

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПРОЦЕССОВ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ОСВОЕНИЯ ГЕОСИСТЕМ В СТРУКТУРЕ РЕГИОНАЛЬНОГО ГЕОПОРТАЛА

Мучкаева Н. С. ORCID ID 0009-0008-8253-6883

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева», Саранск, Российская Федерация, e-mail: tosyanya2013@mail.ru

Исследование посвящено разработке алгоритмов геоэкологической оценки процессов хозяйственного освоения геосистем в структуре регионального геопортала. Актуальность работы обусловлена активным развитием цифровых технологий в сфере оценки, территориального зонирования геоэкологических рисков, для обоснования управленческих решений по территориальному планированию. Цель исследования – разработка и научное обоснование алгоритмов анализа и оценки геоэкологических процессов в условиях хозяйственного освоения геосистем на платформе регионального геопортала. Алгоритмы геоэкологической оценки процессов хозяйственного освоения геосистем разработаны на примере геопорталов семейства «Мастор»: «Метагеосистемы Мордовии. Пространственные данные региона» и «Природное и культурное наследие. Путешествуем с Русским географическим обществом», содержащих системы тематических интерактивных карт и являющихся составной частью геоинформационной системы «Мордовия». Они включают в себя энциклопедический блок и системы электронных интерактивных карт, отражающие пространственные данные о свойствах и связях природных, социальных и производственных систем региона. Практическая значимость исследования заключается в создании инструментария для комплексного мониторинга и прогнозирования изменений в геосистемах под влиянием антропогенной нагрузки. Разработанные алгоритмы позволяют автоматизировать процесс оценки, визуализировать результаты в виде картографических моделей и обеспечивать информационную поддержку при принятии решений в области рационального природопользования и устойчивого развития территории. Внедрение таких решений способствует повышению эффективности экологического управления на региональном уровне.

Ключевые слова: геосистемы, геоэкологические процессы, геоинформационные системы

DEVELOPMENT OF ALGORITHMS FOR GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF PROCESSES OF ECONOMIC DEVELOPMENT OF GEOSYSTEMS IN THE STRUCTURE OF A REGIONAL GEOPORTHAL

Muchkaeva N. S. ORCID ID 0009-0008-8253-6883

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «National Research Mordovian State University named after N. P. Ogarev», Saransk, Russian Federation, e-mail: tosyanya2013@mail.ru

The research is devoted to the development of algorithms for the geoeological assessment of the processes of economic development of geosystems in the structure of the regional geoport. The relevance of the work is due to the active development of digital technologies in the field of assessment, territorial zoning of geoeological risks, to justify management decisions on territorial planning. The purpose of the study is the scientific substantiation of algorithms for the analysis and assessment of geoeological processes in the context of economic development of geosystems on the platform of the regional geoport. The algorithms of geo-ecological assessment of the processes of economic development of geosystems are developed using the example of geoportals of the Mastor family: «Metageosystems of Mordovia. Spatial data of the region» and «Natural and cultural heritage. Traveling with the Russian Geographical Society», which include thematic interactive map systems, which are an integral part of the geographic information system «Mordovia», including an encyclopedic block and electronic interactive map systems reflecting spatial data on the properties and relationships of the natural, social and industrial systems of the region. The practical significance of the research lies in the creation of tools for comprehensive monitoring and forecasting of changes in geosystems under the influence of anthropogenic stress. The developed algorithms make it possible to automate the assessment process, visualize the results in the form of cartographic models and provide information support when making decisions in the field of rational use of natural resources and sustainable development of the territory. The implementation of such solutions contributes to improving the effectiveness of environmental management at the regional level.

Keywords: geosystems, geoeological processes, geoinformation systems

Введение

Современная география характеризуется глубокой цифровой трансформацией. Особую значимость в научно-практической деятельности приобретают геопорталы – цифровые платформы, обеспечивающие доступ

к пространственно-временной информации. Геопортальные системы как составные блоки региональных географических информационных систем (далее – ГИС) открыли новые перспективы развития наук о Земле, определяя эволюцию географических ис-

следований в организованную систему знаний через разработку методологии, методов и технологий по выявлению механизмов развития, динамики и функционирования природных, социальных и производственных систем и их взаимосвязи.

