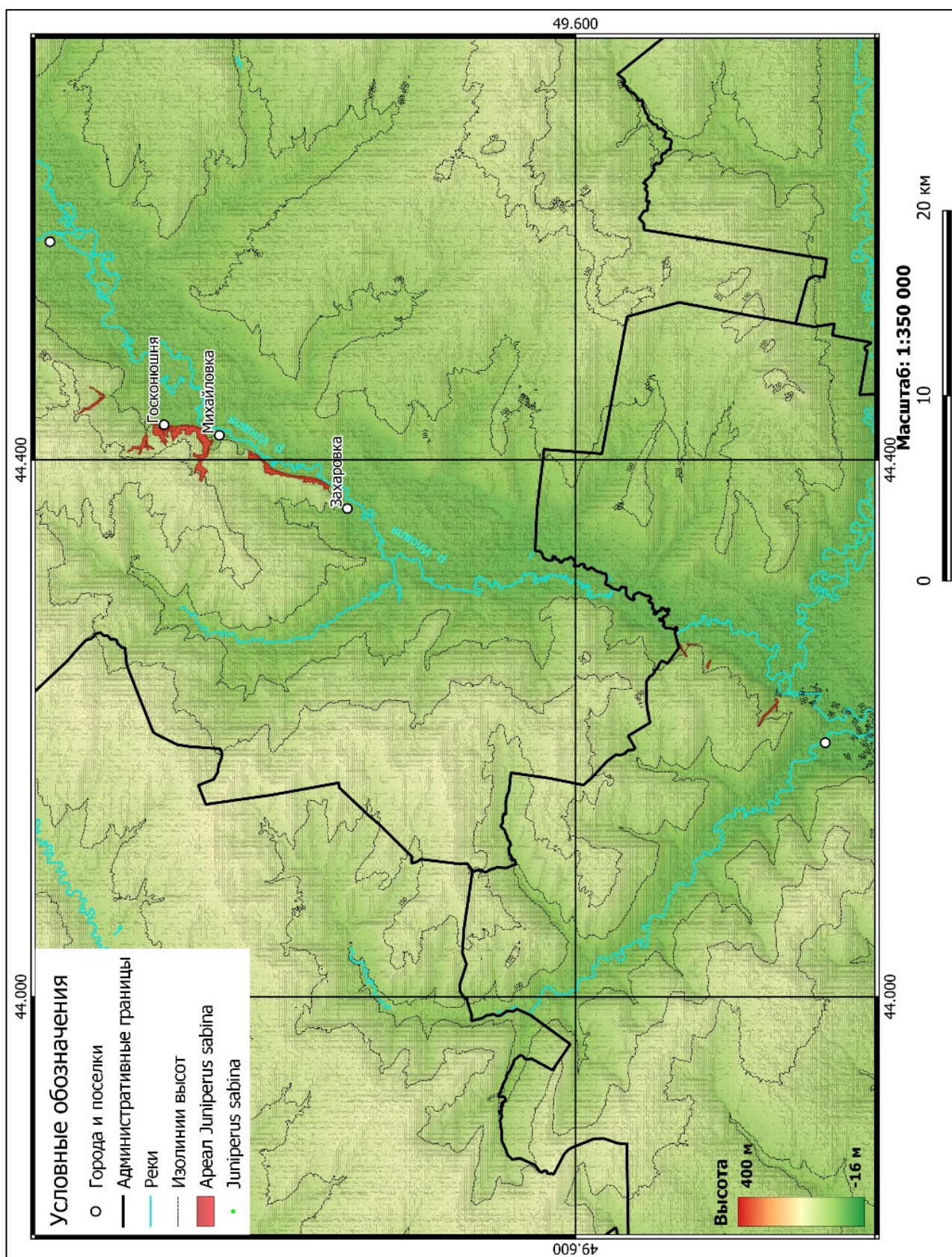


Рисунок 10. Высотное расположение популяций можжевельника казацкого на территории Большой излучины Дона

Самая крупная из представленных популяций находится на территории трех муниципальных районов: Серафимовичский, Фроловский и Иловлинский, в центральной части Арчединско-Донских

песков в непосредственной близости от хуторов: Чернополянский, Выезднинский, Шляховский, Школьный на высоте 50-100 метров над уровнем моря (рисунок 11, 12).

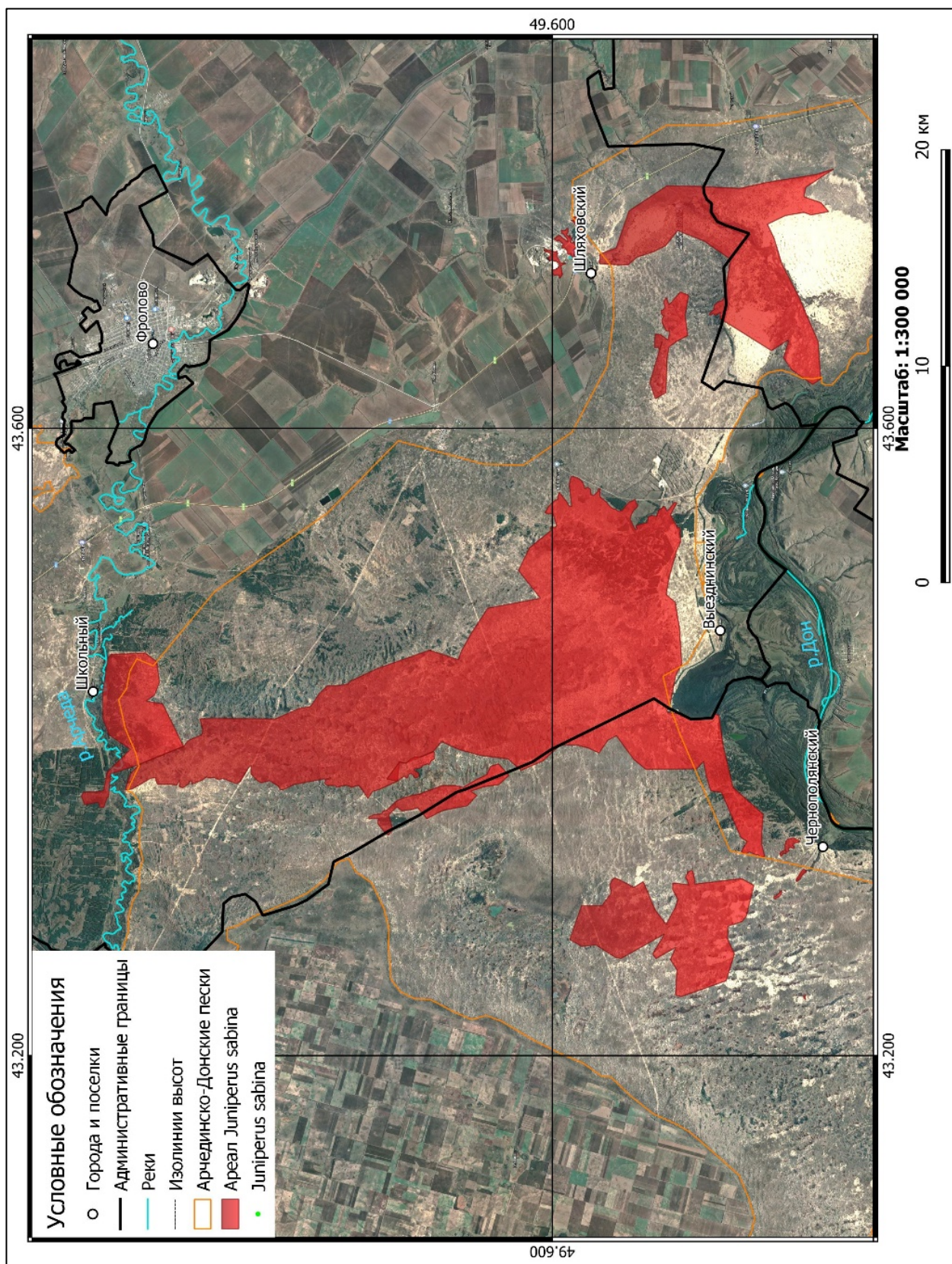


Рисунок 11. Расположение крупной популяции можжевельника казацкого на территории Арчединско-Донского песчаного массива

