

УДК: 504.062.2

DOI: 10.35595/2414-9179-2025-2-31-442-456

Р. С. Лужков¹, А. А. Пакина²

**АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ЗАЩИТНОГО ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-МЕТОДОВ
(НА ПРИМЕРЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ)**

АННОТАЦИЯ

В настоящее время защитное лесоразведение рассматривается в качестве одного из эффективных инструментов управления землепользованием, в первую очередь в староосвоенных регионах с высокой долей сельскохозяйственных угодий. Создание системы защитных лесонасаждений в соответствии с принципами адаптивно-ландшафтного земледелия является важным условием обеспечения экологической и продовольственной безопасности страны. Практическая реализация лесомелиоративной деятельности включает организационные, лесоводственные и другие мероприятия по выращиванию, содержанию и эксплуатации природных и искусственных насаждений, обеспечивающих защиту сельскохозяйственных угодий от неблагоприятных природных явлений и техногенных воздействий. На примере Белгородской обл., где с 2010 г. реализуется проект «Зеленая столица», в статье рассматриваются результаты лесной мелиорации и анализируются возможности ее оптимизации с использованием ГИС-методов. Анализ современного состояния лесонасаждений в модельных районах, различающихся средним уровнем приживаемости, с применением визуального дешифрирования космических снимков и верификации полученных данных в ходе полевых выездов позволяют определить факторы, оказывающие влияние на проведение лесомелиорации в регионе исследования. С использованием цифровой модели рельефа на основе данных SRTM в работе проведен анализ влияния морфометрических характеристик рельефа (крутизна и экспозиция склона) на приживаемость древесных растений. Наиболее высокие показатели приживаемости древесных пород характерны для участков северной экспозиции с крутизной склона в диапазоне 0–2°. Проведенное исследование позволило определить границы участков защитных лесных насаждений, сформированных в Старооскольском и Губкинском городских округах и в Чернянском районе, а также выявить характеристики участков, соответствующие благоприятным условиям проведения лесомелиоративных работ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ландшафтно-адаптивное земледелие, защитное лесоразведение, ГИС-методы, орографические факторы, Белгородская область

¹ Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, географический факультет, Ленинские горы, д. 1, Москва, Россия, 119991, e-mail: roma.roman-luzhkov@yandex.ru

² Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, географический факультет, Ленинские горы, д. 1, Москва, Россия, 119991, e-mail: allapa@yandex.ru

Roman S. Luzhkov¹, Alla A. Pakina²

THE ANALYSIS OF PROTECTIVE AFFORESTATION FACTORS USING GIS METHODS (ON EXAMPLE OF THE BELGOROD REGION)

ABSTRACT

Currently, protective afforestation is considered as one of the effective tools for land use management, primarily in old-developed regions with a high proportion of agricultural land. The creation of a system of protective forest plantations in accordance with the principles of adaptive landscape farming is an important condition for ensuring the ecological and food security of the country. The practical implementation of forest reclamation activities includes organizational, forestry and other measures for the cultivation, maintenance and exploitation of natural and artificial plantings that protect agricultural land from adverse natural phenomena and man-made impacts. Using the example of the Belgorod Region, where the Green Capital project has been implemented since 2010, the article examines the results of forest reclamation and analyzes the possibilities of its optimization using GIS methods. An analysis of the current state of forest plantations in model areas with an average survival rate, using visual decoding of satellite images and verification of the data obtained during field visits, makes it possible to determine the factors influencing forest reclamation in the study region. Using a digital relief model based on SRTM data, the paper analyzes the effect of morphometric relief characteristics (steepness and slope exposure) on the survival of woody plants. The highest survival rates of tree species are typical for areas of northern exposure and slope steepness in the range of 0–2°. The conducted research made it possible to determine the boundaries of the sites of protective forest plantations formed within the Starooskolsky and Gubkinsky urban districts and the Chernyansky District, as well as to identify the characteristics of the sites corresponding to favorable conditions for forest reclamation work.

KEYWORDS: landscape-adaptive agriculture, protective afforestation, GIS methods, orographic factors, Belgorod Region

ВВЕДЕНИЕ

Защитное лесоразведение сегодня рассматривается как важный элемент государственной стратегии сохранения окружающей среды, рационального использования и приумножения природно-ресурсного потенциала РФ, решения проблем ее экологической и продовольственной безопасности. Масштабы и объемы лесомелиоративных работ (ЛМР) с учетом сложной экологической обстановки в агросфере страны, а также приоритетные направления защитного лесоразведения обоснованы в «Стратегии развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2025 года»³, что подтверждает их основополагающую роль в сохранении плодородия почв и предотвращении их деградации и опустынивания. Вместе с этим в стране отмечаются низкие темпы и качество лесо-

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, 1, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia, *e-mail: roma.roman-luzhkov@yandex.ru*

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, 1, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia, *e-mail: allapa@yandex.ru*

³ Кулак К. Н. и др. Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2025 года, переработанная и дополненная. ФНЦ агроэкологии РАН, 2018. Электронный ресурс: <https://vfanc.ru/wp-content/uploads/2023/04/strategiya-razvitiya-zlr18-2.pdf?ysclid=mcgh18yf1h482523601> (дата обращения 28.04.2025)

мелиоративных и лесохозяйственных работ, которые часто носят фрагментарный характер [Кулик, 2017].

Белгородская область относится к староосвоенным регионам, в которых отмечаются высокие уровни преобразованности природных ландшафтов и антропогенной нагрузки. Для области характерны экологические проблемы, связанные с высокой степенью распашки территории и сверхнормативным использованием земель в сельском хозяйстве, что приводит к комплексу агроэкологических проблем:

- загрязнению почв и водных объектов в результате нерационального внесения удобрений и применения химикатов;
- нарушению баланса биогенных элементов;
- деградации почвенного покрова в результате водной и ветровой эрозии.

Решение экологических проблем в агросфере региона — длительный трудоемкий процесс, важную роль в котором играет комплекс мелиоративных и планировочных мер в соответствии с принципами адаптивно-ландшафтного земледелия.

Для решения агроэкологических проблем Белгородской обл. был инициирован проект «Зеленая столица», в рамках которого предпринимаются меры по развитию защитного лесоразведения. Одним из направлений проекта является облесение эрозионно-опасных участков, деградированных и малопродуктивных угодий и водоохраных зон, что позволяет отнести данные лесомелиоративные мероприятия к категории защитного лесоразведения. По оценкам исследователей, ЛМР в объеме 100,27 тыс. га позволяют увеличить лесистость территории области до оптимальных 15,7 % [Дегтярь, Григорьева, 2018], что, в свою очередь, даст возможность снизить масштабы деградации почвенного покрова от ветровой и водной эрозии.