Геопорталы представляют собой сложные цифровые платформы, которые моделируют пространственные взаимосвязи между природными, социальными и производственными системами. Важно отметить, что их содержание напрямую отражает степень антропогенного воздействия на территорию. Как справедливо указывают исследователи, в основе формирования таких моделей лежат процессы хозяйственного освоения, которые приводят к «насыщению» ландшафта материальными ресурсами, инфраструктурой и трудом различной технологической сложности. В результате исходная природная основа подвергается трансформации, обогащаясь техногенными объектами и их инфраструктурой [1, с. 9]. При взаимодействии природных, социальных и производственных систем (далее – ПСПС) происходит активизация геоэкологических процессов, изменение качества жизни населения.

Выявление особенностей взаимодействия природы и общества, многоплановое раскрытие особенностей функционирования ПСПС служит основой для планирования хозяйственного освоения, проектирования геотехнических систем, прогнозирования динамики, функционирования и развития ПСПС, разработки и поддержки управленческих решений по оптимизации природопользования.

Цель исследования – разработка и научное обоснование алгоритмов анализа и оценки геоэкологических процессов в условиях хозяйственного освоения геосистем на платформе регионального геопортала.

Материалы и методы исследования

Важнейшим направлением современных исследований наук о Земле является разработка и внедрение региональных ГИС, что позволяет объективно диагностировать пространственно-временную структуру геосистем, оценивать и территориально зонировать геоэкологические риски, прогнозировать развитие территориальных систем, принимать обоснованные управленческие решения по территориальному планированию селитебного, сельскохозяйственного, лесохозяйственного, горно-технического, гидромелиоративного, рекреационного и природоохранного освоения [2; 3].

Для реализации системного подхода в исследовании метагеосистем необходим инструмент, объединяющий частное в целое в геосистемах, иллюстрирующий места пересечения потоков вещества, энергии и информации. Такими инструментами должны выступать аналитические и синтетические карты геосистем. Ключевыми методами для оценки состояния геосистем являются отражательно-спектральные индексы, рассчитываемые по мультиспектральным космическим снимкам. Именно они должны являться отправной точкой исследования состояния метагеосистем для принятия решений по оптимизации природопользования. Использование синтетической карты геосистем, построенной по результатам дешифрирования данных ДЗЗ, позволяет сформировать систему аналитических карт, отражающих особенности пространственно-временной организации геосистем, обеспечивающие оценку геоэкологических рисков, ландшафтно-экологическое зонирование, прогнозирование состояния геосистем, принятие и реализацию управленческих решений по оптимизации природопользования (рис. 1).

Геопортальные технологии, обеспечивая доступность информации в режиме онлайн, позволяют разрабатывать широкий спектр проектов по оптимизации природопользования. Совмещая в себе всё больше данных и сервисов, подобные разработки становятся неотъемлемым инструментом принятия управленческих решений для всех категорий пользователей [4]. Важнейшим вектором развития геопорталов является геоэкологическая оценка процессов хозяйственного освоения геосистем.

Общий алгоритм геоэкологического исследования процессов хозяйственного освоения геосистем с использованием геопортальных технологий включает инвентаризационный, аналитический, оценочный, прогнозный этапы.

Инвентаризационный: разработка базовой картографической основы для систематизации и формирования баз данных об особенностях развитии геоэкологических процессов в условиях хозяйственного освоения геосистем. Информативность электронных аналитических и синтетических карт регионального геопортала значительно возрастает с привлечением разновременных карт (генерального межевания земель (конец XVIII – начало XIX в.), военно-топографической съемки (середина XIX в.), современных топографических и тематических карт, данных дистанционного зондирования Земли (далее – ДЗЗ).



Рис. 1. Алгоритм обработки, анализа, оценки и принятия управленческих решений по оптимизации процессов хозяйственного освоения геосистем
Примечание: составлено на основе [2]

Аналитический: разработка электронных карт, раскрывающих пространственно-временную структуру геосистем, ориентированных на раскрытие процессов становления и развития ПСПС; картографирование геоэкологических процессов и локализации геоэкологических проблем в сфере взаимодействия природных, социальных и производственных систем.

