



УДК 912.4+332.2
DOI 10.52575/2712-7443-2025-49-1-40-52

Картографирование эрозионно опасных земель Пермского края

¹Брыжко И.В., ¹Столбов И.А., ²Брыжко В.Г.

¹Пермский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 614068, Пермь, Букирева, 15

²Пермский государственный аграрно-технологический университет
имени академика Д.Н. Прянишникова,
Россия, 614990, Пермь, ул. Петропавловская, 23
zemproekt@yandex.ru, warbendust@mail.ru, bryzhko@bk.ru

Аннотация. Проблема деградации и уменьшения плодородия земель сельскохозяйственного назначения является особенно актуальной для регионов рискованного земледелия, таких как Пермский край. В целях обеспечения актуальной информацией о территориях, подверженных эрозионной опасности, разработан картографический веб-сервис. Цель работы – картографическая поддержка развития земельно-имущественного комплекса сельского хозяйства в условиях эрозии почв. Для достижения цели разработана методика, основанная на ГИС-анализе данных о рельефе, почвах и типах землепользования с использованием растровых моделей и расчета интегрального показателя эрозионной опасности. Результатом является интерактивная карта эрозионной опасности, позволяющая визуализировать пространственное распределение рисков эрозии по муниципальным образованиям Пермского края и получать статистическую информацию о площадях, подверженных различной степени опасности. Разработанный веб-сервис призван способствовать повышению уровня управления земельно-имущественным комплексом и ресурсным потенциалом сельского хозяйства, обеспечить возможность сохранения ценных земельных массивов, помочь развитию базы продовольственного обеспечения края и улучшению социальных условий проживания.

Ключевые слова: противоэрозионная организация территории, эрозионная опасность, геоинформационные системы, сельские территории, веб-сервис

Для цитирования: Брыжко И.В., Столбов И.А., Брыжко В.Г. 2025. Картографирование эрозионно опасных земель Пермского края. Региональные геосистемы, 49(1): 40–52. DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-1-40-52

Mapping of Erosion Hazard Lands of the Perm Region

¹Ilya V. Bryzhko, ¹Ilya A. Stolbov, ²Viktor G. Bryzhko,

¹Perm State University,

15 Bukireva St, Perm 614068, Russia

²Perm State Agro-Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov,

23 Petropavlovskaya St, Perm 614990, Russia,

zemproekt@yandex.ru, warbendust@mail.ru, bryzhko@bk.ru

Abstract. The problem of degradation and decrease in the fertility of land is among the most important ones for our agriculture. This is especially true for regions such as the Perm region, located in the zone of risky farming and having insufficient resources for farming. For this reason, we have developed a web service providing up-to-date information on the region's land and property complexes susceptible to erosion. The purpose of its creation is cartographic support for the development of the land and property complex of agriculture in the conditions of soil erosion. The developed web service should help improve the level of

© Брыжко И.В., Столбов И.А., Брыжко В.Г., 2025

management of the land and property complex and the resource potential of agriculture, provide an opportunity to save valuable land, help develop the region's food supply base, and boost social indices of people's living. The web service allows opening additional thematic layers, selecting an object in a municipality for displaying its erosion hazard data; it includes zooming widgets, a full screen mode, a scale bar; provides an opportunity to track the coordinates of the cursor both in the metric system and in the geographic one. When interacting with the area of the municipality, a block appears containing statistics on the distribution of erosion hazard on the territory. The developed web service allows improving the process and quality of land property management in the region. The results of the study make it possible to ensure the adoption of operational management decisions in the areas of organization of the territory and land cadastre, organization and implementation of agricultural production, environmental protection, social development, and entrepreneurship in the municipalities of the Perm region.

Keywords: anti-erosion organization of the territory, erosion hazard, geoinformation systems, rural areas, web service

For citation: Bryzhko I.V., Stolbov I.A., Bryzhko V.G. 2025. Mapping of Erosion Hazard Lands of the Perm Region. *Regional Geosystems*, 49(1): 40–52 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-1-40-52

Введение

Нарушение устойчивой системы внешнеэкономических связей страны, нарастающие агрессивные действия бывших российских партнеров по отстранению отечественной экономики от западной экономической системы требуют эффективных мер по обеспечению приоритетных национальных интересов, центральное место среди которых занимает сфера продовольственного обеспечения.