Реализация проектных решений на практике получила неоднозначные оценки. Ряд исследователей отмечают, что ЛМР осуществляются с учетом проектов бассейнового природопользования (ПП) и адаптивно-ландшафтных систем земледелия и охраны почв; также производится учет мнения граждан по поводу перевода земель из категории малоиспользуемых пастбищ в категорию лесных насаждений [Григорьева, 2015; Китов и др., 2016; Кирюшин, 2021]. Однако отмечаются и отрицательные последствия такой деятельности — защитное лесоразведение может вести к утрате степных сообществ, уничтожению редких видов, занесенных в Красные книги различного уровня, увеличению эрозии и плоскостного смыва почв [Титова и др., 2014]. Одной из главных причин возникающих противоречий, на наш взгляд, является отсутствие последовательных решений по включению участков с защитными лесными насаждениями в структуру землепользования староосвоенного региона, что ведет к конфликтам между лесохозяйственным, природоохранным и сельскохозяйственным типами ПП. Неоднозначность результатов защитного лесоразведения обуславливает необходимость изучения сложившейся ситуации и определения подходов к оптимизации этого вида агролесомелиорации.

Одним из наиболее эффективных методов решения проблем в сфере лесомелиоративных работ является использование геоинформационных технологий, которые дают возможность установить местоположение защитных лесонасаждений (ЗЛН) и их экологические характеристики [Ateşoğlu, 2015; Нарожняя, Ченdev, 2020]. Геоинформационная база с участками защитного лесоразведения позволит создать основу для определения наиболее подходящих мест посадки защитных лесонасаждений с учетом физико-географических особенностей территории и структуры землепользования. Вместе с тем это даст возможность провести анализ участков защитного лесоразведения на предмет эффективности их использования. Второй аспект особенно важен, т. к. Распоряжением Правительства Белгородской области № 257-рп от 10.04.2023 утверждено проведение

мероприятий по восстановлению погибших и ремонту изреженных лесных посадок по итогам выполнения планового задания за период 2010–2020 гг. в пределах ранее созданных участков областного проекта «Зеленая столица»¹. Анализ результатов проекта и разработка научно-практических рекомендаций по защитному лесоразведению дают возможность выбрать оптимальный вариант проведения предусмотренных мероприятий, что позволяет говорить о высокой актуальности проводимых исследований.

В связи с этим цель проводимого исследования заключается в выявлении факторов, способствующих или препятствующих организации защитного лесоразведения в Белгородской обл. Задачи исследования включают в себя:

- изучение современной ситуации в защитном лесоразведении региона;
- анализ возможностей ГИС-методов по учету и формированию единой пространственной базы созданных участков защитного лесоразведения;
- определение возможностей использования цифровой модели рельефа с целью выявления оптимальных условий для проведения защитного лесоразведения с учетом приживаемости защитных лесных насаждений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методика исследования включала в себя:

- изучение нормативных документов, устанавливающих порядок реализации мероприятий в рамках проекта «Зеленая столица»;
- выбор модельных районов исследования для проведения полевых исследований, направленных на определение современного состояния ЗЛН;
- создание геоинформационной системы, отражающей местоположение и границы участков защитного лесоразведения;
- выявление возможностей проведения ЛМР с учетом орографических характеристик и данных о приживаемости ЗЛН, а также анализ данных параметров участков, созданных в рамках проекта «Зеленая столица».

В процессе изучения нормативно-правовых актов было установлено, что основным документом, регламентирующим проведение лесомелиоративных работ в рамках проекта «Зеленая столица», является Распоряжение Правительства Белгородской области от 25.01.2010 № 35-рп «О концепции областного проекта „Зеленая столица“»². Проектом предусматривается проведение облесения согласно плановому заданию для каждого муниципального образования на период 2010–2020 гг. Кроме того, было рассмотрено Распоряжение Правительства Белгородской области от 15.02.2021 № 63-рп «О внесении изменений в распоряжение Правительства Белгородской области от 25.01.2010 № 35-рп», которое определяет объемы мероприятий по восстановлению погибших и ремонту изреженных лесных посадок в период после 2020 г.³

Наряду с изучением нормативно-правовой основы проекта «Зеленая столица», производился анализ данных о его результатах, которые отражены в материалах инвента-

¹ Распоряжение Правительства Белгородской области № 257-рп от 10 апреля 2023 г. «О внесении изменений в распоряжение Правительства Белгородской области от 25 января 2010 года № 35-рп». Электронный ресурс: <https://docs.cntd.ru/document/406631814?ysclid=ma08ly4hks153108379> (дата обращения 28.04.2025)

² Распоряжение Правительства Белгородской области № 35-рп от 25 января 2010 г. «О концепции областного проекта „Зеленая столица“». Электронный ресурс: <https://docs.cntd.ru/document/428670861?ysclid=lwnej11woo67310186> (дата обращения 28.04.2025)

³ Распоряжение Правительства Белгородской области № 63-рп от 15 февраля 2021 г. «О внесении изменений в распоряжение Правительства Белгородской области от 25 января 2010 года № 35-рп». Электронный ресурс: <https://docs.cntd.ru/document/574636924?marker=64U0IK> (дата обращения 28.04.2025)

ризации созданных культурных лесных насаждений. Одной из главных проблем является отсутствие информации о границах создаваемых участков ЗЛН, что ведет к обострению конфликтов природопользования. Было установлено, что при создании участков фиксируются исключительно координаты центра участка, поэтому в ходе исследований были определены границы участков защитных насаждений. Для выбора модельных районов в границах Белгородской обл. использовались данные о приживаемости деревьев как основного показателя, отражающего эффективность лесомелиоративной деятельности. Сводные результаты о приживаемости растений были получены в Департаменте лесного хозяйства Министерства природопользования Белгородской обл. Данные были собраны в рамках проводимой лесничествами инвентаризации высаженных лесных культур, в ходе которой определялись уровни приживаемости растений на каждом отдельном участке лесоразведения. По осредненным показателям для каждого муниципального образования сделан вывод об уровне приживаемости лесных культур. Полевые выезды проводились в летний период 2023 г. в три муниципальных района, имеющих высокие (Старооскольский городской округ (ГО)), средние (Чернянский район) и низкие (Губкинский ГО) показатели приживаемости ЗЛН. Исследования выполнялись в т. ч. для верификации косвенных дешифровочных признаков, используемых для определения местоположения и границ участков лесонасаждений. К таким признакам отнесены наличие борозд в пределах овражно-балочной сети, в которые производилась посадка растений, и молодняка определенных пород деревьев, высаживаемых в ходе лесомелиоративных работ в период 2010–2015 гг. и имеющих размеры выше пространственного разрешения космических снимков на момент исследования. В ходе полевого обследования произведено опробование методики определения границ участков защитного лесоразведения по космическим снимкам для 23 репрезентативных участков в Старооскольском ГО, 20 — в Чернянском районе и 27 — в Губкинском ГО.