Оценочный: картографическое моделирование геоэкологических ограничений и рисков проявления чрезвычайных природных и природно-техногенных чрезвычайных геоэкологических ситуаций в структуре хозяйственного каркаса и функциональное зонирование культурных ландшафтов; оценка состояния геосистем.

Прогнозный: типология геосистем и разработка концепции интегрирования процессов хозяйственного освоения в территориальные отраслевые цели развития; определение природоохранных мероприятий по минимизации геоэкологических рисков при хозяйственном освоении геосистем.

Принятие и поддержка управленческих решений: интегрированная концепция целей территориального развития процессов хозяйственного освоения геосистем с учетом геоэкологических рисков и ограниче-

ний; планирование культурных ландшафтов по отраслевым целям хозяйственного освоения.

Результаты исследования и их обсуждение

Алгоритмы геоэкологической оценки процессов хозяйственного освоения геосистем с использованием геопортальных технологий отрабатывались при разработке геопорталов семейства «Мастор»: «Метагеосистемы Мордовии. Пространственные данные региона» и «Природное и культурное наследие. Путешествуем с Русским географическим обществом», включающих тематические слои интерактивных карт. Геопорталы являются составной частью ГИС «Мордовия» – многофункциональные базы данных, включающие в себя энциклопедический блок и системы электронных интерактивных карт, отражающие пространственные данные о свойствах и связях природных, социальных и производственных систем региона [4].

Геопортал «Метагеосистемы Мордовии. Пространственные данные региона» включает тематические слои интерактивных и энциклопедических карт, раскрывающих структуру геологической среды, зоны

свободного водообмена, водный баланс и поверхностные воды, структуру почвенного покрова и особенности активизации геоэкологических процессов в условиях хозяйственного освоения геосистем.

Геопортал «Природное и культурное наследие. Путешествуем с Русским географическим обществом» содержит информацию для построения системы карт, раскрывающих особенности хозяйственного освоения геосистем, природного и культурного наследия, туристского потенциал региона: особо охраняемые природные территории (эталонные участки зональных, интразональных и а зональных геосистем), периоды хозяйственного освоения геосистем и культурное наследие региона.

Развивающаяся система баз данных регионального геопортала обеспечивает учет, паспортизацию, мониторинг природных, социальных и производственных систем, планирование мероприятий по оптимизации природопользования, прогнозирование состояния геосистем и принятие управленческих решений. Региональные ГИС и геопорталы по своей сути являются цифровыми моделями метагеосистем. Информативность баз данных и цифровых карт значительно возрастает при их комбинированном использовании в модуле слияния данных: в инженерно-экологических изысканиях – экологическом обосновании градостроительной документации, экспертизе геотехнических систем, оценке состояния агрогеосистем, разработке туристических мастер-планов, определении географического культурного кода региона для обучающихся, краеведов, туристов и путешественников, а также для развития эффективного туристского бизнеса, основанного на использовании новейших информационных технологий для создания турпродукта и его продвижения на рынке и т. п.

Анализ и оценка геоэкологического состояния ПСПС в разрабатываемых геопорталах осуществляется в «Модуле слияния данных», обеспечивающем выявление характера взаимодействия между природными, социальными и производственными системами.

Ключевым звеном регионального геопортала является синтетическая карта геосистем, которая обеспечивает типологическую систематизацию особенностей развития геоэкологических процессов в условиях хозяйственного освоения геосистем. Она является упорядоченной моделью участка географической оболочки, отражающей

особенности происхождения, развития и характер взаимодействия компонентов.

Опыт работы по разработке геопорталов семейства «Мастор» показал хорошую эффективность использования иерархии таксонов геосистем по В. А. Николаеву [5, с. 62]: разряды (макроклиматические факторы), классы (морфотектонические факторы), группы (водный и геохимический режим), типы (почвенно-биологические факторы), роды (морфоскульптурные формы рельефа и слагающие их отложения), виды (растительные ассоциации).