Последнее реализуется посредством осуществления агропроизводственной деятельности, нуждающейся в инновационном развитии, улучшении инвестиционного климата, совершенствовании регулирующих воздействий [Ушачев, Маслова, 2022].

Осуществление агропроизводственных процессов происходит, в первую очередь, за счет использования земельно-ресурсного потенциала. Развитие агрокомплекса обеспечивается в известной степени рационализацией земельно-имущественного комплекса, значительный удельный вес которого подвержен процессам деградации, включая эрозионные процессы. Сегодня назрела необходимость формирования устойчивого, эффективного землепользования агропроизводственного назначения, обеспечивающего устранение причин, приводящих к деградации земли [Хлыстун, Алакоз, 2022]. Это необходимая мера, важность которой подтверждается увеличением площади деградированных земель за последние четверть века почти на 24 млн. га. Площадь оврагов, формирование которых происходит в результате эрозионных процессов, превысила миллион гектаров, а их протяженность ежегодно увеличивается, что наносит серьезный ущерб территориальной земельно-имущественной основе отечественного агрокомплекса [Хлыстун, 2018].

Эти и другие негативные процессы в состоянии аграрного земельного имущества определяют актуальность развития системы управления землями сельского хозяйства, которое требует применения в практической организационно-территориальной деятельности современных технических средств, продуктов и технологий.

Целесообразность использования геоинформационных технологий определяется тем, насколько эти технологии пригодны для решения практических задач землеустройства и кадастра, а также возможностью достижения установленных целей [Цыпкин и др., 2022]. Современное землеустроительное производство невозможно без качественного геоинформационного и картографического обеспечения.

Картографирование территории служит базовой, одной из основных функций управления земельным имуществом. Картографическая визуализация необходима для наглядного представления географических закономерностей территории, в том числе на



участках с повышенным риском потенциального формирования оврагов [Украинский и др., 2022]. Моделирование рельефа, как одного из важнейших пространственных элементов, требуется для прогнозирования эрозионной опасности земель и устранения условий для проявления деградационных процессов [Новаковский, Пермяков, 2019].

Деградация земель сельскохозяйственного назначения является серьезной проблемой для России. За последние годы наблюдается увеличение площади деградированных земель, что негативно сказывается на продовольственной безопасности страны [Новиков и др., 2022].

Проблема эрозии почв является одной из ключевых в обеспечении продовольственной безопасности и устойчивого развития сельских территорий. Как отмечают отечественные авторы, изучающие эту тему, оценка эрозионной опасности почв позволяет выявлять наиболее уязвимые участки и разрабатывать эффективные меры по их защите [Лазовик, Топаз, 2021].

Современные геоинформационные и картографические продукты требуются широкому кругу корпоративных пользователей. В нашем случае при помощи геоинформационных технологий определяется опасность той или иной территории региона, степень которой зависит от набора основных факторов (рельеф, почвы, естественная растительность, гидрография, хозяйственная освоенность территории).

Для простоты пользования полученной информацией и обеспечения оперативности требуется визуализация данных, необходимых для принятия управленческих, хозяйственных, природоохранных, коммерческих решений. Для визуализации данных об эрозионной опасности территорий и земельно-имущественных комплексов для широкого круга пользователей необходим веб-сервис, содержащий картографическую информацию об эродированных землях и участках с потенциальной эрозионной опасностью. В данной статье представлены результаты работы авторов по разработке картографического веб-сервиса, визуально отражающего эрозионную опасность земель по муниципальным образованиям Пермского края.

Объекты и методы исследования

Эрозия почв оказывает мощное отрицательное воздействие на качественное состояние плодородных земельно-имущественных комплексов, вызывает потери продукции растениеводства, рост затрат на поддержание уровня почвенного плодородия в нормативных параметрах. Не случайно противоэрозионные мероприятия являются важной составляющей в системе земельно-охранных действий, реализуемых в общегосударственных интересах [Кузнецов, Глазунов, 2004]. Защитные мероприятия в данном направлении носят различный характер и сводятся к организационным, административным, мелиоративным, агротехническим, агрохимическим, геоботаническим, рекультивационным, инженерным и иным работам [Захаров, 2009].

Применение геоинформационных и картографических ресурсов направлено на значительное повышение качества противоэрозионных мероприятий, сокращение сроков проведения почвозащитных работ, обеспечение объективности и достоверности исходной для проектирования информации, усиление практического значения результатов противоэрозионного проектирования.