Полученные в ходе полевых выездов данные позволили произвести анализ космических снимков высокого пространственного разрешения (не ниже 5 м/пикс), полученных из Интернет-ресурса *Google Earth*¹ на территории модельных районов. Данный источник информации базируется на использовании изображений из различных источников: спутниковые снимки, аэрофотосъемка, рендеринг трехмерных моделей. На территорию исследования снимки были сделаны в период 2020–2022 г., что позволяет использовать их для идентификации участков облесения в рамках проекта «Зеленая столица», созданных в период 2010–2020 гг. В результате в геоинформационной программе QGIS 3.28.11 удалось создать три базы пространственных данных, отражающие местоположение и границы участков защитного лесоразведения для модельных районов исследования.

Наличие пространственной информации об участках ЗЛН позволило определить их орографические характеристики с целью выявления зависимостей от данного показателя и установления оптимальных условий для произрастания древесных насаждений. Для этого использовалась цифровая модель рельефа (ЦМР) — радарная топографическая съемка (радиолокационная топографическая миссия шаттла, или SRTM — *Shuttle Radar Topography Mission*²). Морфометрические характеристики рельефа могут объяснить до 50 % изменчивости количественных и качественных характеристик лесов, что доказано путем использования SRTM [Черниховский, 2017].

Пространственное разрешение SRTM составляет 1 угловую секунду (приблизительно 30 м), что позволяет применять данные ЦМР для анализа влияния орографических особенностей территории на приживаемость растений в рамках отдельных участков лесоразведения, площадь которых варьируется от 200 м² до 7 503 300 м². Данные SRTM обрабатывались в геоинформационной программе QGIS при помощи модулей «Крутизна

¹ Google Earth. Электронный ресурс: <https://earth.google.com/web/> (дата обращения 28.04.2025)

² SRTM Tile Grabber. Электронный ресурс: <https://www.dwtkns.com/srtm/> (дата обращения 28.04.2025)

склонов» и «Экспозиция». Первый модуль позволяет создать карты крутизны поверхности земли с делением территории на 0–2°, 3–7°, 8–12°, 13–17°, 18–23°. Второй модуль дает возможность создать карты преобладающей экспозиции склонов: северная, восточная, южная и западная. После преобразования полученных растровых изображений в векторные слои определялась площадь каждой выделенной категории орографических параметров в пределах участков защитного лесоразведения с различным уровнем приживаемости. Определение сводных результатов, отражающих орографические характеристики участков защитного лесоразведения, производилось путем сохранения векторных слоев в формате CSV и последующей обработкой данных в программе Microsoft Excel. Проведенный анализ влияния орографических параметров на показатели приживаемости защитных насаждений позволил определить характеристики участков для создания защитных лесных насаждений, при которых можно прогнозировать более высокую вероятность приживаемости растений.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Областной проект озеленения и ландшафтного обустройства на территории Белгородской обл. «Зеленая столица» нацелен на создание комфортного жизненного пространства для жителей региона. В число направлений проекта входят озеленение и ландшафтное обустройство территорий, рекультивация территорий после техногенного воздействия и др. В данном исследовании внимание было уделено такому направлению проекта, как облесение эрозионно-опасных участков, деградированных и малопродуктивных угодий и водоохраных зон водных объектов, в рамках которого создаются прибалочные/приорважные и прибрежные защитные лесные насаждения.

Согласно нормативно-правовым документам, изначально плановое задание предполагало облесение на площади 56 тыс. га в период до 2015 г., затем программа была продлена до 2020 г. Общая площадь облесения должна была составить 100,27 тыс. га, что позволило бы сократить масштабы негативного воздействия, обусловленного деградацией почвенного покрова. После начала реализации проекта нормативно-правовой документ, определяющий порядок проведения лесомелиоративных мероприятий, ежегодно корректируется для уточнения площадей и выполнения мероприятий по восстановлению погибших и ремонту изреженных лесных посадок. Итоги реализации проекта «Зеленая столица» оформлялись в сводную ведомость инвентаризации лесных культур на участках, высаженных за период 2010–2020 гг. на территории Белгородской обл. В данной ведомости указывалась информация о каждом участке защитного лесоразведения: расположение по отношению к территории сельской администрации, год посадки, наименование местоположения, координаты центра участка, плотность насаждений, способ подготовки почвы (борозды/площадки), способ создания (посев/посадка), приживаемость (0–25 %, 25–50 %, 50–75 %, 75–100 %), распределение видового состава по площадям (дуб черешчатый (*Quercus robur*), клен остролистный (*Acer platanoides L*), липа мелколистная или сердцевидная (*Tilia cordata Mill*), сосна обыкновенная (*Pinus silvestris L*), ель европейская (*Picea abies L*) и др.).

Наряду с безусловно положительными характеристиками проекта (учет проектов бассейнового природопользования и адаптивно-ландшафтных систем земледелия и охраны почв, а также мнения местных жителей), в ходе его реализации выявлены и серьезные проблемы. Так, подготовка почвы под создание защитных лесных культур (распашка, прокладка борозд) наносит значительный ущерб степным и меловым (кальцефильно-степным) сообществам, способствует развитию эрозии, проникновению заносных сорных и эрозиофильных видов. В результате обостряются конфликты между лесохозяйственным, природоохранным и сельскохозяйственным типами ПП. Для предотвращения или снижения интенсивности таких конфликтов необходимо создать условия для включения выделов, отведенных под цели защитного лесоразведения, в структуру землепользования

региона. Поскольку при организации ЗЛН не производится фиксация границ участков, необходимо также обеспечить создание картографической базы земельных угодий, отводимых под цели облесения, что позволит в дальнейшем определить эффективность лесомелиоративных мероприятий.