Для исследования процессов функционирования, динамики и развития целесообразно использовать результаты мониторинга геосистем средствами ДЗЗ. С использованием ГИС-технологий становится возможным определение спектра геоэкологических процессов: активизации развития экзогеодинамических процессов, изменений водного баланса, структуры почвенного покрова и растительности, что позволяет оценить геоэкологические риски при принятии управленческих решений в сфере оптимизации хозяйственного освоения геосистем.

Общий алгоритм геоэкологического анализа изменения состояния геосистем включает решение следующих задач [6]: 1) выбор исходных данных ДЗЗ, обладающих достаточным спектральным разрешением; 2) привязка данных к единой географической системе координат; 3) обработка материалов, направленная на устранение шумов, вызванных облачностью и иными искажениями; 4) расчет спектральных индексов различных типов для получения количественных характеристик о состоянии геосистем и их элементов, в условиях спонтанного развития и антропогенной трансформации; 5) классификация результатов расчета спектральных индексов, с учетом полевых геоэкологических исследований, соответствующих различным состояниям геосистем.

Выбор спектрального индекса или их комбинация осуществляется на основе понимания цели и задач геоэкологических исследований, комплексного охвата свойств и состояний элементов геосистем и целесообразности учета специфики их спектральных характеристик [7-9]. Результаты работы по отбору методов мониторинга динамических составляющих геосистем представлены в таблице. Каждая из метрик отражает временные особенности развития, динамики и функционирования геосистем.

Алгоритм применения методов диагностики и мониторинга пространственно-временной структуры геосистем с использованием спектральных индексов

Таксон	Основание дифференциации	Метод	Прикладное значение
Тип	Структура почвенного покрова, формации растительности	Barren Soil, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Enhanced Vegetation Index (EVI), Agriculture (Bands 11–8–2)	Оптимизация сельского и лесохозяйственного освоения геосистем, прогнозирование экзогеодинамических процессов
		Land Surface Temperature and Emissivity (LST&E)	
		Freeze/Thaw (F/T), Burned Area Index (BAI), Aesthetic Neon, Normalized Burnt Ratio (NBR)	
Род	Морфоскульптурные формы земной поверхности, физико-механический состав горных пород и современных отложений	Geology (Bands 12–8–2), Geology (Bands 8–11–12), Short Wave Infrared RGB (SWIR)	Прогнозирование экзогеодинамических процессов, формирование систем севооборотов, поле- и почвозащитных лесных полос, противоэрозионных мероприятий
		Normalized Difference Water Index (NDWI), Normalized Difference Moisture Index (NDMI)	
		Freeze/Thaw (F/T)	
Вид	Структура растительности и животного мира	Reflectance (Color Infrared, Bands 5–4–3), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Leaf Area Index (LAI), Enhanced Vegetation Index (EVI)	Организация лесо- и сельскохозяйственного освоения территории
		Water Quality (Se2WaQ), Ulyssys Water Quality Viewer	
		Normalized Difference Moisture Index (NDMI)	

Примечание: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Использование спектральных индексов позволяет оперативно выявить особенности влияния процессов хозяйственного освоения на геоэкологическое состояние геосистем. Подбор элементарных, модифицированных и комплексных спектральных индексов происходит на основании перечня доступных космических снимков с набором требуемых спектральных диапазонов в соответствии с задачами исследования [10-12].

Данные ДЗЗ позволяют сделать временной срез состояния геосистем. В то же время следует учитывать, что спектральные индексы не обеспечивают полное видение ситуации, так как факторов, влияющих на функционирование любой геосистемы, очень много. Для детализации геоэкологических ситуаций целесообразно использовать определенные алгоритмы анализа тематических карт, баз данных и результатов полевых исследований.

В качестве примера выделения особенностей сельскохозяйственного освоения геосистем в модуле слияния данных в геопортале «Метагеосистемы Мордовии»

на рисунке 2 проведено наложение контуров выбывших из активного сельскохозяйственного оборота земель на структуру почвенного покрова. На рисунке 2 отмечается высокая зависимость состояния сельскохозяйственных земель от особенностей структуры почвенного покрова. Заращение пашни активно происходит в ареалах распространения дерново-подзолистых и серых лесных почв.