Для моделирования эрозионных процессов и картографирования эрозионной опасности применялись геоинформационные системы (ГИС), которые, являются эффективным инструментом для анализа пространственных данных и визуализации результатов [Ермолаев, 2017].

Известна практика создания картографических материалов для использования в процессе производства аграрной продукции, содержащих данные о пригодности агросурсовых условий, в числе которых эрозионный потенциал рельефа [Осипов и др., 2021]. Эта практика позволяет повысить уровень проектных организационно-территориальных разработок на земельных массивах, находящихся в аграрном обороте.

Данная статья продолжает исследование авторов по геоинформационному обеспечению оценки эрозионной опасности земель сельских территорий, выполненное для одного из районов Прикамья, результатом которого стало составление картограммы оценки эрозионной опасности сельскохозяйственных земель [Столбов и др., 2022].

На основе выполненных ранее исследований произведено картографирование территорий Пермского края, подверженных эрозионной опасности, в целях обеспечения развития земельно-имущественного комплекса сельского хозяйства региона.

В процессе разработки веб-сервиса авторами использованы разработки ученых местного университетского сообщества [Абдуллин, Пономарчук, 2020].

Объектом исследования в данной работе выступают муниципальные районы Пермского края. Для создания цифровых моделей рельефа (ЦМР) использовались данные топографических карт масштаба 1:100 000, представленные в виде горизонталей с шагом 10 метров. Горизонталы были получены путем конвертации ранее созданной ЦМР, что позволило унифицировать формат данных и обеспечить их совместимость с инструментом «Топо в растр» *ArcGIS*. Вначале была выполнена обработка данных для создания цифровых моделей рельефа (ЦМР) с использованием новых горизонталей. Исходными данными для анализа послужили горизонталы, полученные в результате преобразования цифровой модели рельефа, а также данные о гидрографической сети региона в формате *Shape*. Для каждого муниципального района была построена ЦМР, на ее основе были вычислены уклоны и экспозиция. Эти растровые данные были подвергнуты переклассификации. Кроме того, с использованием ЦМР были рассчитаны значения *LS*-фактора, характеризующего потенциал плоскостного смыва почвы, а также определены пороговые значения для разделения территории на равнины, пологие и крутые склоны, что позволило оценить опасность смыва почв. Полученные пороговые значения были переклассифицированы для присвоения новых рангов.

После анализа факторов рельефа из Единого государственного реестра почвенных ресурсов России были получены сведения о почвах. На основе их характеристик, почвы были классифицированы по степени подверженности эрозии. Чем выше ранг эрозионной опасности, тем более уязвима почва к разрушению. Методика расчета *LS*-фактора основана на работах отечественных ученых, занимающихся этими же проблемами – Павлова [2013], Корытный с соавторами [2018], а также Добровольский и Никитин [1990], почвенный фактор оценивался с учетом рекомендаций Артемьевой и соавторов [2022]. Для выделения обрабатываемых земель использовался индекс *NDVI*, что позволило на основе анализа спектральных характеристик отделить пахотные земли от территорий с естественной растительностью [Гиберт, Кустышева, 2023].

Далее нами был сформирован список почв с присвоенными рангами эрозионной опасности: к первому рангу отнесены торфяные болотные, черноземы оподзоленные; ко второму рангу относятся пойменные слабокислые и нейтральные, торфяно- и торфянисто-подзолисто-глеевые, пойменные кислые, пойменные заболоченные почвы; к третьему рангу мы отнесли таежные, светло-серые лесные, серые лесные, темно-серые лесные; в четвертый ранг вошли дерново-подзолистые–глубокоподзолистые, подзолы глеевые торфянистые, подзолы иллювиально-железистые; к пятому рангу отнесены подзолистые–глубокоподзолистые, дерново-подзолистые иллювиально-железистые, дерново-подзолистые преимущественно мелко-, подзолистые-сверхглубокоподзолистые, дерново-подзолистые-неглубокоподзолистые; и к шестому – подзолистые-мелкоподзолистые, подзолистые поверхностно-глееватые.

Типы почв, после присвоения им рангов эрозионной опасности, были преобразованы в растровый формат *GEOTIFF* для дальнейшего использования в расчете итогового показателя опасности. Аналогичная процедура обработки и ранжирования была применена к почвообразующим породам. Классификация почвообразующих пород основывалась на их устойчивости к эрозии и характеристиках их внутренней структуры.