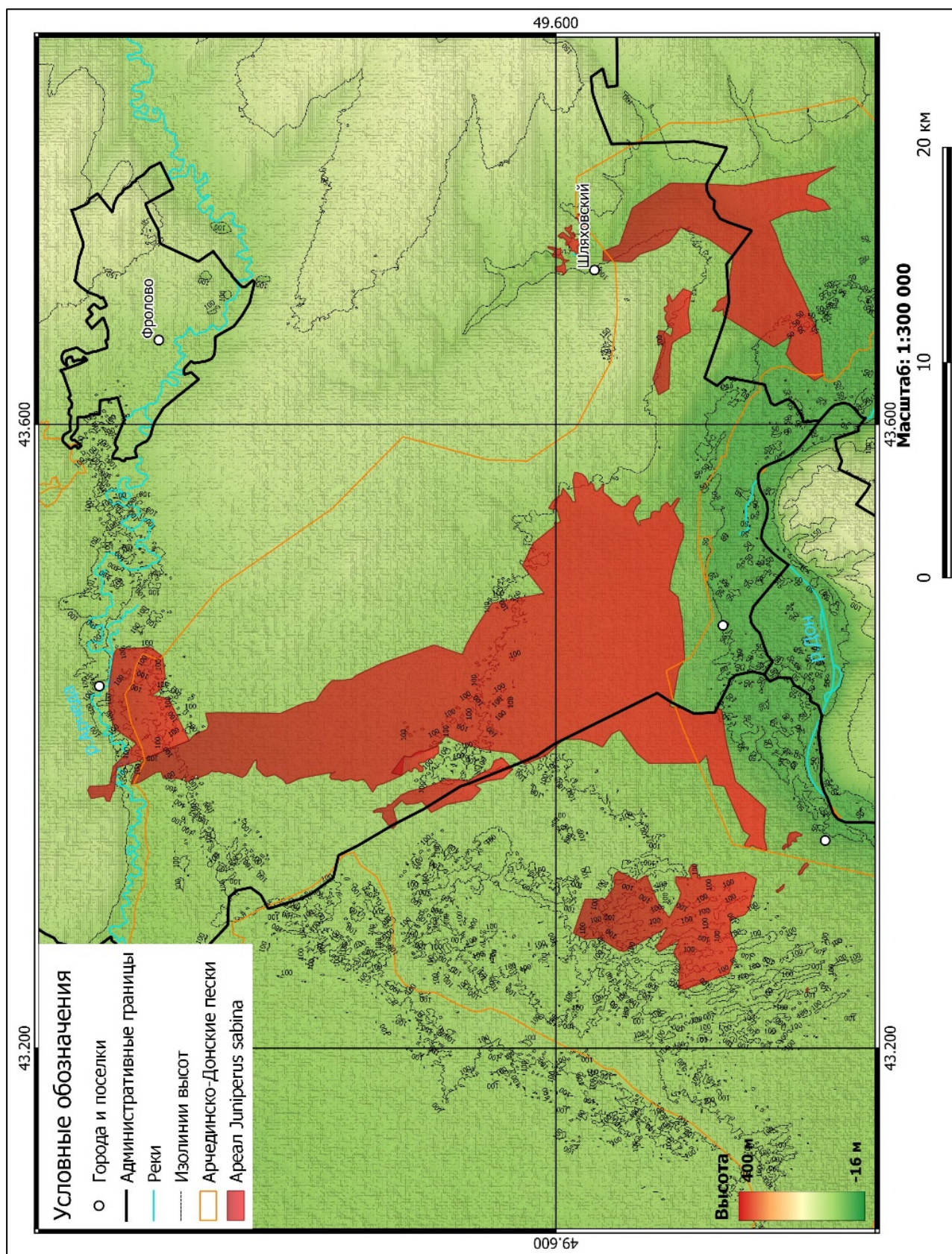


Рисунок 12. Высотное расположение популяций можжевельника казацкого на территории Арчединско-Донского песчаного массива

Предварительно были подсчитаны площади распространения можжевельника в программе «QGIS 3.18.1» в калькуляторе полигонов (таблица 1-3), однако показатели размеров, полученные данным методом, имели высокую погрешность и использовались лишь для ориентирования на карте (рисунок 13-15) (Arzac, 2016; Akaberi, 2020; Altaeva, 2019; Arkhipova, 2019; Baklanov, 2021; Castaldi, 2020).

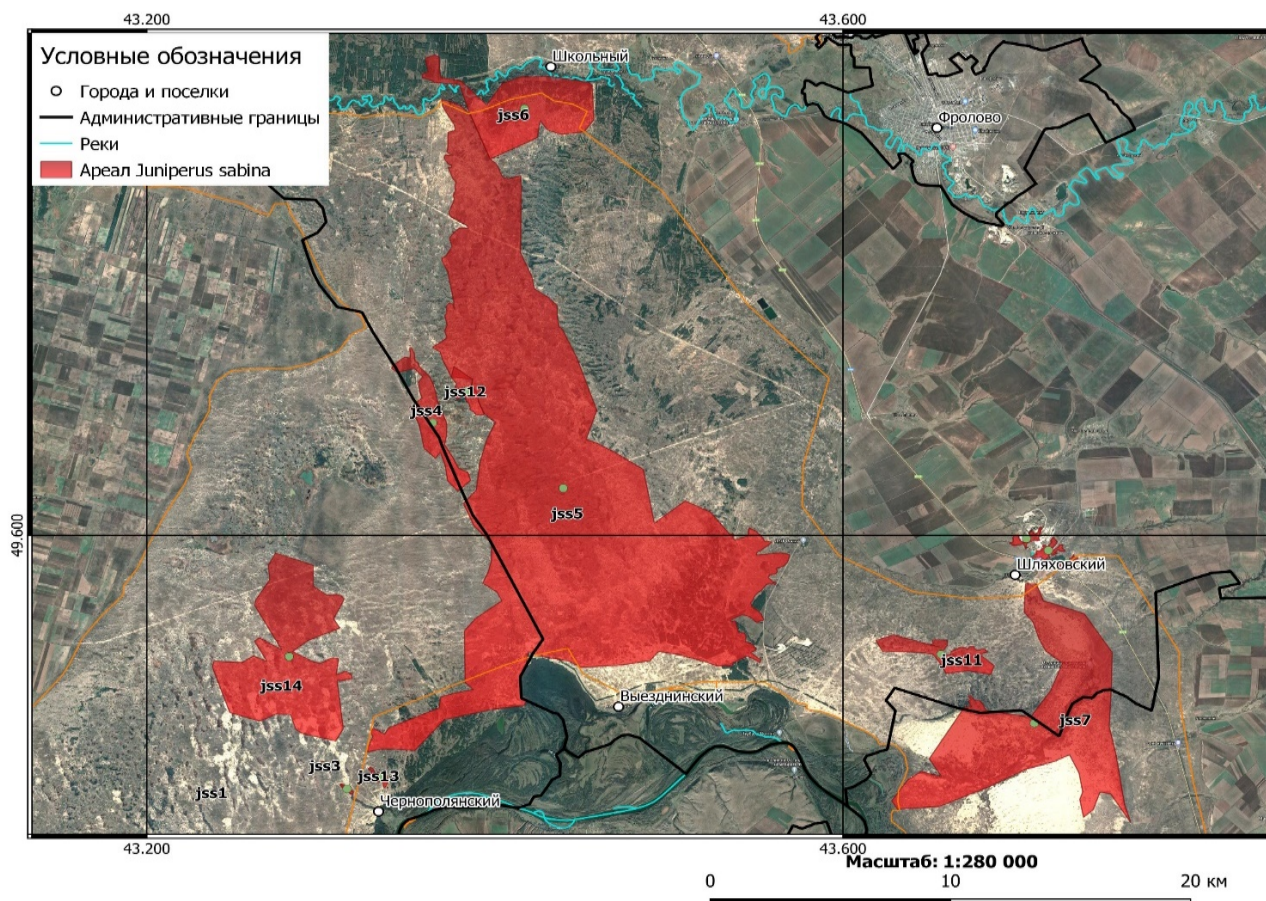


Рисунок 13. Популяция на песчаных массивах Арчединско-Донских песков

Таблица 1. Характеристики контуров распространения можжевельника казацкого по данным снимков 2021 года

Приложение 1 к ГИЗ-1.1.001			
Участок	Площадь, км²	Координаты центроидов полигонов	
На песчаных почвах			
jss1	0,01	N49 29.745	E43 01.423
jss2	0,09	N49 29.841	E43 18.906
jss3	0,05	N49 30.408	E43 18.132
jss4	4,87	N49 38.729	E43 21.857
jss5	158,73	N49 37.142	E43 26.357
jss6	13,64	N49 46.332	E43 25.20
jss7	38,67	N49 31.437	E43 42.597
jss8	0,37	N49 35.919	E43 42.328
jss9	0,49	N49 35.634	E43 43.81
jss10	0,17	N49 35.330	E43 43.739
jss11	3,65	N49 33.114	E43 39.382
jss12	1,20	N49 39.504	E43 23.33
jss13	0,26	N49 30.128	E43 20.49
jss14	25,05	N49 33.56	E43 16.907

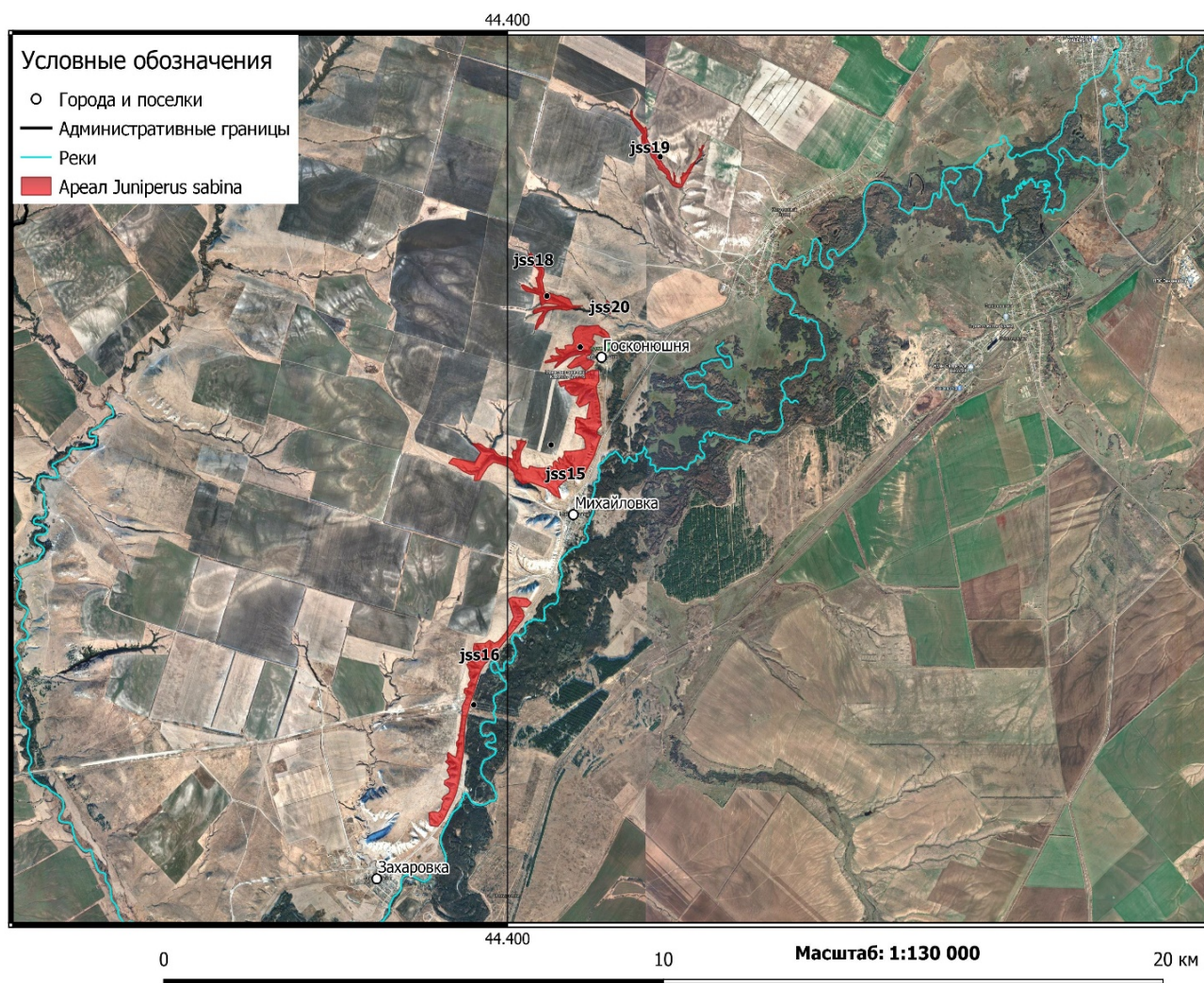


Рисунок 14. Популяция на меловых склонах правобережья р. Иловля

Таблица 2. Характеристики контуров распространения можжевельника казацкого по данным снимков 2021 года