При выборе модельных районов в данном исследовании в качестве основного показателя эффективности лесомелиоративной деятельности, осуществляющейся в рамках проекта «Зеленая столица», учитывался уровень приживаемости растений. Для этого было выделено несколько категорий приживаемости в зависимости от доли прижившихся лесных насаждений на участке лесоразведения. Данные по каждому участку лесоразведения суммировались по каждой выделенной категории приживаемости. В итоге были получены сводные результаты по всем муниципальным единицам Белгородской обл. (табл. 1).

На основе данных Департамента лесного хозяйства Министерства природопользования был проведен анализ показателя приживаемости деревьев для каждой муниципальной единицы. При переходе к трем категориям приживаемости (низкая, средняя, высокая) было решено объединить категории со значениями 50 % и 50–75 %, соответствующие «средней» приживаемости. Аналогичная операция была проведена с категориями 0–25 % и 25–50 % («низкая» приживаемость) и 50–75 % и 75–100 % («высокая» приживаемость). Согласно полученным результатам, наиболее низкая приживаемость деревьев характерна для Губкинского городского округа (ГО) (70 % участков имеют значения приживаемости 0–25 %). Большинство участков Чернянского района характеризуются средней приживаемостью (95 % имеют значения приживаемости 50–75 %). Одним из районов, демонстрирующих наиболее высокие значения приживаемости, является Старооскольский ГО (для 52 % участков характерны значения приживаемости 50–75 %, для 45 % участков характерны значения приживаемости 75–100 %). Именно эти три муниципальные единицы были выбраны в качестве модельных при проведении полевых исследований.

Границы участков лесоразведения были предварительно определены на основе снимков высокого пространственного разрешения, полученных из Интернет-ресурса Google Earth, по косвенным дешифровочным признакам (рис. 1). По данным инвентаризации лесных насаждений, созданных в рамках проекта «Зеленая столица», установлено, что в Старооскольском ГО способ подготовки почвы путем создания борозд характерен для 99,8 % участков, а для Чернянского района — для 76,5 %. Для Губкинского ГО ситуация определения репрезентативных участков более сложная, т. к. борозды создавались на 26,5 % участков, поэтому в данном районе особое внимание уделялось информации об адресе участка и координатах его центра. Приоритет при выборе репрезентативных участков определялся также наличием меловых выходов, обнаруженных в результате распашки, что связано с необходимостью учета ущерба при трансформации и утрате мест обитания уникальных петрофитных сообществ.

Полевые исследования в пределах выбранных муниципальных образований позволили сделать вывод о применимости выбранного методического подхода к выявлению и картографированию участков облесения в рамках проекта «Зеленая столица». В Губкинском ГО на 25 из 27 (92,6 %) обследованных участков было подтверждено наличие признаков распашки, которые заключались в наличии микроформ рельефа антропогенного характера. Вместе с тем, в пределах борозд на 19 из 27 участках (70,3 %) отмечалось наличие сорных видов растений, что является следствием восстановления нарушенного в результате антропогенного воздействия почвенно-растительного покрова, которое начинается с зарастания созданных борозд сорными видами растений. Среди сорной растительности отмечается прежде всего Бодяк полевой или Розовый осот (*Cirsium arvense*), Пырей ползучий (*Elytrigia repens*), Хвощ полевой (*Equisetum arvense*) и др.

Табл. 1. Показатели приживаемости деревьев, высаженных в рамках проекта по озеленению и ландшафтному обустройству «Зеленая столица» за период 2010–2020 гг.

Table 1. The survival rates of trees planted as part of the “Green Capital” Landscaping project for the period 2010–2020

| № | Наименование муниципальной единицы | Приживаемость защитных лесных насаждений, % | | | | Уровень средней приживаемости лесных насаждений | | | |
|----|------------------------------------|---|---------|---------|----------|---|------------|-----------|----------------------|
| | | 0–25 % | 25–50 % | 50–75 % | 75–100 % | низкий | средний | высокий | общая характеристика |
| 1 | Алексеевский ГО | 1 | 33 | 64 | 2 | 34 | 97* | 66 | средний |
| 2 | Белгородский район | 28 | 25 | 34 | 13 | 53 | 59 | 47 | средний |
| 3 | Борисовский район | 1 | 2 | 41 | 56 | 3 | 43 | 97 | высокий |
| 4 | Валуйский ГО | 1 | 14 | 84 | 2 | 15 | 98 | 85 | средний |
| 5 | Вейделевский район | 32 | 20 | 37 | 11 | 51 | 57 | 49 | средний |
| 6 | Волоконовский район | 6 | 15 | 69 | 10 | 21 | 84 | 79 | средний |
| 7 | Грайворонский ГО | 0 | 1 | 59 | 40 | 1 | 60 | 99 | высокий |
| 8 | Губкинский ГО** | 70 | 18 | 7 | 5 | 88 | 25 | 12 | низкий |
| 9 | Ивнянский район | 60 | 27 | 12 | 1 | 87 | 39 | 13 | низкий |
| 10 | Корочанский район | 3 | 18 | 61 | 19 | 20 | 79 | 80 | высокий |
| 11 | Красненский район | 18 | 47 | 29 | 7 | 65 | 76 | 35 | средний |
| 12 | Красногвардейский район | 28 | 38 | 29 | 5 | 66 | 67 | 34 | средний |
| 13 | Краснояружский район | 18 | 19 | 58 | 5 | 36 | 77 | 64 | средний |
| 14 | Новооскольский ГО | 17 | 19 | 51 | 13 | 36 | 70 | 64 | средний |
| 15 | Прохоровский район | 60 | 28 | 13 | 0 | 87 | 40 | 13 | низкий |
| 16 | Ракитянский район | 9 | 18 | 39 | 34 | 27 | 57 | 73 | высокий |
| 17 | Ровеньский район | 27 | 25 | 48 | 0 | 52 | 73 | 48 | средний |
| 18 | Старооскольский ГО** | 1 | 3 | 52 | 45 | 4 | 54 | 96 | высокий |
| 19 | Чернянский район** | 1 | 2 | 95 | 2 | 3 | 97 | 97 | средний |
| 20 | Шебекинский ГО | 50 | 32 | 9 | 8 | 82 | 42 | 18 | низкий |
| 21 | Яковлевский ГО | 60 | 19 | 13 | 9 | 79 | 31 | 21 | низкий |