В результате к первому рангу относятся ил и торф; ко второму известняки и другие карбонатные, легкосуглинистые породы; к третьему рангу – песчаные и супесчаные, среднесуглинистые, супесчаные, суглинки; к четвертому относятся метаморфические и изверженные, среднесуглинистые валунные и галечниковые, щебнистые, песчаные; в пятый ранг входят тяжелосуглинистые и глинистые; и в шестой – плотные глины.

Почвообразующие породы были конвертированы в растровый формат *GEOTIFF* для использования в дальнейших расчетах итогового показателя опасности.

На следующем этапе исследования была проведена работа по классификации растительности в соответствии с ее влиянием на эрозионную опасность. Исходными данными послужили векторные слои, содержащие информацию о типах растительности в Пермском крае. В этот слой были добавлены данные об обрабатываемых сельскохозяйственных землях, выделенные на основе анализа снимков поздневесеннего – раннелетнего периода.

Для выделения обрабатываемых земель был использован индекс *NDVI*, а также полевые значения для его интерпретации. В результате обработки был получен векторный слой, отображающий расположение обрабатываемых земель по состоянию начиная с 2016 года. Затем была проведена локальная перекодировка и ранжирование этих данных.

Нами были выделены для разных типов территории следующие ранги эрозионной опасности: нулевой – открытая вода; первый – густые горные темнохвойные леса и темнохвойные леса равнин, приспевающие, спелые и перестойные, лиственные спелые и приспевающие леса с обильно развитым хвойным подростом; второй – разреженные молодые сосновые леса и смешанные мелколиственно-сосновые разреженные насаждения, смешанные хвойно-мелколиственные леса с преобладанием сосны и присутствием темнохвойных пород, сосновые леса спелые, приспевающие и перестойные; третий – смешанные хвойно-мелколиственные леса с преобладанием лиственных либо темнохвойных пород и присутствием темнохвойных пород, болота верховые и переходные; четвертый – лиственные молодые и приспевающие разреженные леса, средне-низкобонитетные или молодые лиственные древесные и кустарниковые насаждения; пятый – безлесные территории, редкие древесно-кустарниковые насаждения на вырубках, бросовых землях; шестой – горная тундра и каменные россыпи, обрабатываемые земли.

С использованием калькулятора раstra были созданы растровые изображения, отображающие эрозионную опасность. Затем эти растровые поверхности были преобразованы в векторный формат для загрузки на ГИС-серверы и последующего анализа. Это позволило нам получить статистику по распределению площадей различных классов эрозионной опасности. Результаты статистического анализа представлены на разработанном веб-сервисе.

Для оценки достоверности полученных карт эрозионной опасности было проведено сравнение расчетных данных с рельефом местности на трех контрольных участках. Были выбраны три участка в Бардымском, Лысьвенском и Чернушинском муниципальных образованиях, где были проведены линии АБ, ВГ и ДЕ соответственно. По этим линиям построены профили местности и соответствующие им профили распределения различных характеристик эрозионной опасности. В результате были получены профили в виде графиков, которые были скомпонованы в единое изображение.

Анализ профиля АБ на первом контрольном участке, расположенном в Бардымском муниципальном образовании, показал, что уровень эрозионной опасности закономерно возрастает на склонах и уменьшается на участках с более пологим рельефом (рис. 1).

Очевидно, что крутизна склона в крайней степени влияет на уровень эрозионной опасности. При анализе контрольного участка в Бардымском муниципальном образовании по линии АБ эта зависимость подтверждается.