ЭПИЖИВ 2021 года			
Участок	Площадь, км ²	Координаты центроидов полигонов	
На меловых почвах			
jss15	1,65	N49 46.987	E44 24.726
jss16	0,94	N49 44.354	E44 23.440
jss18	0,31	N49 48.494	E44 24.656
jss19	0,19	N49 49.902	E44 26.541
jss20	0,01	N49 48.385	E44 25.695

Можжевельник на снимках имеет сизый цвет, ярко отличимый от цвета крон покрытосеменных и других хвойных. Рисунок 16(А) – можжевельники, как правило, вглубь лесных насаждений не проникают, на карте видно, как они образуют полог у краин сосновых насаждений, но также видны крупные популяции в глубине только на открытых участках, одиночные или небольшие группы деревьев можжевельники застилают по кругу, образуя овальные, округлые пятна.

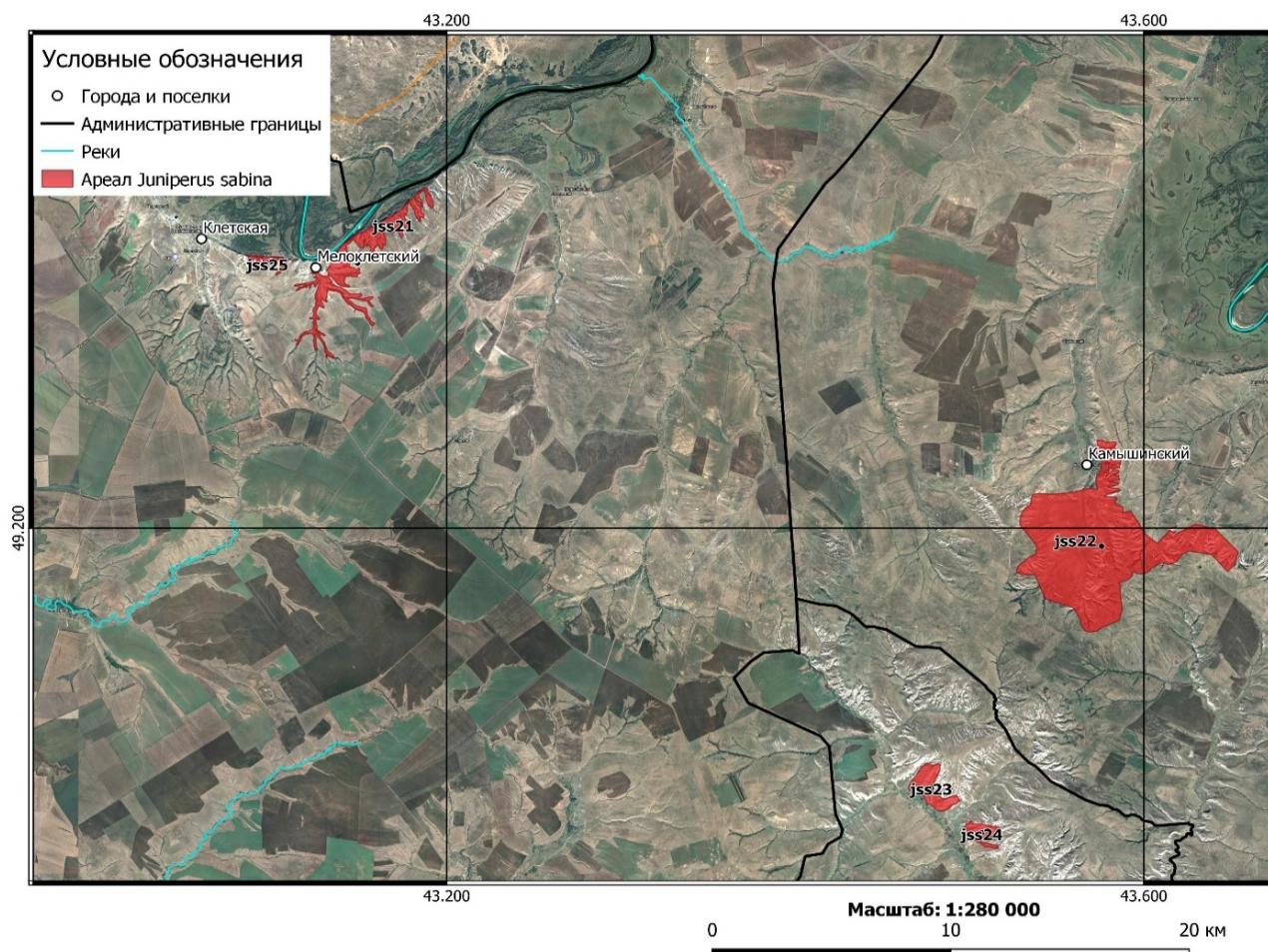


Рисунок 15. Популяция на меловых склонах правобережья р. Дон и в глубине Большой излучины Дона

Таблица 3. Характеристики контуров распространения можжевельника казацкого по данным снимков 2021 года

Участок	Площадь, км²	Координаты центроидов полигонов	
На меловых почвах			
jss21	5,31	N49 18.134	E43 08.929
jss22	28,47	N49 11.580	E43 34.548
jss23	1,80	N49 00.598	E43 28.678
jss24	0,92	N49 04.934	E43 30.418
jss25	0,39	N49 18.172	E43 05.945

Рисунок 16(Б) – на песках в равнинных частях можжевельник образует круглые, овальные куртины, не имеющие собственной тени, на дюнах принимают соответствующую форму, структура куртин рваная. Рисунок 16(В) – на меловых почвах можжевельник разрастается на склонах балок, имеют плотную однородную структуру, проникают вглубь истоков балки (García-Cervigón, 2017; Martynova, 2021).

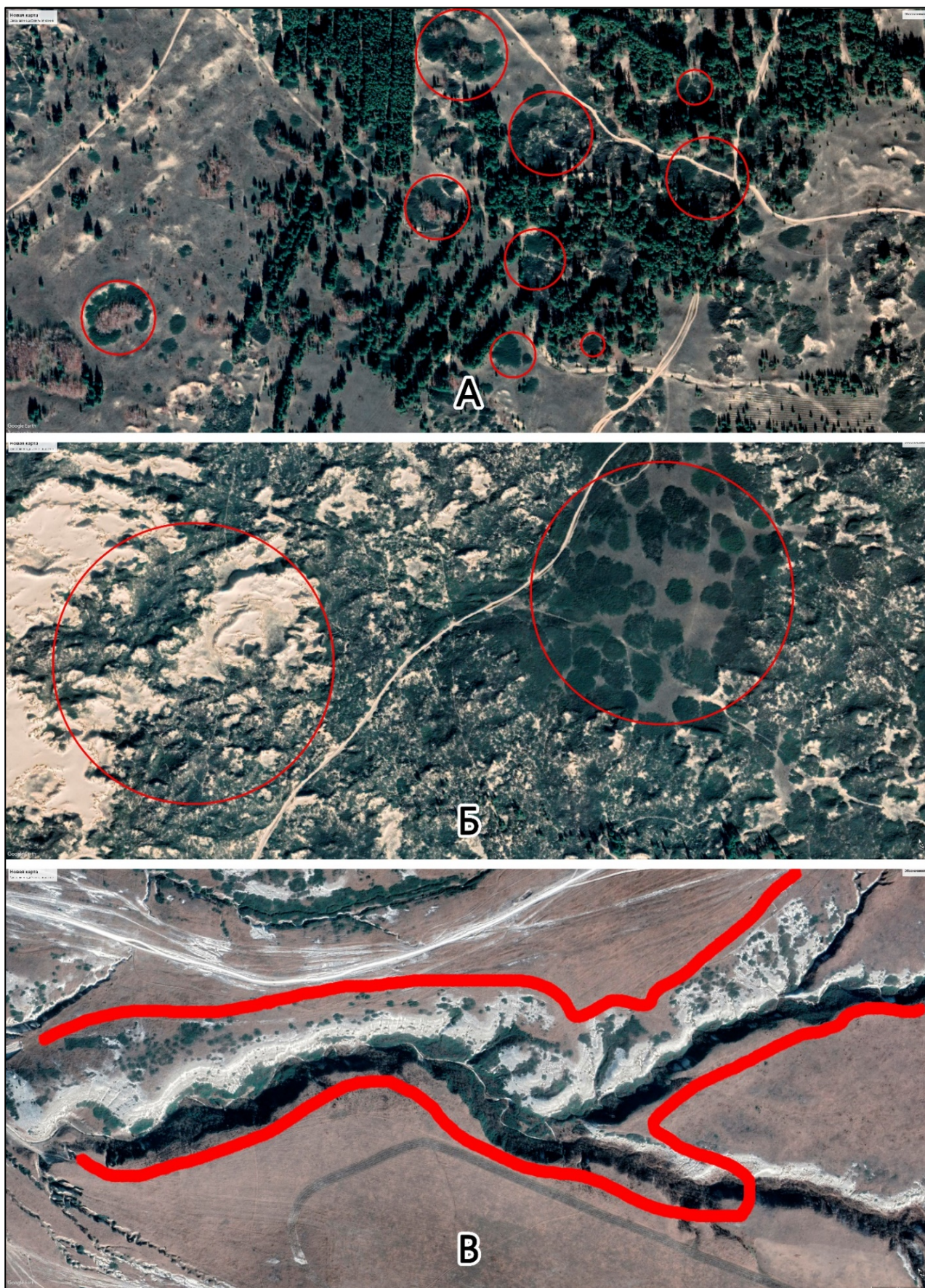


Рисунок 16. Дешифровочные признаки можжевельника казацкого (А – в сосновых насаждениях; Б – на открытых песчаных ландшафтах; В – на меловых склонах балок)

Для апробации разработанной методики нами были взяты 5 модельных участков на песчаных и 6 участков на меловых почвах. Распределение модельных участков по близлежащим метеостанциям следующее:

- Фроловская метеостанция – модельные участки №1-7, №10-11;
- Иловлинская метеостанция – модельные участки №9;
- Ольховской метеостанции – модельный участок №8.