*полужирным курсивом выделено преобладающие значения показателей

**муниципальные единицы выбраны в качестве модельных районов исследования

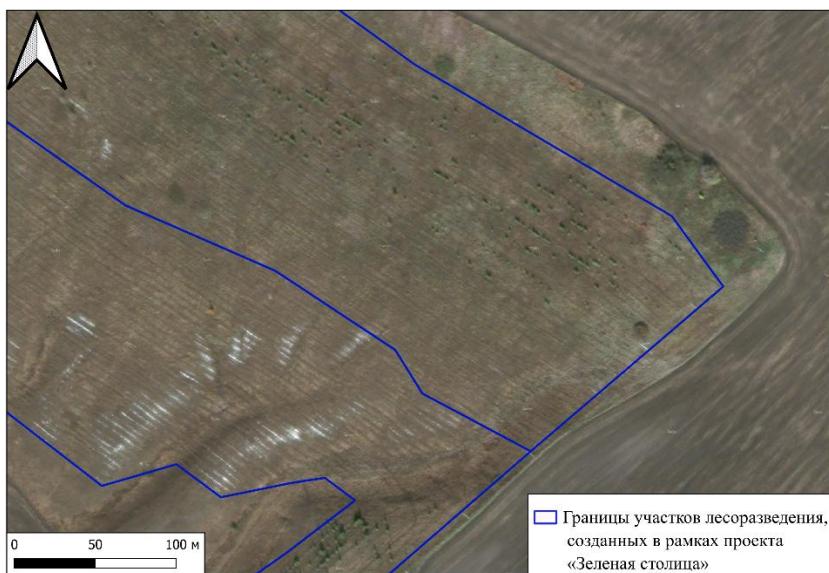


Рис. 1. Участки лесоразведения, созданные в рамках проекта «Зеленая столица» в районе пос. Троицкий Губкинского ГО

(фрагмент снимка из Интернет-ресурса Google Earth, 2020 г.)

Fig. 1. Afforestation site within the framework of the "Green Capital" project

in the Troitskiy settlement area of the Gubkin District

(a fragment of an image from the Google Earth Internet resource, 2020)

Подобная ситуация характерна и для Чернянского района, где на 17 из 20 (85,0 %) участков определены следы создания борозд и на 14 из 20 (70,0 %) выявлено наличие сорных растений в травяном покрове. В Старооскольском ГО отмечены следы трансформации почвенно-растительного покрова на 21 из 23 (91,3 %) обследованных участков, при этом сорная растительность встречается значительно реже — на 4 из 23 (17,3 %), что связано с расположением большого числа участков на плакорах и высокой приживаемостью древесных растений.

Высокий уровень репрезентативности используемого подхода к определению местоположения и границ участков защитного лесоразведения позволил создать соответствующую карту для трех модельных районов исследования (рис. 2).

Формирование базы пространственных данных, содержащей информацию об участках защитного лесоразведения, дает возможность определить факторы, оказывающие влияние на организацию ЛМР в регионе. К ним можно отнести природные (орографический, почвенный, микроклиматический, гидрологический и т. д.) и техногенные (метод посадки лесных культур, метод подготовки почвы и др.). ГИС-методы и данные дистанционного зондирования на сегодняшний день широко применяются для изучения особенностей рельефа, что позволяет учесть их при планировании и проектировании защитных лесополос [Лепехин, Чеканышкин, 2015]. В связи с расположением большинства участков облесения в рамках проекта «Зеленая столица» на склонах балок и оврагов, произведен анализ взаимосвязи уровня приживаемости растений и морфометрических характеристик рельефа, т. е. определена роль орографического фактора в организации защитного лесоразведения в регионе. В качестве таких характеристик выбраны крутизна и экспозиция склона, непосредственно влияющие на приживаемость и дальнейший рост деревьев, особенно в условиях лесостепной зоны, являющейся экотоном. На основе цифровой модели рельефа созданы карты, отражающие уровни приживаемости созданных ЗЛН на различных участках лесоразведения, а также крутизну и экспозицию склонов (рис. 3–4).

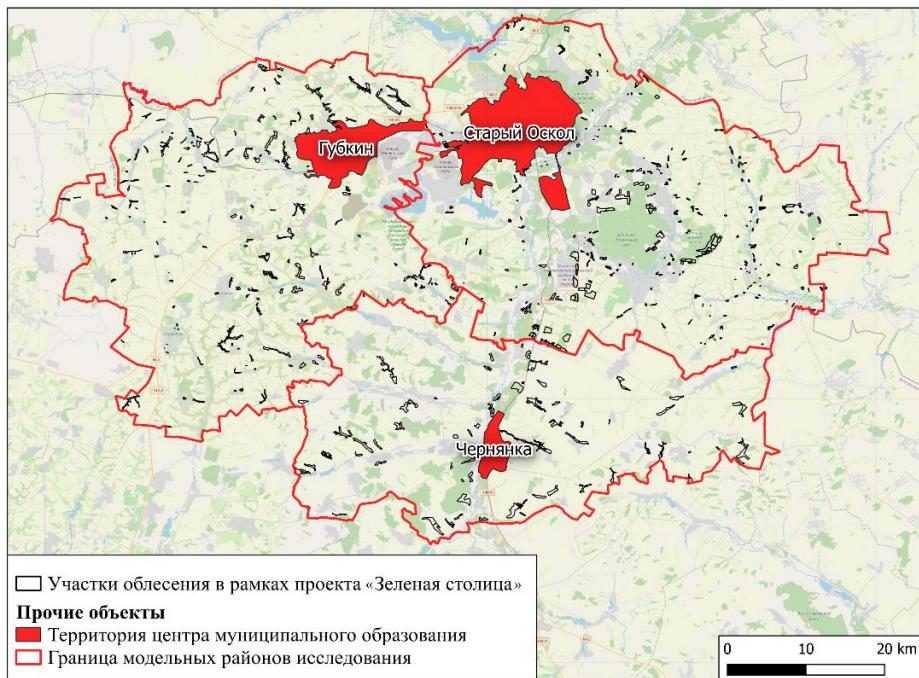


Рис. 2. Участки лесоразведения, созданные в рамках проекта «Зеленая столица»
в пределах территории исследования