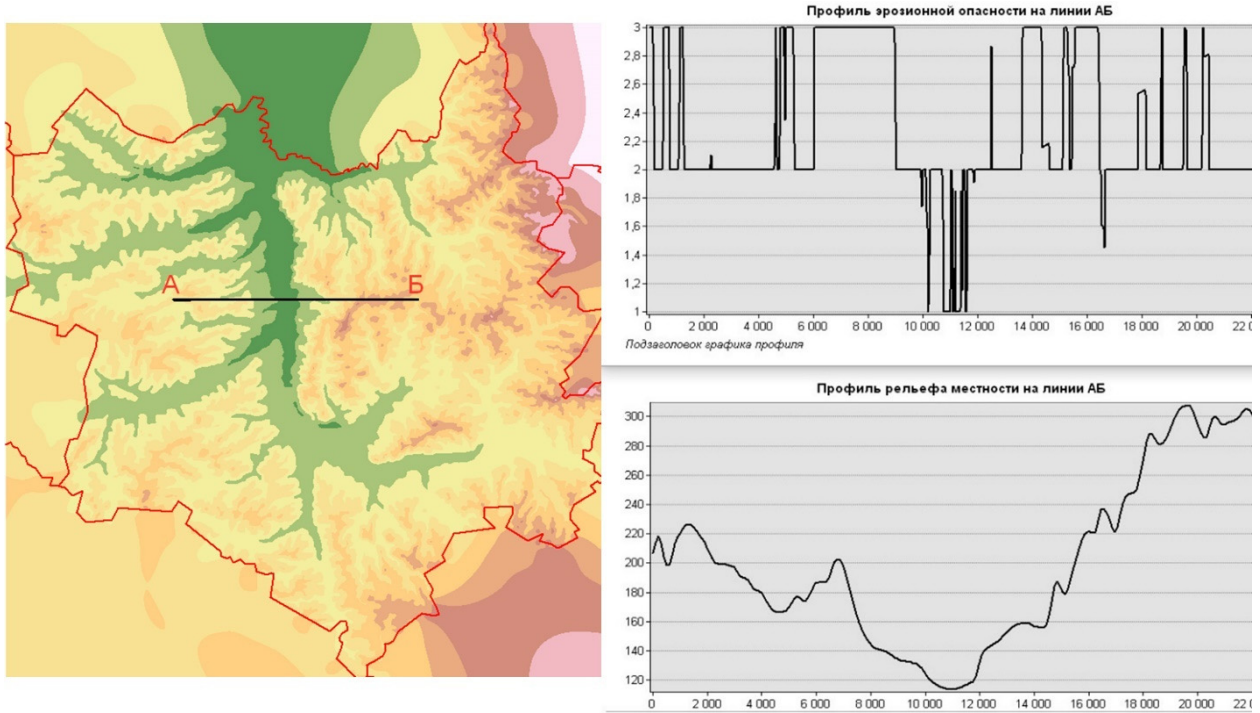


Рис. 1. Разрез по линии АБ
Fig. 1. A-B section

Второй контрольный участок, представленный линией ВГ в Лысьвенском муниципальном образовании (МО), демонстрирует схожие закономерности (рис. 2). Эрозионная опасность здесь также повышена на склонах и относительно снижена на равнинных участках. На начальном отрезке профиля (до 3500 м) уровень опасности остается сравнительно невысоким, но не достигает минимальных значений. Это обусловлено тем, что на данном участке присутствуют почвы, относящиеся к пятой категории эрозионной опасности.