Проведен анализ климатических условий с целью выявления степени их влияния рост и развитие популяций. Анализ диаграммы суммарного годового количества осадков показал, что количество осадков в период с 2002-2020 выпало 304-454 мм, самым засушливым годом стал 2020 (304 мм), а аномально влажным 2021 год (607 мм) (рисунок 17).

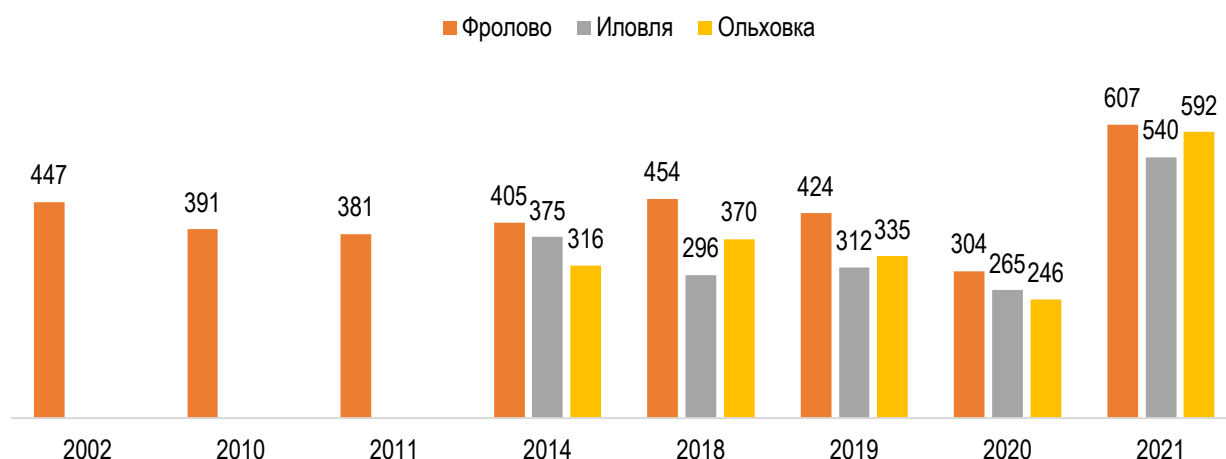


Рисунок 17. Суммарное годовое количество осадков на основе данных метеостанций близлежащих к модельным участкам

Обработка данных среднемесячных температурных значений на Фроловской метеостанции показала, что в феврале более отрицательные значения были зафиксированы в 2011 году (на 5° С), а февраль 2002 года оказался аномально теплым (среднемесячная температура достигла 0° С, на 7,16° выше нормы) по сравнению с среднемесячной многолетней температурой. Декабрь 2002 года оказался более холодным (ниже нормы на 9° С) по сравнению среднемесячной многолетней температурой. В весенне-летне-осенние месяцы температурная кривая имела отклонения не более 3-4° С от среднемесячной многолетней температуры (рисунок 18).

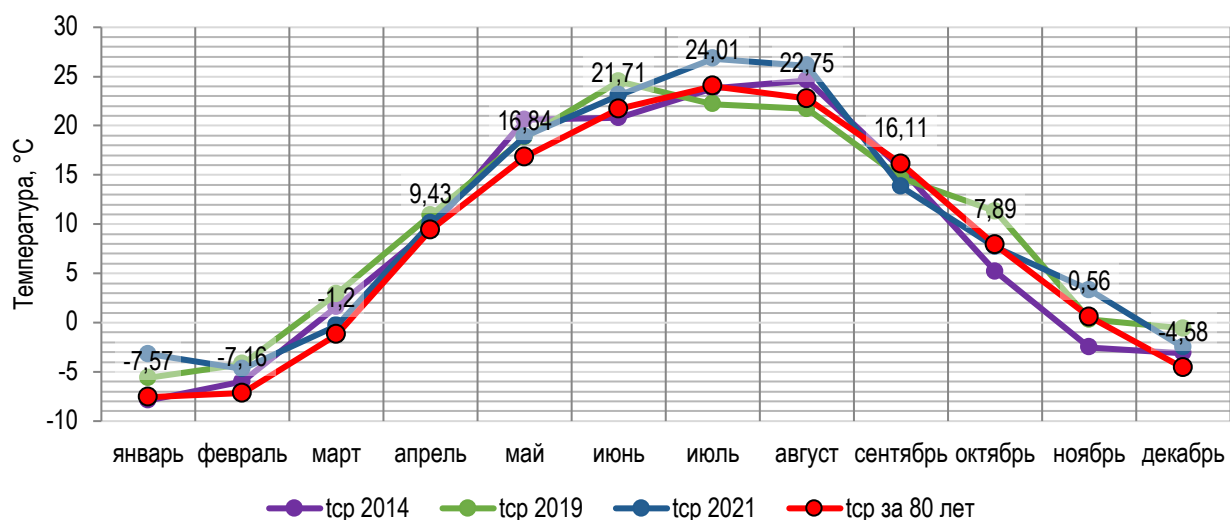


Рисунок 18. Температурный режим, зафиксированный на Фроловской метеостанции (tcp – среднемесячные температуры)

Температурный режим Ольховской метеостанции характеризовался более теплыми зимними месяцами в 2020 году (январь, февраль на 6-6,5° С выше нормы) и более холодным декабрем (на 4,5° С ниже нормы), в 2018 году колебания температуры составили 3-4° С от среднемесячной многолетней (рисунок 19).

Температурные показатели (по данным Иловлинской метеостанции) 2014, 2019, 2021 колебались в пределах 3-4° С от среднемесячной многолетней температуры (рисунок 20).

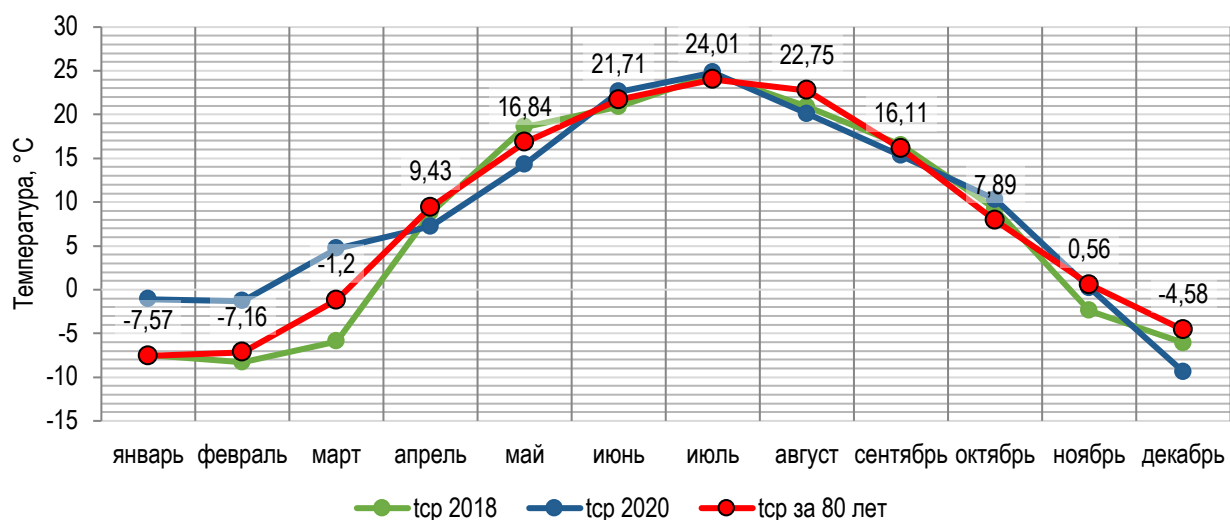


Рисунок 19. Температурный режим, зафиксированный на Ольховской метеостанции (tcp – среднемесячные температуры)

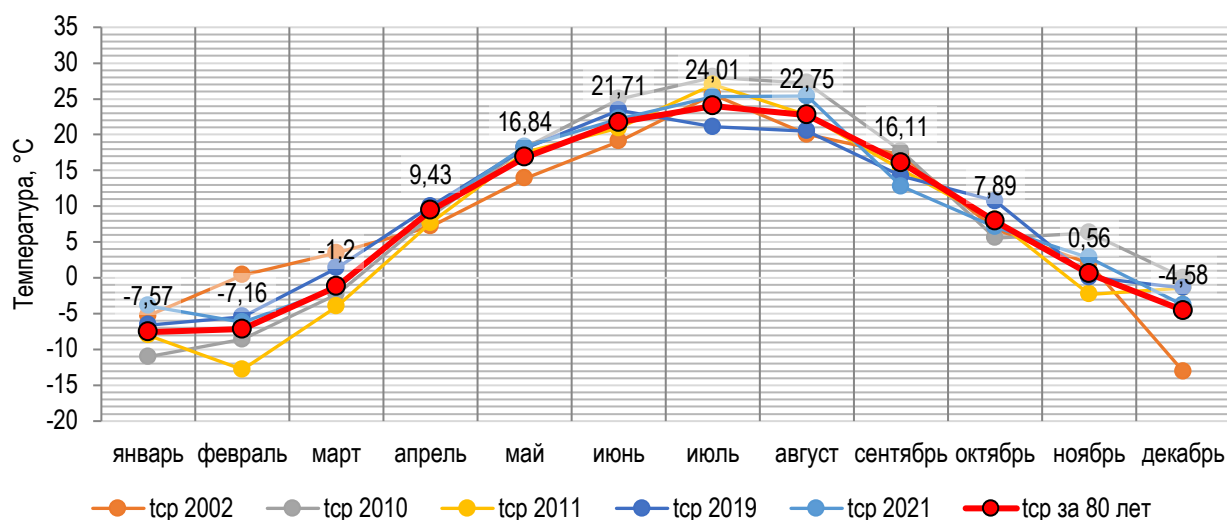


Рисунок 20. Температурный режим, зафиксированный на Иловлинской метеостанции (tcp – среднемесячные температуры)