Fig. 2. Afforestation sites within the framework of the "Green Capital" project
within the research area

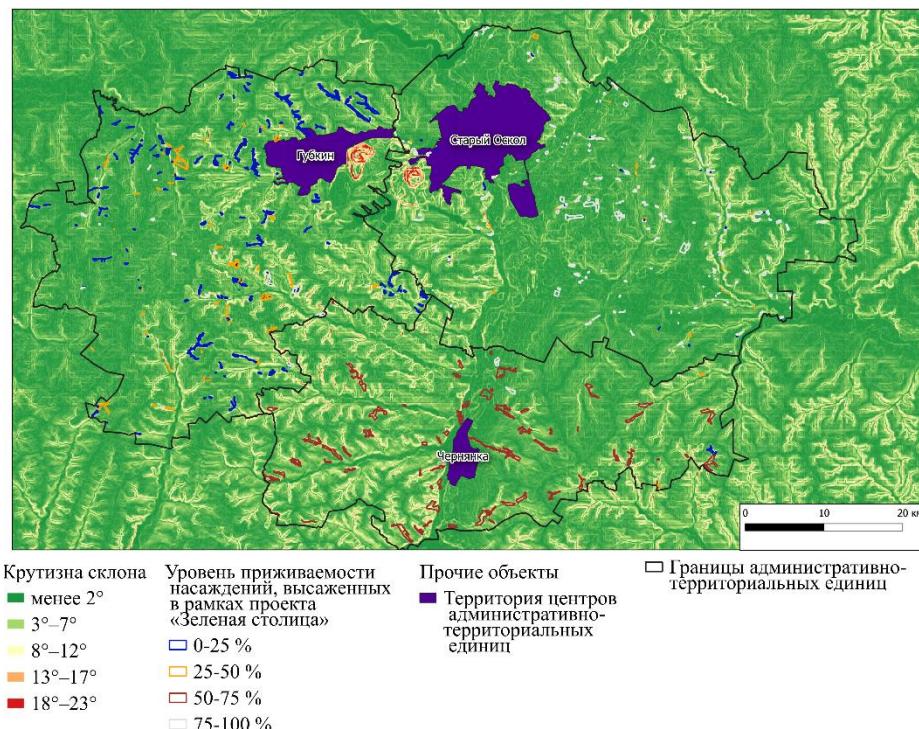


Рис. 3. Зависимость уровня приживаемости древесных пород от крутизны
склона в пределах территории исследования

Fig. 3. Dependence of the survival rate of tree species on the steepness
of the slope within the research area

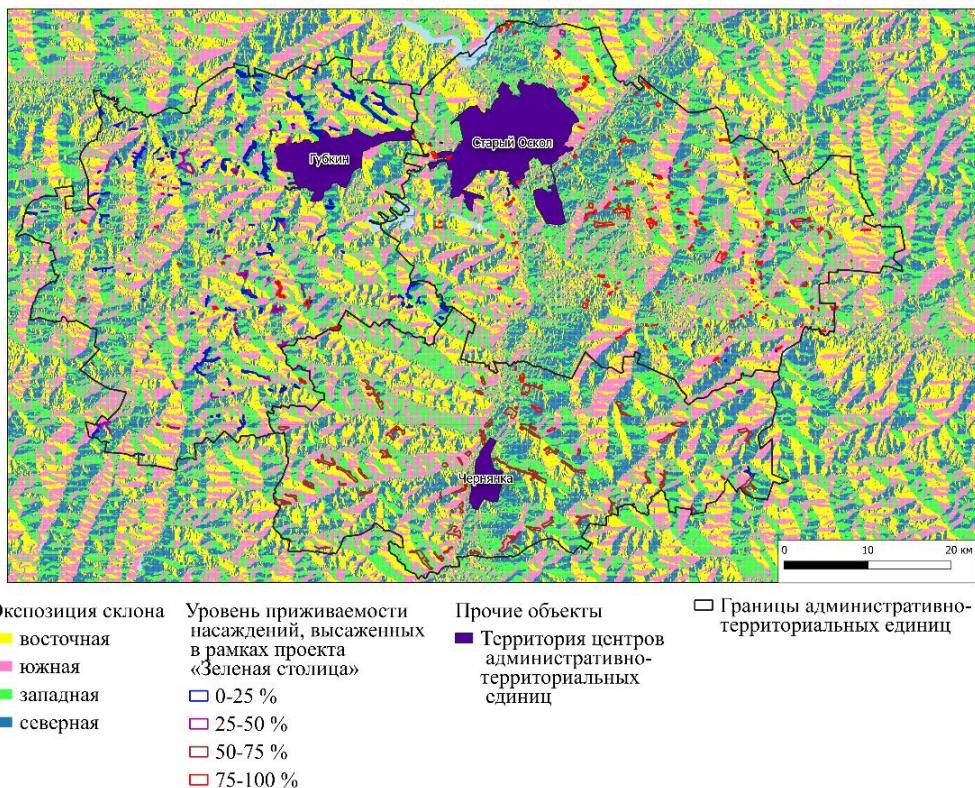


Рис. 4. Зависимость уровня приживаемости древесных пород от экспозиции склона в пределах территории исследования
Fig. 4. Dependence of the survival rate of tree species on the slope exposure within the research area

Анализ зависимости уровня приживаемости древесных пород от крутизны склона позволил выявить различия влияния данного фактора на защитные лесные насаждения. В Старооскольском ГО большая часть территории является плакором, преобладают участки со средним (50–75 %) и высоким (75–100 %) уровнем приживаемости растений. Особенно хорошо это заметно на участках в южной и центральной частях городского округа. В Чернянском районе в целом преобладают участки со средним уровнем приживаемости (50–75 %), что объясняется выбором территорий для целей лесоразведения со средними значениями крутизны склона (3–7°). Примечательно, что наиболее высокие значения приживаемости растений характерны для участков с уклоном до 7° в северной части рассматриваемого района. Для Губкинского ГО отмечается преобладание участков с низким уровнем приживаемости (0–25 %), большинство из которых расположено в пределах овражно-балочной сети на склонах крутизной 3–7°. Наиболее высокие значения приживаемости также характерны для пологих участков в центральной и западной частях городского округа.