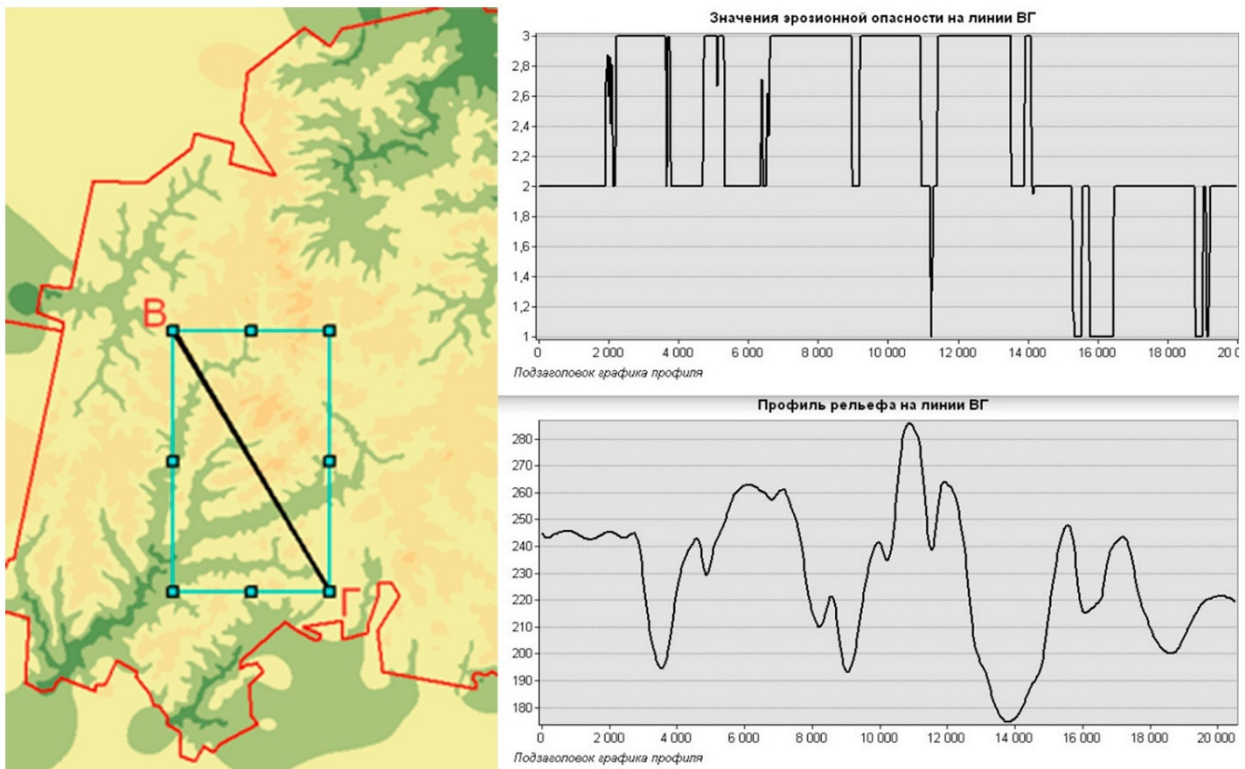


Рис. 2. Разрез ВГ
Fig. 2. B-G section

В качестве завершающего примера рассмотрим профиль ДЕ в Чернушинском муниципальном образовании (рис. 3). Этот район был выбран для анализа в связи с тем, что он характеризуется высокой долей сельскохозяйственных угодий. Сравнение профилей рельефа и эрозионной опасности позволяет заключить, что, как и в предыдущих случаях, значения эрозионной опасности увеличиваются при наличии склонов и уменьшаются на территориях с более равнинным рельефом.

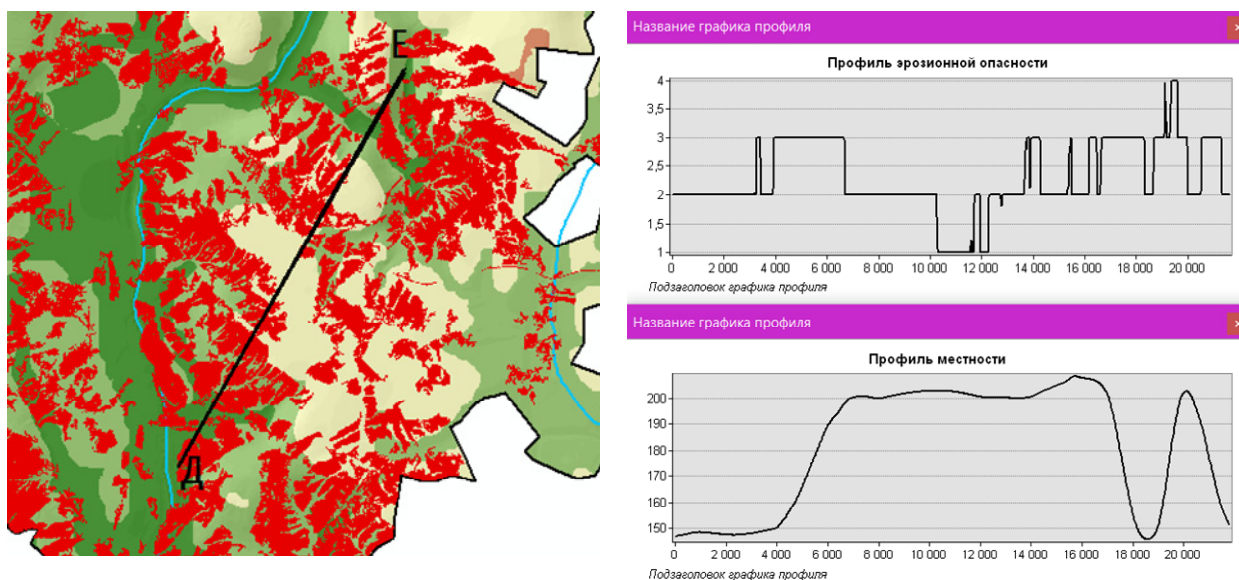


Рис. 3. Разрез ДЕ
Fig. 3. D-E section

Однако стоит отметить, что наличие обрабатываемых сельскохозяйственных земель на равнинных участках приводит к резкому повышению степени эрозионной опасности в этих местах. При этом, на равнинных территориях, не подвергающихся обработке, эрозионная опасность снижается практически до 1-й степени.