В результате, проведенного процесса детерминации можжевельника казацкого при помощи инструмента «Цветовой диапазон» на космоснимках разных лет, были высчитаны площади (рисунок 21, таблица 4):

- Модельный участок №1 Арчединско-Донских песков - уменьшение площади распространения можжевельника на 11,23% за 10 лет;
- Модельный участок №2 Арчединско-Донских песков - уменьшение площади распространения можжевельника на 13,53% за 11 лет;
- Модельный участок №3 Арчединско-Донских песков - увеличение площади распространения можжевельника на 17,64% за 19 лет;
- Модельный участок №4 Арчединско-Донских песков - уменьшение площади распространения можжевельника на 42,11% за 19 лет;
- Модельный участок №5 Арчединско-Донских песков - увеличение площади распространения можжевельника на 9,77% за 10 лет

Таблица 4. Характеристика изменения площадей распространения можжевельника казацкого на модельных участках песчаных почв (Арчединско-Донские пески)

Номер модельного участка	Год съёмки	Площадь проекции, пиксели	Площадь проекции, км ²	Изменение площади, %
№1	Август 2011	126497	2,07	-11,23
	Август 2019	128975	2,11	
	Октябрь 2021	112291	1,84	
№2	Август 2010	65167	1,49	-13,53
	Сентябрь 2019	53765	1,23	
	Октябрь 2021	56351	1,29	
№3	Апрель 2002	10517	0,22	17,64
	Август 2011	16280	0,33	
	Сентябрь 2019	15317	0,31	
	Октябрь 2021	12372	0,25	
№4	Апрель 2002	26658	0,72	-42,11

	Август 2011	19787	0,53	
	Сентябрь 2019	12885	0,35	
	Октябрь 2021	15433	0,41	
№5	Август 2011	48431	0,69	9,77
	Сентябрь 2019	46937	0,67	
	Октябрь 2021	43698	0,62	

- Модельный участок №6 на территории Большой излуины Дона - уменьшение площади распространения можжевельника на 38% за 7 лет;
- Модельный участок №7 на территории Большой излуины Дона - уменьшение площади распространения можжевельника на 7% за 7 лет;
- Модельный участок №8 на территории правобережья р. Иловля – незначительное увеличение площади распространения можжевельника не более 1% за 2 года;
- Модельный участок №9 на территории Большой излуины Дона - уменьшение площади распространения можжевельника на 41% за 3 года;
- Модельный участок №10 на территории Большой излуины Дона - увеличение площади распространения можжевельника на 26% за 7 лет;
- Модельный участок №11 на территории Большой излуины Дона - увеличение площади распространения можжевельника на 24% за 7 лет (рисунок 22, таблица 5).

Таблица 5. Характеристика изменения площадей распространения можжевельника казачьего на модельных участках меловых почв

Название модельного участка	Год съёмки	Площадь проекции, пиксели	Площадь проекции, км ²	Изменение площади, %
Мелоклетский (хутор, Клетский р-он) №6	Сентябрь 2014	65397	0,97	-38
	Сентябрь 2019	68174	1,01	
	Октябрь 2021	40715	0,60	
Мелоклетский (хутор, Клетский р-он) №7	Сентябрь 2014	27447	0,77	-7
	Август 2011	23529	0,66	
	Сентябрь 2019	25520	0,71	
Михайловка (село, Ольховский р-он) №8	Ноябрь 2018	6672	0,35	0
	Декабрь 2020	6680	0,35	
Камышинский (хутор, Иловлинский р-он) №9	Август 2019	15895	0,62	-41
	Сентябрь 2019	10013	0,39	
	Октябрь 2021	9433	0,37	
Мелоклетский (хутор, Клетский р-он) №10	Сентябрь 2014	3640	0,14	26
	Сентябрь 2019	5182	0,20	
	Октябрь 2021	4601	0,18	
Мелоклетский (хутор, Клетский р-он) №11	Сентябрь 2014	24120	0,49	24
	Сентябрь 2019	23427	0,47	
	Октябрь 2021	29971	0,60	

Анализ визуализированных данных площадей популяций на модельных участках выявил негативную динамику изменения. Наибольшие изменения зафиксированы на модельных участках Арчединско-Донских песков - до 39,46% суммарного сокращения территории занимаемыми можжевельниками и до 36% на меловых почвах (рисунок 18, 19, 20-22).

Самые крупные изменения были отмечены на модельных участках №4, №6, №9, площади популяций на данных участках сократились до 43%. Причинами сокращения популяций могут быть разнообразными, так на территории модельного участка №9 произошел пожар в 2019 году, в результате которого сгорело более 40% местной популяции можжевельника казацкого. Причины существенных изменений популяции можжевельника на песчаном массиве не было определено, так как отсутствовали круглогодичные космоснимки с целью выявления пожаров методами дистанционного зондирования (рисунок 23-26).