В Старооскольском ГО наиболее высокие значения приживаемости растений (75–100 %) характерны для участков с северной и западной экспозицией склонов в южной части округа, при этом в центральной части, несмотря на преобладающую южную экспозицию, отмечаются такие же высокие значения приживаемости. Такие неоднозначные результаты, вероятно, связаны с крутизной склонов, которая составляет на этих участках не более 2°, т. е. древесные породы произрастают на субгоризонтальной поверхности с небольшим уклоном в сторону юга. Большинство участков имеет восточную или западную экспозицию, что объясняет средний уровень приживаемости в 50–75 %. В Чернянском районе наиболее

высокий уровень приживаемости растений (75–100 %) также отмечается на участках северной и западной экспозиций. Вместе с тем ряд участков с уровнем приживаемости 50–75 % имеют южную экспозицию, что говорит о возможном влиянии других физико-географических факторов, к которым можно отнести почвенные, гидрологические, микроклиматические и др. В Губкинском ГО большинство участков с высоким уровнем приживаемости растений (50–75 и 75–100 %) приурочены к склонам северной экспозиции.

Для определения влияния орографических характеристик на приживаемость защитных лесных насаждений произведен анализ распределения различных параметров крутизны и экспозиции склонов в пределах выделенных категорий приживаемости создаваемых лесных посадок для каждого модельного района исследования. Результаты анализа по Чернянскому району, где отмечается «средний» уровень приживаемости ЗЛН, приведены в табл. 2.

Табл. 2. Влияние орографических характеристик на уровень приживаемости создаваемых защитных лесных насаждений в Чернянском районе

Table 2. The influence of orographic characteristics on the survival rate of created protective forest plantations in the Chernyansky District

| Значения орографической характеристики | Уровень приживаемости ЗЛН | | | | | | | |
|--|---------------------------|--------|---------|--------|----------|--------|----------|--------|
| | 0–25 % | | 25–50 % | | 50–75 % | | 75–100 % | |
| | га | % | га | % | га | % | га | % |
| Крутизна склона | | | | | | | | |
| 0–2° | 10,72 | 38,61 | 19,92 | 49,53 | 1 188,11 | 46,45 | 72,67 | 88,00 |
| 3–7° | 16,84 | 60,67 | 19,92 | 49,53 | 1 300,92 | 50,86 | 9,91 | 12,00 |
| 8–12° | 0,20 | 0,72 | 0,38 | 0,94 | 68,98 | 2,70 | 0,00 | 0,00 |
| 13–17° | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Итого: | 27,75 | 100,00 | 40,22 | 100,00 | 2 558,08 | 100,00 | 82,58 | 100,00 |
| Экспозиция склона | | | | | | | | |
| восточная | 10,30 | 37,12 | 0,04 | 0,09 | 511,57 | 20,00 | 10,33 | 12,51 |
| южная | 6,36 | 22,90 | 12,00 | 29,83 | 748,78 | 29,27 | 4,13 | 5,00 |
| западная | 8,73 | 31,45 | 13,45 | 33,44 | 922,17 | 36,05 | 19,62 | 23,77 |
| северная | 2,37 | 8,54 | 14,74 | 36,65 | 375,56 | 14,68 | 48,49 | 58,72 |
| Итого: | 27,75 | 100,00 | 40,22 | 100,00 | 2 558,08 | 100,00 | 82,58 | 100,00 |

В Чернянском районе, как и в других модельных районах, подавляющее большинство участков защитного лесоразведения создавались на склонах с крутизной 0–2° и 3–7°. Вместе с тем в Чернянском районе и Старооскольском ГО наиболее высокие показатели приживаемости отмечаются на участках с минимальной крутизной склона (88,0 % и 96,8 % участков с приживаемостью 75–100 % создавались на участках с крутизной 0–2°). В Губкинском ГО во всех категориях приживаемости участки в большинстве случаев имели крутизну либо 0–2°, либо 3–7°. Низкий уровень приживаемости здесь может быть связан с технологическими особенностями создания ЗЛН (например, более широким применением семян, а не саженцев). Экспозиция также оказывает влияние на уровень приживаемости растений, при этом во всех районах отмечается наиболее благоприятное влияние склонов северной экспозиции на приживаемость ЗЛН (в Губкинском ГО 52,2 % участков с приживаемостью 75–100 % расположены на склонах с северной экспозицией, в Чернянском районе — 58,7 %, в Старооскольском ГО — 33,7 %).

Анализ морфометрических характеристик рельефа в рамках выполненного исследования позволил определить уровень влияния орографического фактора на приживаемость ЗЛН. Оптимальными для лесоразведения в условиях региона исследования являются территории северной экспозиции и крутизной в диапазоне 0–2°. При этом орографические характеристики территории должны рассматриваться в комплексе с другими факторами как природного, так и техногенного характера. Для более полного понимания причин, определяющих уровень приживаемости растений, необходимо наличие пространственной информации о почвенном покрове и гидрологическом режиме территории, микроклиматических особенностях периода, в который были созданы и произрастили ЗЛН, а также о технологии проведения лесомелиоративных работ, что дает задел для проведения дальнейших исследований.

ВЫВОДЫ

Защитное лесоразведение, безусловно, является одним из перспективных подходов к оптимизации природно-антропогенного ландшафта, позволяющих снизить или предотвратить уровень негативного воздействия как на окружающую среду в целом, так и на ее отдельные компоненты. Вместе с тем опыт практической реализации одного из векторов проекта «Зеленая столица», направленного на облесение эрозионно-опасных участков, деградированных и малопродуктивных угодий и водоохраных зон водных объектов в пределах Белгородской обл., свидетельствует о необходимости более тщательного обоснования вариантов размещения участков защитного лесоразведения в целях достижения наибольшего благоприятного эффекта от создания ЗЛН.

В качестве инструмента, позволяющего произвести сбор и хранение пространственной информации о созданных участках защитного лесоразведения, могут быть использованы ГИС-методы. Применение информации об адресах и координатах центров участков, дешифрирование космических снимков по косвенным признакам позволяют определить факторы, оказывающие влияние на проведение защитного лесоразведения. Наличие сведений об участках позволяет обосновать варианты оптимизации защитного лесоразведения в целях повышения уровня приживаемости ЗЛН путем использования цифровой модели рельефа и определения наиболее благоприятных для произрастания древесных пород условий. Проведенный анализ зависимости уровней приживаемости ЗЛН от показателей крутизны и экспозиции склонов показал, что более высокая вероятность приживаемости древесных пород наблюдается на участках северной экспозиции и с крутизной склонов 0–2°.