Таким образом, после сравнения результатов по трем территориям, получаем что созданные в процессе работы поверхности эрозионной опасности вполне корректно отображают ситуацию на текущем состоянии местности. Основное внимание при анализе профилей уделялось рельефу, поскольку он является одним из ключевых факторов, определяющих эрозионную опасность, особенно в условиях холмистого и горного рельефа Пермского края. Однако при построении карт эрозионной опасности учитывались и другие факторы, такие как типы почв и растительности, которые также оказывают существенное влияние на эрозионные процессы. Что позволяет сделать вывод о том, что метод создания подобной поверхности, разработанный и описанный нами в предыдущей работе на эту тему [Столбов и др., 2022], является корректным и позволяет проводить анализ.

Следует отметить, что на графиках (см. рис. 1–3) наблюдаются резкие изменения эрозионной опасности, не всегда связанные с изменением рельефа («выбросы»). Эти выбросы, как правило, обусловлены сменой типа землепользования (например, переход от леса к пашне) или изменением типа почв. Так, на рис. 2 (Лысьвенский МО) повышенный уровень эрозионной опасности на относительно ровном участке может быть связан с распространением почв, относящихся к пятой категории эрозионной опасности.

На основании анализа результатов, полученных на трех контрольных участках, можно сделать вывод о том, что разработанные в ходе данного исследования модели эрозионной опасности корректно отражают реальную ситуацию на местности.

Автономность веб-сервиса обеспечивается загрузкой и хранением данных в СУБД с последующим размещением на сервере *GeoServer* (ПГНИУ "<http://ogs.psu.ru:8080/geoserver/web/>"). Для загрузки использовался *QGIS*, а в качестве системы управления базами данных – *PostgreSQL*.

При разработке веб-приложения была использована среда *Visual Studio Code*. Структура *HTML*-страницы была разделена на контейнеры (*div*), каждый из которых отвечает за конкретную задачу. В веб-приложении устроены следующие блоки: блок переключения базовых подложек (*OSM Standard, OSM Humanitarian, Bing Maps Satellite, Yandex Maps Standard, Yandex Maps Satellite, Stamen Watercolor*), блок включения/выключения тематических слоев (*Tile Debug Layer*, Границы муниципальных образований, Центры муниципальных образований, Соседние субъекты федерации, Обрабатываемые земли), блок выбора слоев эрозионной опасности, блок инструментов измерений, блок отображения картографического контента.

В результате завершения разработки, оформления и загрузки всех данных на *GitHub* сервис был опубликован и начал работу. На данный момент он доступен по ссылке на странице «Эрозионная опасность Пермского края» (<https://ilyastb.github.io/LGO/>), максимальная совместимость сервиса есть только с браузером *Mozilla Firefox*, работа над улучшением совместимости ведется, но на других платформах могут загружаться не все слои.

Итоговая версия веб-сервиса позволяет визуализировать информацию, получать статистику, скачивать данные об эрозионной опасности. В веб-сервисе возможно переключение базовых слоев, включения/выключения тематических слоев, выбор слоев эрозионной опасности из списка, вывод статистики по эрозионной опасности при клике на муниципальный район и вывод названия населенного пункта при наведении курсора.

Результаты и их обсуждение

В результате выполненного авторами исследования разработан веб-сервис, целью создания которого является картографическая поддержка развития земельно-имущественного комплекса и отрасли сельского хозяйства региона в условиях эрозии почв.

Разработанный веб-сервис обеспечивает удобный доступ к информации об эрозионной опасности для широкого круга пользователей, что соответствует современным тенденциям развития геоинформационных технологий и позволяет повысить эффективность управления земельными ресурсами [Малочкин, 2019].

В качестве примера итогового результата можно привести карту распределения эрозионной опасности для Лысьвенского городского округа как территории, где представлены все степени эрозионной опасности (рис. 4).

Целевой ориентир полученного результата – повышение уровня управления земельным имуществом и ресурсным потенциалом аграрной сферы, сохранность ценных земельных массивов, развитие базы продовольственного обеспечения края, развитие социальных индексов проживания людей.