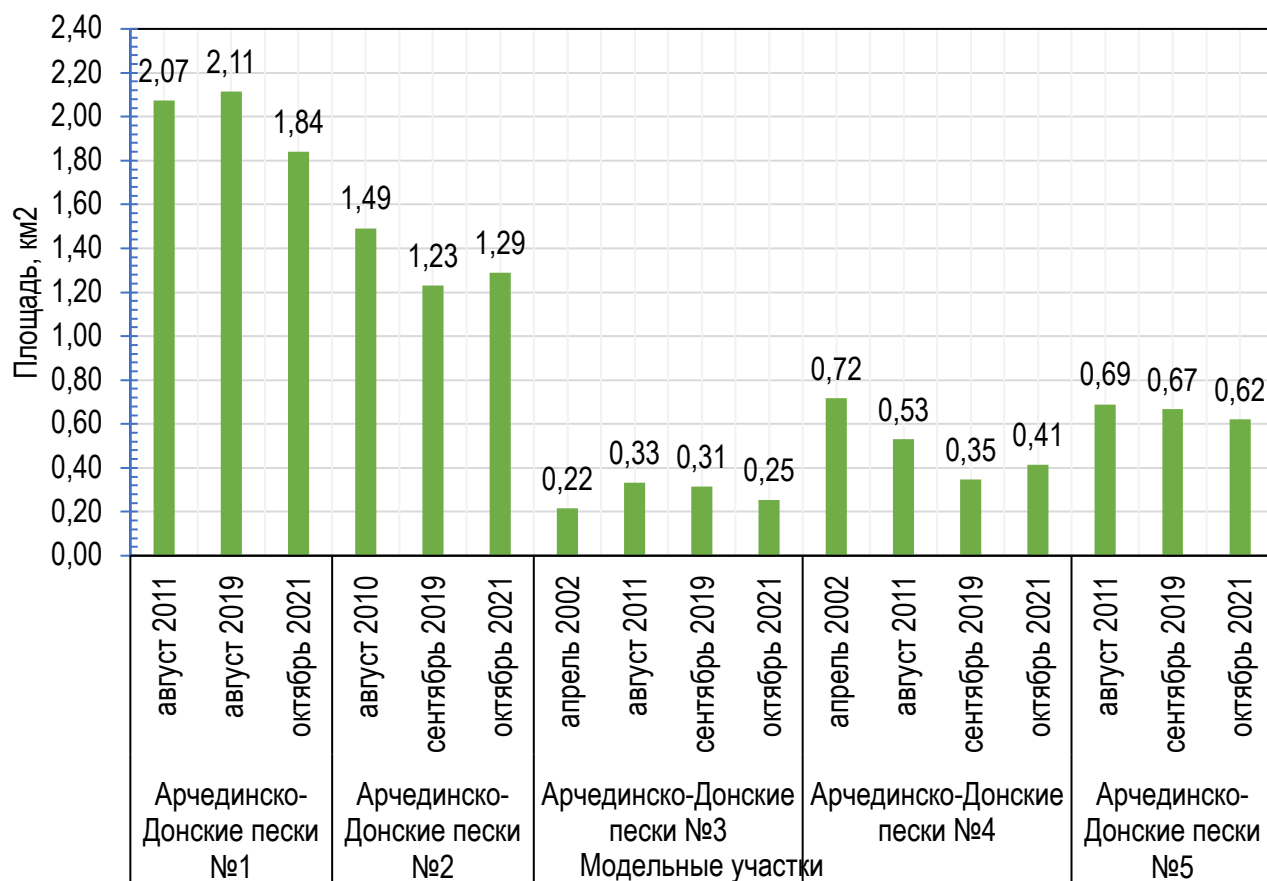


Рисунок 21. Площади модельных участков, растущих на песчаных почвах

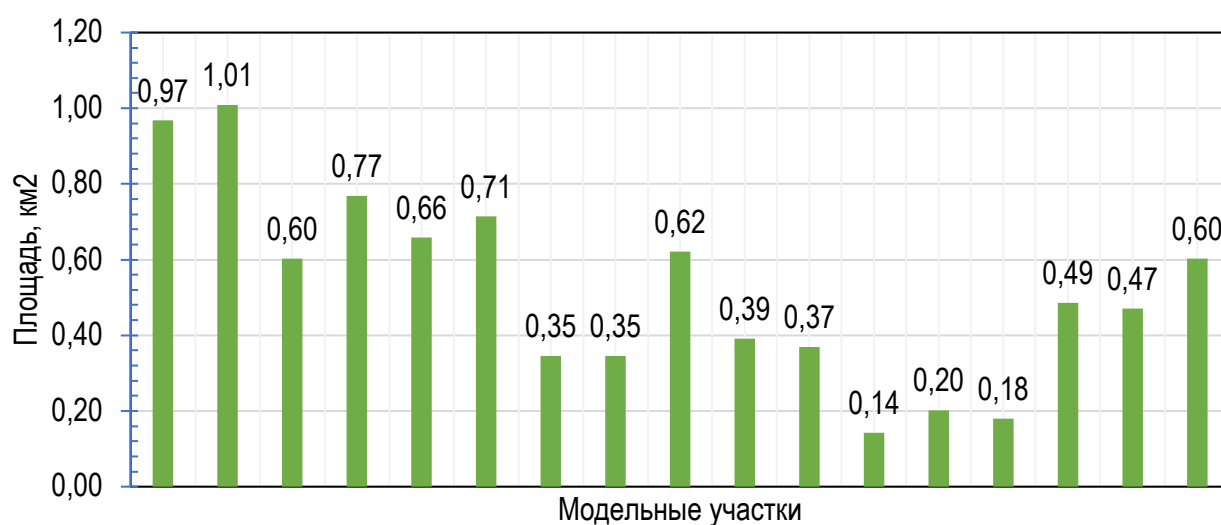


Рисунок 22. Площади модельных участков, растущих на меловых почвах

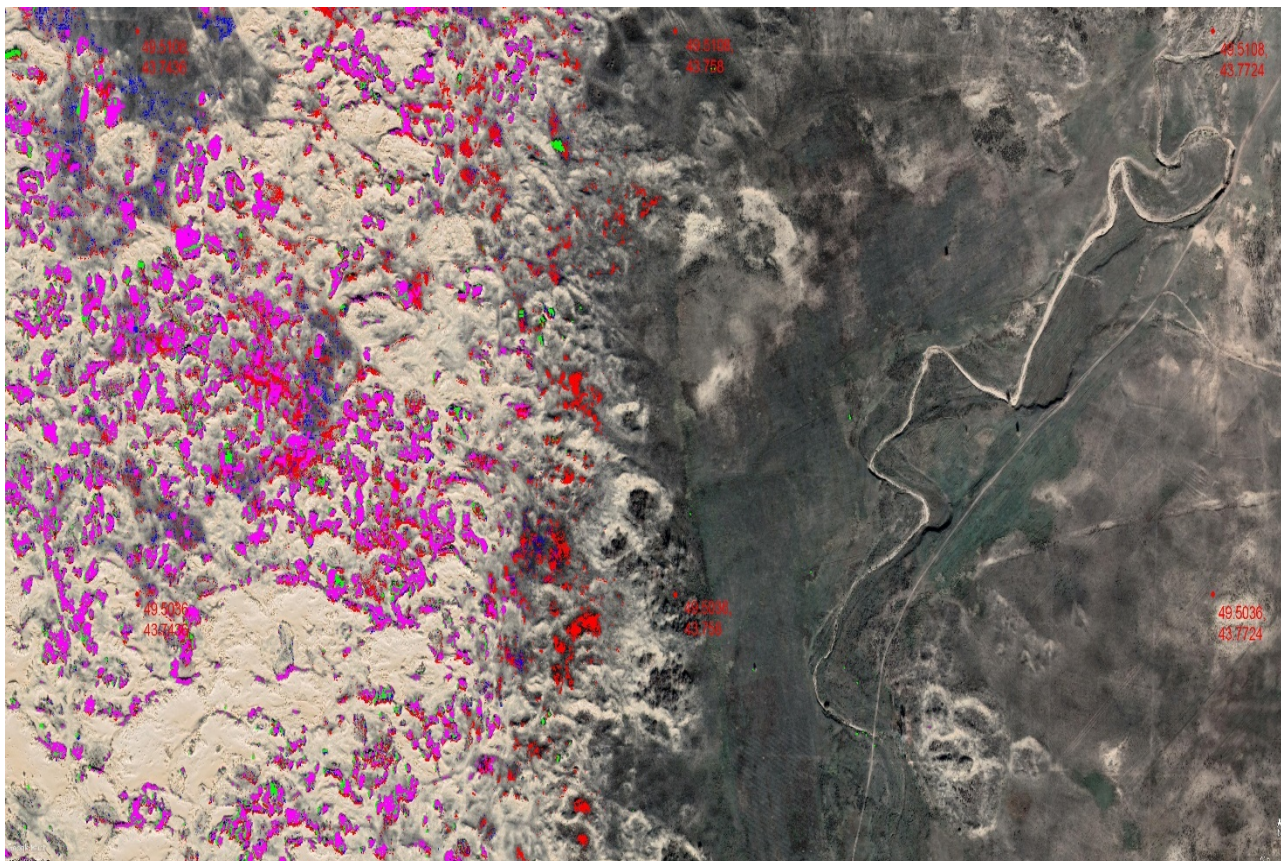


Рисунок 23. Визуализация изменения распространения можжевельника казацкого на песчаном массиве (красным цветом выделены популяции 2002 года, синим – 2011 года, зеленым – 2019 года, розовым – 2021 года)

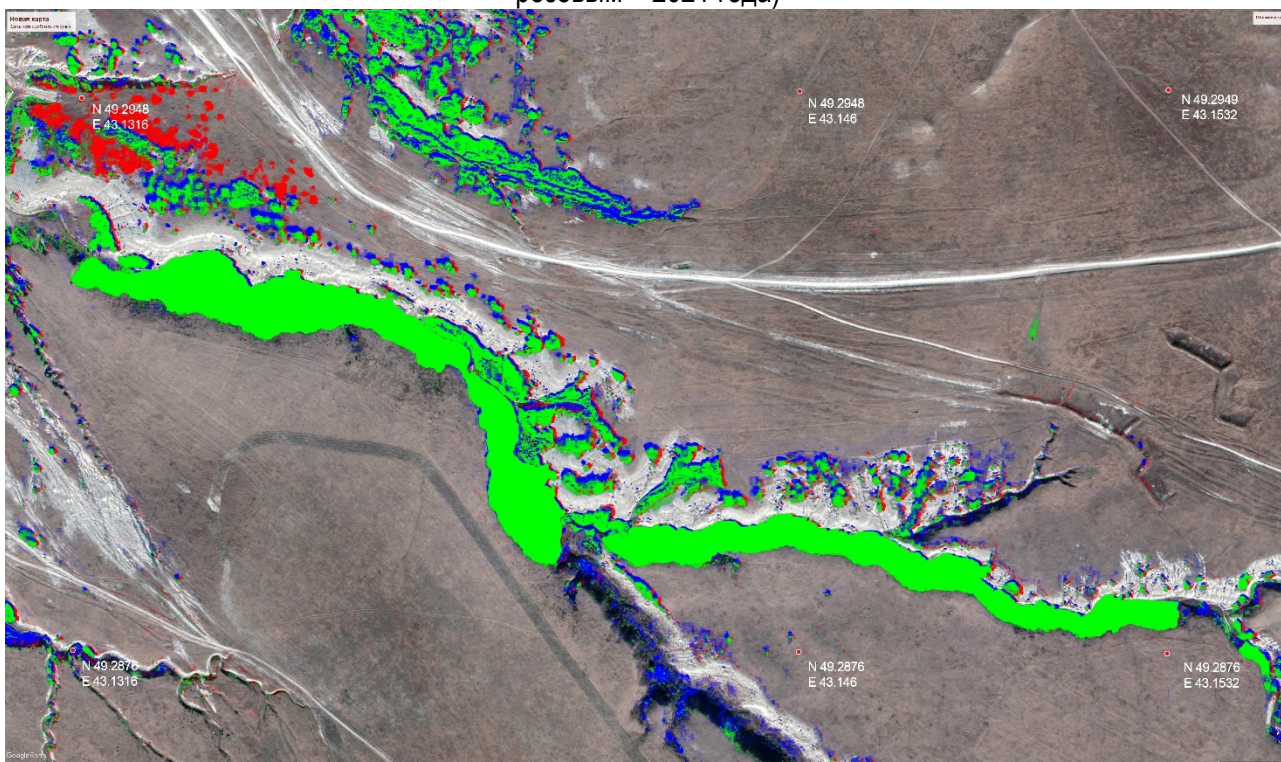


Рисунок 24. Визуализация изменения распространения можжевельника казацкого на меловых склонах правобережья р. Дон (красным цветом выделены популяции 2014 года, синим – 2019 года, зеленым – 2021 года)

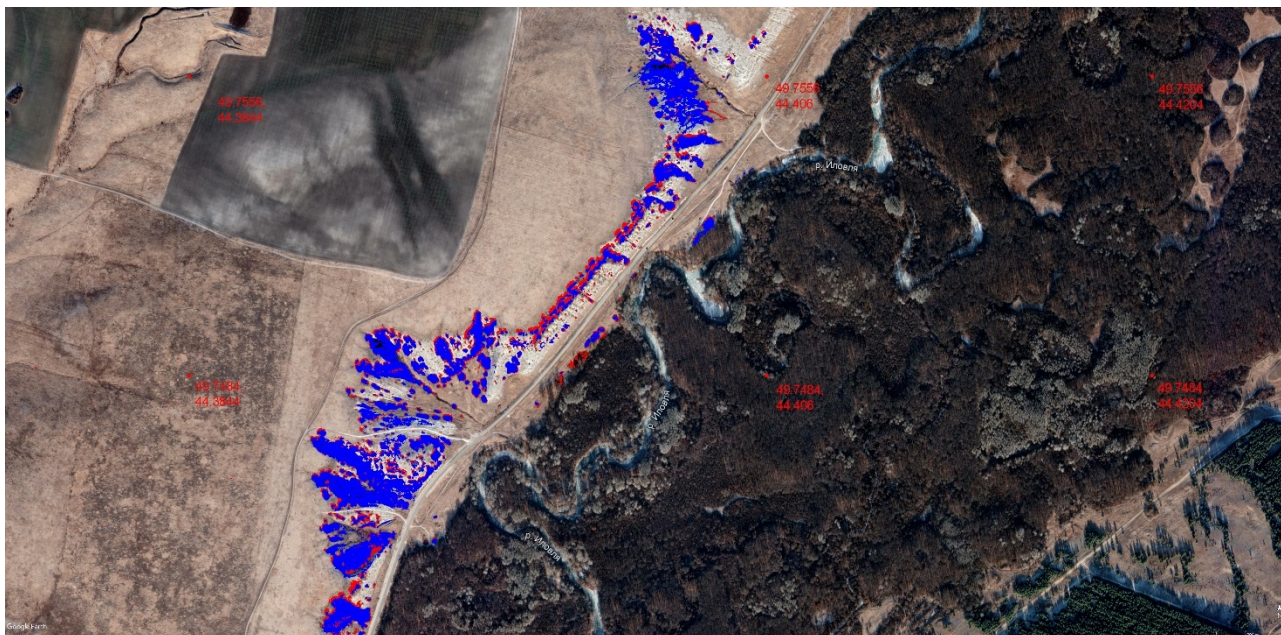


Рисунок 25. Визуализация изменения распространения можжевельника казацкого на правобережье р. Иловля (красным цветом выделены популяции 2018 года, синим – 2020 года)