Результаты исследования могут быть использованы при дальнейшей лесомелиоративной работе в пределах Белгородской обл. по ремонту/восстановлению ЗЛН, созданных в рамках проекта «Зеленая столица», а также при переводе созданных лесных участков из категории земель сельскохозяйственного назначения в лесной фонд. Методические подходы, представленные в исследовании, могут применяться в других регионах лесостепной зоны при выборе участков, планируемых к использованию под цели защитного лесоразведения.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено в рамках темы НИР ГЗ «Устойчивое развитие территориальных систем природопользования». Особую благодарность авторы выражают Департаменту лесного хозяйства Министерства Белгородской обл., а также ОКУ «Старооскольское лесничество», ОКУ «Чернянское лесничество», ОКУ «Губкинское лесничество» за предоставление данных по инвентаризации лесных культур на участках (в разрезе сельских поселений/территориальных администраций), высаженных в рамках реализации направ-

ления «Облесение эрозионно-опасных участков, деградированных и малопродуктивных угодий и водоохранных зон водных объектов» за период 2010–2020 гг. на территории районов исследования.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was carried out within the framework of the research topic of the State Project “Sustainable development of territorial systems of nature management”. The authors express special gratitude to the Department of Forestry under the Ministry of the Belgorod Region, as well as the Starooskolskoye Forestry, Chernyansk Forestry, and Gubkinskoye Forestry for providing inventory data on forest crops in areas (in the context of rural settlements/territorial administrations) planted as part of the implementation of the “Afforestation of erosive hazardous areas, degraded and unproductive lands and water protection zones of water bodies” for the period 2010–2020 in the territory of the regional study.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Григорьева О. И. Геоинформационный анализ почвенно-геоморфологических связей в целях рациональной организации агроландшафтов на бассейновых принципах. Региональные геосистемы, 2015. Т. 30. № 3(200). С. 157–166.
- Дегтярь А. В., Григорьева О. И. Изменение лесистости Белгородской области за 400-летний период. Региональные геосистемы, 2018. Т. 42. № 4. С. 574–586.
- Кирюшин В. И. Состояние и проблемы развития адаптивно-ландшафтного земледелия. Земледелие, 2021. № 2. С. 3–7. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10201.
- Китов М. В., Григорьева О. И., Цапков А. Н. О результатах оценки площади залежных земель в Белгородской области. Степной бюллетень, 2016. Т. 46. С. 29–35.
- Кулик К. Н. Концепция адаптивного природопользования на юге России. Роль мелиорации земель в реализации государственной научно-технической политики в интересах устойчивого развития сельского хозяйства. Материалы Международной конференции, 2017. Т. 1. С. 29–36.
- Лепехин А. А., Чеканышкин А. С. Лесомелиоративные приемы территориальной организации агроландшафтов с применением дистанционных методов. Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология, 2015. № 2. С. 20–24.
- Нарожняя А. Г., Ченdev Ю. Г. Изучение современного экологического состояния лесных полос с использованием ГИС и ДДЗ. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Материалы Международной конференции, 2020. Т. 26. Ч. 2. С. 54–65. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-2-26-54-65.
- Титова С. В., Кобяков К. Н., Золотухин Н. И., Полуянов А. В. Белогорье без белых гор? Угрозы степным экосистемам в Белгородской области. М.: Полиграф Медиа Групп, 2014. 40 с.
- Черниховский Д. М. Оценка связей морфометрических характеристик рельефа с количественными и качественными характеристиками лесов на основе цифровых моделей рельефа ASTER и SRTM. Сибирский лесной журнал, 2017. № 3. С. 28–39.
- Ateşoğlu A. Remote Sensing and GIS Applications for Suitable Afforestation Area Selection in Turkey. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 2015. V. 65. No. 1. P. 53–59. DOI: 10.17099/jffiu.00032.

REFERENCES

- Ateşoğlu A.* Remote Sensing and GIS Applications for Suitable Afforestation Area Selection in Turkey. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 2015. V. 65. No. 1. P. 53–59. DOI: 10.17099/jffiu.00032.
- Chernikhovsky D. M.* Assessment of the Relationships Between Morphometric Characteristics of the Relief and Quantitative and Qualitative Characteristics of Forests Based on Digital Elevation Models ASTER and SRTM. *Siberian Journal of Forest Science*, 2017. No. 3. P. 28–39 (in Russian).
- Degtyar A. V., Grigorieva O. I.* Changes in Forest Cover of the Belgorod Region Over a 400-Year Period. *Regional Geosystems*, 2018. V. 42. No. 4. P. 574–586 (in Russian).
- Grigorieva O. I.* Geoinformation Analysis of Soil-Geomorphological Connections for the Purposes of Rational Organization of Agrolandscapes on Basin Principles. *Regional Geosystems*, 2015. V. 30. No. 3(200). P. 157–166 (in Russian).
- Kiryushin V. I.* The State and Problems of Adaptive-Landscape Farming Development. *Zemledelie (Agriculture)*, 2021. No. 2. P. 3–7 (in Russian). DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10201.
- Kitov M. V., Grigorieva O. I., Tsapkov A. N.* On the Results of Assessing the Area of Fallow Lands in the Belgorod Region. *Steppe Bulletin*, 2016. V. 46. P. 29–35 (in Russian).
- Kulik K. N.* The Concept of Adaptive Nature Management in the South of Russia. The Role of Land Reclamation in the Implementation of State Scientific and Technical Policy in the Interests of Sustainable Development of Agriculture. *Proceedings of International Conference*, 2017. V. 1. P. 29–36 (in Russian).
- Lepekhin A. A., Chekanyshkin A. S.* Forest Reclamation Techniques of Territorial Organization of Agrolandscapes Using Remote Methods. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*, 2015. No. 2. P. 20–24 (in Russian).
- Narozhnaya A. G., Chendev Yu. G.* Study of the Current Ecological State of Forest Belts Using GIS and Remote Sensing. *InterCarto. InterGIS. Proceedings of International Conference*, 2020. V. 26. Part 2. P. 54–65 (in Russian). DOI: 10.35595/2414-9179-2020-2-26-54-65.
- Titova S. V., Kobyakov K. N., Zolotukhin N. I., Poluyanov A. V.* Belogorye Without White Mountains? Threats to Steppe Ecosystems in the Belgorod Region. Moscow: Polygraph Media Group, 2014. 40 p. (in Russian).