Спектральные индексы достаточно эффективны при оценке техногенной трансформации геосистем [13-15]. Источником поступления техногенного материала в водотоки является поверхностный сток с городской территории. Выпадение пыли способствует изменению химического состава городских почв, повышенному количеству Al_2O_3 , соединений Fe, Ca и Mg, органики. В почвах города развиты техногенные аномалии Pb, Cd, Cu, Zn, Mo, Sn, Hg.

В качестве примера на рисунке 3 приведены результаты геоэкологического состояния р. Саранка в историко-культурном центре столицы Республики Мордовия.



Рис. 2. Модуль слияния данных геопортала «Метагеосистемы Мордовии»: наложение контуров выбывших земель на структуру почвенного покрова



Рис. 3. Геоэкологическое состояние р. Саранка в историко-культурной зоне г. Саранск (индекс NDTI)

Для русла реки, дренирующей центральную часть города, характерна высокая мутность (и заиленность), высокий уровень загрязнения. Геохимический индекс донных отложений: Bi-Pb-Zn-SnSr-Ag-Cu-W-B-Ga.

Заключение

Для применения системного подхода в науках о Земле необходим инструмент, объединяющий частное в целое, иллюстрирующий места пересечения потоков вещества, энергии и информации, зависимость месторасположения элементов в природе. Важнейшим результатом комплексных исследований

должны выступать региональные геопорталы, в качестве центрального звена которых выступает синтетическая карта геосистем.

Региональные геопорталы – цифровые модели природных, социальных и производственных систем, призванные оптимизировать работу специалистов в сфере природопользования. Использование обоснованных алгоритмов анализа и оценки геоэкологических процессов в условиях хозяйственного освоения геосистем на платформе регионального геопортала способствует оптимизации принятия управленческих решений в сфере природопользования.

Разработка и внедрение алгоритмов геоэкологического анализа интерактивных электронных карт геопортала для планирования процессов хозяйственного освоения геосистем имеет следующие преимущества: оперативность, открытость, визуальность.

Практические рекомендации могут быть использованы при разработке стратегий устойчивого развития на республиканском и муниципальном уровнях управления, создании схем территориального планирования, градостроительной документации, оптимизации регионального землеустройства и землепользования, мастер-планов туристско-рекреационного освоения культурных ландшафтов.

Список литературы

1. Ямашкин А. А., Ямашкин С. А., Зибров Г. В., Закусилов В. П., Зарубин О. А., Мучкаева Н. С. Геоэкологический анализ и прогноз хозяйственного освоения подземных вод // Успехи современного естествознания. 2020. № 8. С. 83-91. URL: <https://natural-sciences.ru/article/view?id=37462> (дата обращения: 12.01.2026). DOI: 10.17513/use.37462.
2. Ямашкин А. А., Ямашкин С. А. Управление территориальными системами культурного ландшафта // Инженерный вестник Дона. 2023. № 3. С. 171-181. URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2023/8267> (дата обращения: 12.01.2026).
3. Кошкарев А. В. Образовательные геопорталы: данные и сервисы // Геодезия и картография. 2017. Т. 78, № S17-1. С. 33-40. URL: https://geocartography.ru/scientific_article/2017_33-40 (дата обращения: 12.01.2026). DOI: 10.22389/0016-7126-2017-33-40.
4. Ямашкин А. А., Фролов А. Н., Ямашкин С. А. Базовые геоинформационные ресурсы для оптимизации регионального землепользования // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2016. № 12 (143). С. 72-76. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bazovye-geoinformatsionnyeresursy-dlya-optimizatsii-regionalnogo-zemlepolzovaniya> (дата обращения: 12.01.2026). DOI: 10.18454/IRJ.2016.53.009.
5. Николаев В. А. Ландшафтоведение: семинарские и практические занятия. Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Географический факультет МГУ, 2006. 208 с. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_003018103/. (дата обращения: 12.01.2026). ISBN: 5-89575-103-2.
6. Ямашкин А. А., Ямашкин С. А., Шабайкина В. А. Проектирование и разработка геопортальных систем для обеспечения поддержки процессов принятия управленческих решений в области устойчивого развития регионов // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2024. № 4. С. 38-44. URL: <https://journals.vsu.ru/geo/article/view/12696> (дата обращения: 12.01.2026). DOI: 10.17308/geo/1609-0683/2024/4/38-44.
7. Ямашкин А. А., Ямашкин С. А., Шабайкина В. А., Зарубин О. А., Кирушин А. В. Геоинформационное моделирование метагеосистем города для принятия управленческих решений в сфере экологии // Успехи современного есте-