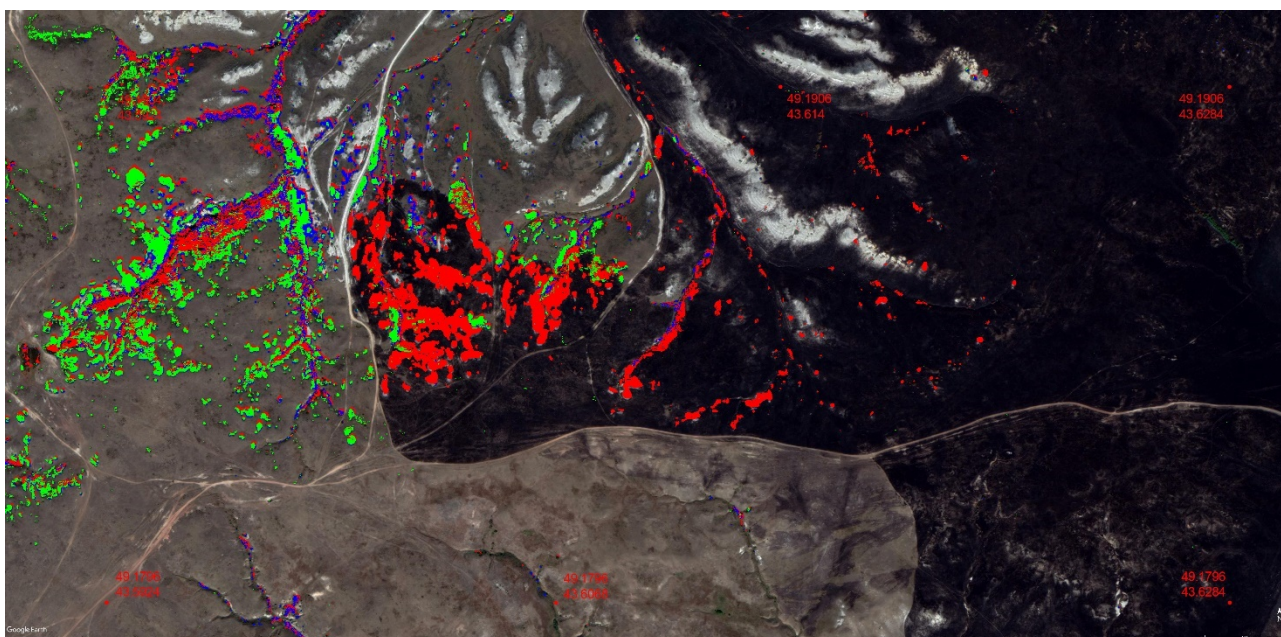


Рисунок 26. Визуализация изменения распространения можжевельника казацкого на песчаном массиве (красным цветом выделены популяции 2019 года до пожара, синим – 2019 года после пожара, зеленым – 2021 года)

Заключение

В результате проведенного мониторинга пространственного распределения можжевельника казацкого в Волгоградской области нами были выделены три крупных популяции: первая популяция располагается на меловых склонах балок и береговой линии Большой излуины Дона в окрестностях х. Мелоклетский и х. Камышинский, на высоте 50-200 метров над уровнем моря; вторая популяция *J. sabina* также произрастает на меловых почвах Ольховского района, правобережья р. Иловля в окрестностях поселков Михайловка, Госконюшня на высоте 50-100 метров над уровнем моря; третья самая крупная из представленных популяций находится на территории трех муниципальных районов: Серафимовичский, Фроловский и Иловлинский, в центральной части Арчединско-Донских песков в непосредственной

близости от хуторов: Чернополянский, Выезднинский, Шляховский, Школьный на высоте 50-100 метров над уровнем моря.

Проведенный климатических условий не выявил четкой корреляции уменьшения площади распространения можжевельника казацкого и погодных условий территории. Возможной причиной уменьшения площади популяций могли стать антропогенные на растения. Так на территории модельного участка №9 произошел пожар в 2019 году, в результате которого сгорело более 40% местной популяции можжевельника казацкого. Самые крупные изменения произошли на модельных участках №4, №6, №9, площади популяций на данных участках сократились до 43%.

Процесс детерминации можжевельника казацкого на космоснимках разных лет выявил следующие закономерности: негативная динамика пространственного распределения популяций можжевельника казацкого отмечена на модельных участках Арчединско-Донских песков до 39,46% уменьшения территорий, занимаемые ранее, до 36% на меловых почвах.

Апробация разработанной методики детерминации популяций можжевельника казацкого выявила дальнейший вектор улучшения методики обработки космоснимков. Основными недостатками данного подхода, обнаруженных в ходе проведенного исследования, являются экспозиция космоснимков (важно подбирать снимки с одного и того же спутника в одинаковый момент времени), наличие теней от неровностей рельефа (повышение сложности идентификации материала и повышение погрешности). В ходе полученного опыта использования инструмента «Цветовой диапазон» для детерминации популяций можжевельника казацкого на космоснимках, была определена перспективность использования в будущих исследованиях нейронных сетей с интеграцией алгоритма выделения по цвету, что теоретически может нивелировать недостатки апробированной методики.

Список литературы

1. Афонин А.Н., Соколова Ю.В. (2018). Эколого-географический анализ и моделирование распространения биологических объектов с использованием ГИС. Учебное пособие (Практикум). СПб: Изд-во ВВМ. 121 с.
2. Веденеев А.М., Землянская И.В., Игнатов М.С. [и др.] (2006). Красная книга Волгоградской области. Комитет охраны природы Администрации Волгоградской области. Волгоград. ВОО "ТОРНП "Свободное слово". Том. 2. 236 с.
3. Arzac, A., García-Cervigón, A.I., Vicente-Serrano, S.M., Loidi, J., Olano, J.M. Phenological shifts in climatic response of secondary growth allow *Juniperus sabina* L. to cope with altitudinal and temporal climate variability. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2016. Vol. 217. P. 35-45. DOI: 10.1016/j.agrformet.2015.11.011.
4. Akaberi, M., Boghrati, Z., Amiri, M.S., Khayyat, M.H., Emami, S.A. A review of conifers in Iran: Chemistry, biology and their importance in traditional and modern medicine. *Current Pharmaceutical Design*. 2020. Vol. 26. Iss. 14. P. 1584-1613. DOI: 10.2174/1381612826666200128100023.
5. Altaeva, A.A., Shamganova, L.S., Zhirnov, A.A. (2019). Digital simulation of the orlov deposit surface using geoinformation technologies. *Gornyi Zhurnal*. Vol. 4. P. 77-80. DOI: 10.17580/gzh.2019.04.17.
6. Arkhipova, O.E., Buziyan, K.S. (2019). Using GIS technologies for analysis of on-farm land management. *InterCarto, InterGIS*. Vol. 25. P. 362-373. DOI: 10.35595/2414-9179-2019-1-25-362-373.
7. Baklanov, P.Y. (2021). Monitoring of Regional Nature Management. *Geography and Natural Resources*. Vol. 42. Iss. 3. P. 195-201. DOI: 10.1134/S1875372821030057.
8. Castaldi, C., Marchi, M., Vacchiano, G., Corona, P. Douglas-fir climate sensitivity at two contrasting sites along the southern limit of the European planting range. *Journal of Forestry Research*. 2020. Vol. 31. Iss. 6. P. 2193-2204. DOI: 10.1007/s11676-019-01041-5.
9. Global Biodiversity Information Fund [Electronic resource]: database. – Access mode: <https://www.gbif.org> (Date of access: 20.1.2022).
10. García-Cervigón, A.I., Velázquez, E., Wiegand, T., Escudero, A., Olano, J.M. Colonization in Mediterranean old-fields: the role of dispersal and plant-plant interactions. *Journal of Vegetation Science*. 2017. Vol. 28. Iss. 3. P. 627-638. DOI: 10.1111/jvs.12500.

11. Hazubska-Przybył, T. Propagation of Juniper species by plant tissue culture: A mini-review. *Forests*. 2019. Vol. 10. Iss. 11. № 1028. P. 1-17. DOI: 10.3390/f10111028.
12. Kadochnikov, A.A. (2019). Application of geoinformation technologies for arranging a satellite monitoring system. *Geodezia i Kartografia*. Vol. 80. Iss. 1. P. 110-118. DOI: 10.22389/0016-7126-2019-943-1-110-118.
13. Kounadi, O., Resch, B. (2018). A Geoprivacy by Design Guideline for Research Campaigns That Use Participatory Sensing Data. *Journal of Empirical Research on Human Research Ethics*. Vol. 13. Iss. 3. P. 203-222. DOI: 10.1177/1556264618759877.
14. Karavitis, C.A., Tsesmelis, D.E., Skondras, N.A., Stamatakis, et. all. (2014). Linking drought characteristics to impacts on a spatial and temporal scale. *Water Policy*. Vol. 16. Iss. 6. P. 1172-1197. DOI: 10.2166/wp.2014.205.
15. Le Saout, S., Hoffmann, M., Shi, Y., Hughes, A., Bernard, C., Brooks, T.M., et. all. (2013). Protected areas and effective biodiversity conservation. *Science*. Vol. 342. Iss. 6160. P. 803-805. DOI: 10.1126/science.1239268.
16. Mazur, M. (2021). Differentiation of Mediterranean species of *Juniperus* from the *Sabina* section as a result of their migrations. *Plant and Fungal Systematics*. Vol. 66. Iss. 2. P. 141-154. DOI: 10.35535/pfsyst-2021-0013.
17. Mazur, M., Boratyński, A., Boratyńska, K., Marcysiak, K. (2021). Weak geographical structure of *Juniperus sabina* (Cupressaceae) morphology despite its discontinuous range and genetic differentiation. *Diversity*. Vol. 13. Iss. 10. No. 470. DOI: 10.3390/d13100470.
18. Martynova, N., Budarova, V. (2021). Geoinformation monitoring of the territory of Western Siberia. *E3S Web of Conferences*. Vol. 244. No. 03026. DOI: 10.1051/e3sconf/202124403026.
19. SRTM 90m Digital Elevation Database [Electronic resource]: database. – Access mode: <https://srtm.csi.cgiar.org/> (Date of access: 20.1.2022).
20. Sillett, S.C., Kramer, R.D., Van Pelt, R., Carroll, A.L., Campbell-Spickler, J., Antoine, M.E. Comparative development of the four tallest conifer species. *Forest Ecology and Management*. 2021. Vol. 480. № 118688. P. 1-23. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118688.

The Spatial Distribution monitoring of the *Juniperus sabina* L. in Volgograd Region

Victoria A. Semenyutina

candidate of Biological Sciences, Researcher at the Laboratory of Bioecology of Woody Plants
Federal Research Centre of Agroecology, Complex Melioration, and Forest Reclamations RAS
Volgograd, Russia
VSem89@mail.ru
 0000-0002-7345-2740

Maxim V. Tsoi

postgraduate student, junior researcher at the Laboratory of Bioecology of Woody Plants
Federal Research Centre of Agroecology, Complex Melioration, and Forest Reclamations RAS
Volgograd, Russia
tsoy-m@vfanc.ru
 0000-0003-2139-7919

Received 18.02.2022

Accepted 04.03.2022

Published 15.06.2022

 10.25726/e2173-5448-8466-e

Abstract

The distribution of species and populations of living organisms is largely associated with limited natural environmental factors and environmental conditions. An important diagnostic indicator of the state of population dynamics is a change in the detection of distribution, which can reflect both the state of the population and the factors that influenced the formation of the distribution zone. The aim of the study was to monitor the distribution of *Juniperus sabina* L. in the Volgograd region using GIS technologies. The natural populations of the *Juniperus sabina* L. of the cypress family (Cupressaceae) were studied. The determination process (outlining the distribution contours of the *J. sabina* L. on satellite images) was carried out by the color selection algorithm "Color Range" in the Adobe Photoshop program, images of 11 model plots (5 on sandy and 6 on chalky soils) were used as a study of the structure method. According to the results of the monitoring of the selection of *J. sabina* L. in the Volgograd region, three large populations were identified: on chalky soils in the vicinity. Melokletsky and Kh. Kamyshinsky, at an altitude of 50-200 meters; in the villages of Mikhailovka, Goskonyushnya at an altitude of 50-100 meters; on sandy in the central part of the Archedinsky-Don sands in the observation zone from the farms: Chernopolyansky, Vyezdinsky, Shlyakhovsky, Shkolny at an altitude of 50-100 meters above sea level. The process of determination of the *J. sabina* L. on satellite images makes it possible to identify possible concentrations: the negative dynamics of identifying the distribution of the *J. sabina* L. populations was noted in the model areas of the Archedinsko-Don Sands up to 39.46% of detection, up to 36% on chalky soils. In the course of the experience gained in using the Color Range tool to determine the *J. sabina* L. population on satellite imagery, the prospects for using neural networks in research with the integration of the color selection algorithm were determined, which theoretically can level the proven method. studies related to the change in secondary density, updated by the total area and the state of the population state of the *J. sabina* L. in the Volgograd region.

Keywords

Juniperus sabina, GIS technologies, population, natural population, color range, monitoring, attendance.

The research was carried out within the framework of the state task No. 0508-2021-0001 "Scientific foundations and technologies for enriching the dendroflora of forest reclamation complexes with economically valuable woody and shrubby plants in order to prevent degradation and desertification of territories" (Registration number: 121041200197-8); financing

References

1. Afonin A.N., Sokolova Ju.V. (2018). Jekologo-geograficheskij analiz i modelirovanie rasprostraneniya biologicheskikh ob#ektov s ispol'zovaniem GIS. Uchebnoe posobie (Praktikum). SPb: Izd-vo VVM. 121 s.
2. Vedeneev A.M., Zemljanskaja I.V., Ignatov M.S. [i dr.] (2006). Krasnaja kniga Volgogradskoj oblasti. Komitet ohrany prirody Administracii Volgogradskoj oblasti. Volgograd. VGOO "TORNP "Svobodnoe slovo". Tom. 2. 236 s.
3. Arzac, A., García-Cervigón, A.I., Vicente-Serrano, S.M., Loidi, J., Olano, J.M. Phenological shifts in climatic response of secondary growth allow *Juniperus sabina* L. to cope with altitudinal and temporal climate variability. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2016. Vol. 217. P. 35-45. DOI: 10.1016/j.agrformet.2015.11.011.
4. Akaberi, M., Boghrati, Z., Amiri, M.S., Khayyat, M.H., Emami, S.A. A review of conifers in Iran: Chemistry, biology and their importance in traditional and modern medicine. *Current Pharmaceutical Design*. 2020. Vol. 26. Iss. 14. P. 1584-1613. DOI: 10.2174/1381612826666200128100023.
5. Altaeva, A.A., Shamganova, L.S., Zhirnov, A.A. (2019). Digital simulation of the orlov deposit surface using geoinformation technologies. *Gornyi Zhurnal*. Vol. 4. P. 77-80. DOI: 10.17580/gzh.2019.04.17.
6. Arkhipova, O.E., Buziyan, K.S. (2019). Using GIS technologies for analysis of on-farm land management. *InterCarto, InterGIS*. Vol. 25. P. 362-373. DOI: 10.35595/2414-9179-2019-1-25-362-373.

7. Baklanov, P.Y. (2021). Monitoring of Regional Nature Management. Geography and Natural Resources. Vol. 42. Iss. 3. P. 195-201. DOI: 10.1134/S1875372821030057.
8. Castaldi, C., Marchi, M., Vacchiano, G., Corona, P. Douglas-fir climate sensitivity at two contrasting sites along the southern limit of the European planting range. Journal of Forestry Research. 2020. Vol. 31. Iss. 6. P. 2193-2204. DOI: 10.1007/s11676-019-01041-5.
9. Global Biodiversity Information Fund [Electronic resource]: database. – Access mode: <https://www.gbif.org> (Date of access: 20.1.2022).
10. García-Cervigón, A.I., Velázquez, E., Wiegand, T., Escudero, A., Olano, J.M. Colonization in Mediterranean old-fields: the role of dispersal and plant–plant interactions. Journal of Vegetation Science. 2017. Vol. 28. Iss. 3. P. 627-638. DOI: 10.1111/jvs.12500.
11. Hazubska-Przybył, T. Propagation of Juniper species by plant tissue culture: A mini-review. Forests. 2019. Vol. 10. Iss. 11. № 1028. P. 1-17. DOI: 10.3390/f10111028.
12. Kadochnikov, A.A. (2019). Application of geoinformation technologies for arranging a satellite monitoring system. Geodezia i Kartografia. Vol. 80. Iss. 1. P. 110-118. DOI: 10.22389/0016-7126-2019-943-1-110-118.
13. Kounadi, O., Resch, B. (2018). A Geoprivacy by Design Guideline for Research Campaigns That Use Participatory Sensing Data. Journal of Empirical Research on Human Research Ethics. Vol. 13. Iss. 3. P. 203-222. DOI: 10.1177/1556264618759877.
14. Karavitis, C.A., Tsesmelis, D.E., Skondras, N.A., Stamatakis, et. all. (2014). Linking drought characteristics to impacts on a spatial and temporal scale. Water Policy. Vol. 16. Iss. 6. P. 1172-1197. DOI: 10.2166/wp.2014.205.
15. Le Saout, S., Hoffmann, M., Shi, Y., Hughes, A., Bernard, C., Brooks, T.M., et. all. (2013). Protected areas and effective biodiversity conservation. Science. Vol. 342. Iss. 6160. P. 803-805. DOI: 10.1126/science.1239268.
16. Mazur, M. (2021). Differentiation of Mediterranean species of Juniperus from the Sabina section as a result of their migrations. Plant and Fungal Systematics. Vol. 66. Iss. 2. P. 141-154. DOI: 10.35535/pfsyst-2021-0013.
17. Mazur, M., Boratyński, A., Boratyńska, K., Marcysiak, K. (2021). Weak geographical structure of juniperus sabina (Cupressaceae) morphology despite its discontinuous range and genetic differentiation. Diversity. Vol. 13. Iss. 10. No. 470. DOI: 10.3390/d13100470.
18. Martynova, N., Budarova, V. (2021). Geoinformation monitoring of the territory of Western Siberia. E3S Web of Conferences. Vol. 244. No. 03026. DOI: 10.1051/e3sconf/202124403026.
19. SRTM 90m Digital Elevation Database [Electronic resource]: database. – Access mode: <https://srtm.csi.cgiar.org/> (Date of access: 20.1.2022).
20. Sillett, S.C., Kramer, R.D., Van Pelt, R., Carroll, A.L., Campbell-Spickler, J., Antoine, M.E. Comparative development of the four tallest conifer species. Forest Ecology and Management. 2021. Vol. 480. № 118688. P. 1-23. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118688.

**«Наука.Мысль: электронный периодический журнал»
2022 1**

ISSN 0224-0152

**Реестровая запись о регистрации Эл № ФС 77 – 46701 от 23.09.2011
Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)**

Рукописи подвергаются редакционной обработке
Точки зрения авторов и редакционной коллегии могут не совпадать
Авторы публикуемых материалов несут ответственность за их научную достоверность

Адрес редакции:

216783, Смоленская область, с. Понизовье, ул. К.Н. Чибисова, 26-10
e-mail: info@grreview.ru, <https://grreview.ru>
т. +7-995-907-64-01

Подписано к размещению 15.10.2022

Учредитель Подколзин М.М., 2022

**«World Ecology Journal»
2022 1**

ISSN 0224-0152

**Registry record of registration Эл № ФС 77 – 46701 от 23.09.2011
Registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and
Mass Communications (Roskomnadzor)**

Manuscripts are exposed to editorial processing
The points of view of authors and an editorial board can not coincide
Authors of the published materials bear responsibility for their scientific reliability

Address of the editorial office:

216783, Smolensk st., Ponizovye, Chibisova St., 26-10
e-mail: info@grreview.ru, <https://grreview.ru>
ph. +7-995-907-64-01

Signed to placement 15.10.2022

© Founder Mikhail M. Podkolzin, 2022