ствознания. 2023. № 8. С. 76-85. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=38091> (дата обращения: 02.03.2026). DOI: 10.17513/use.38091.

8. Денисова А. Ю., Егорова А. А., Сергеев В. В., Кавеленова Л. М. Выработка требований к мультиспектральным данным дистанционного зондирования Земли в задаче экспертизы зарастания пахотных земель древесно-кустарниковой растительностью // Компьютерная оптика. 2019. Т. 43. № 5. С. 846-856. URL: https://www.researchgate.net/publication/337291787_Requirements_for_multispectral_remote_sensing_data_used_for_the_detection_of_arable_land_colonization_by_tree_and_shrubbery_vegetation (дата обращения: 20.01.2026). DOI: 10.18287/2412-6179-2019-43-5-846-856.

9. Кравцова В. И., Тутубалина О. В., Зимин М. В. Дистанционное зондирование в географических исследованиях: основные достижения лаборатории аэрокосмических методов и перспективные направления развития // Вопросы географии. 2017. № 144. С. 306-331. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=osaggf> (дата обращения: 20.01.2026). EDN: OSAGGF.

10. Савин И.Ю., Шишкин М.А., Шарычев Д.В. Особенности спектральной отражательной способности фракций образцов почв размером от 20 до 5 000 мкм // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2022. № 112. С. 24-47. URL: <https://bulletin.esoil.ru/jour/article/view/716> (дата обращения: 20.01.2026). DOI: 10.19047/0136-1694-2022-112-24-47. EDN: TLMGQW.

11. Терехин Э. А. Особенности спектрально-отражательных характеристик и возможности распознавания естественных ландшафтов лесостепей на основе спутниковых данных Sentinel-2 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023. Т. 20. № 6. С. 195-207. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=mzshkf> (дата обращения: 20.01.2026). DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-6-195-207.

12. Ямашкин А. А., Ямашкин С. А., Байчуринов М. Р., Токарев А. А., Лямзина И. С. Тестовые полигоны для диагностики состояния геосистем и развития методов интерпретации данных дистанционного зондирования Земли // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2022. № 4. С. 4-18. URL: <https://journals.vsu.ru/geo/article/view/10820> (дата обращения: 20.01.2026). DOI: 10.17308/geo/1609-0683/2022/4/4-18.

13. Терехин Э. А. Влияние лесистости залежных земель лесостепи на спектрально-отражательные характеристики по данным Sentinel-2 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 4. С. 223-235. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49442876> (дата обращения: 20.01.2026). DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-4-223-235.

14. Елсаков В. В., Щанов В. М. Спутниковые методы в анализе изменений экосистем бассейна р. Вычегда // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 4. С. 135-145. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26703041> (дата обращения: 20.01.2026). DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-13-135-145.

15. Медведев А. А., Тельнова Н. О., Кудиков А. В. Дистанционный высокодетальный мониторинг динамики зарастания заброшенных сельскохозяйственных земель лесной растительностью // Вопросы лесной науки. 2019. Т. 2. № 3. С. 1-12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/distantionnyi-vysokodetalnyi-monitoring-dinamiki-zarastaniya-zabroshennyh-selskokozyai-stvennyh-zemel-lesnoi-rastitelnostyu/viewer> (дата обращения: 20.01.2026). DOI: 10.31509/2658-607x-2019-2-3-1-12.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование: Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

Financing: The research was performed without external funding.