Результаты работы имеют существенное практическое значение. В частности, практического интереса заслуживает статистика по распространению по территории массивов, относящихся к различным рангам эрозионной опасности.

Также высокую практическую ценность имеют картографические изображения территорий, подверженных эрозионной опасности в муниципальных административных формированиях Пермского края.

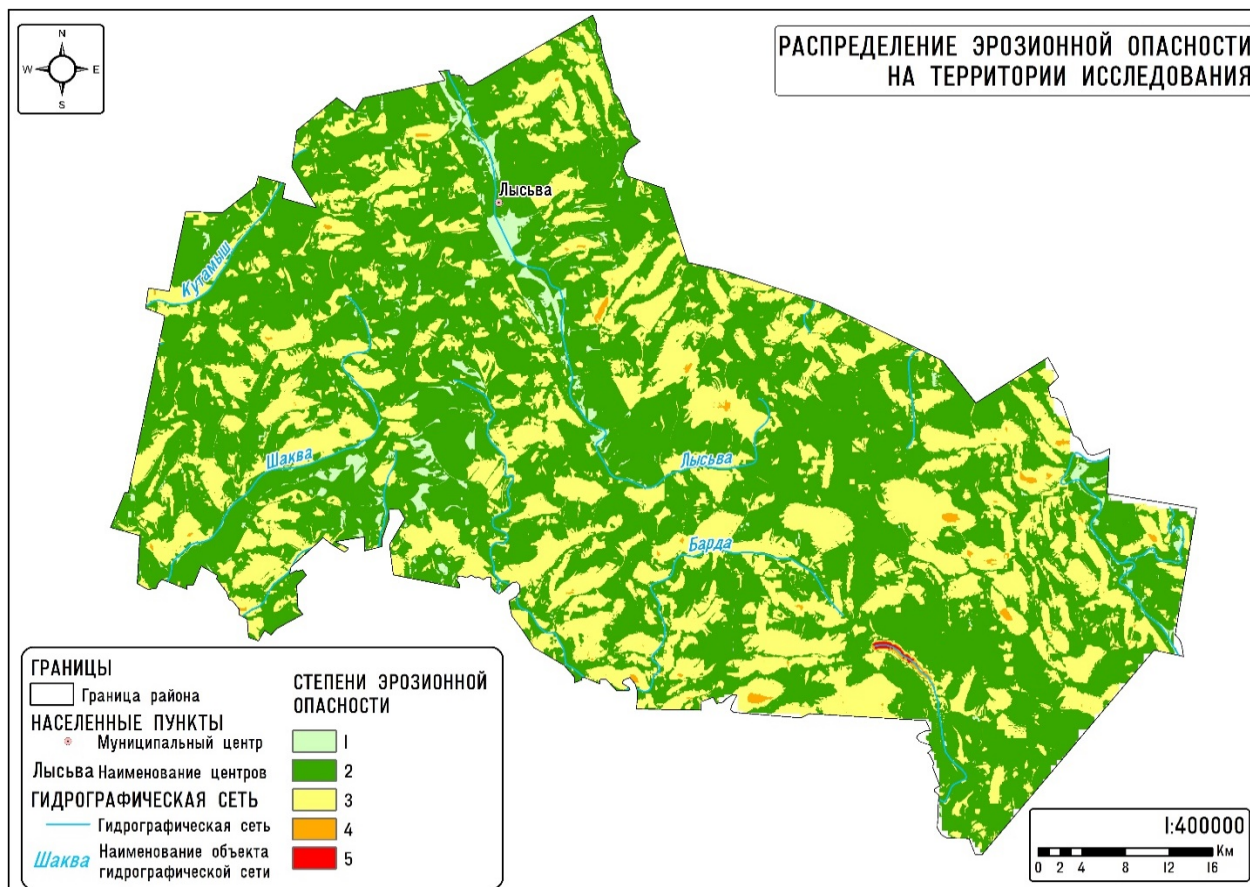


Рис. 4. Распределение эрозионной опасности на территории исследования
Fig. 4. Erosion hazard distribution in the study area

Сферы практического использования результатов работы:

1. Информационная. По мнению авторов, данные об эрозионной опасности на конкретных участках должны входить в реестр необходимых кадастровых сведений о качестве земель. Совершенствование в этом направлении технологической составляющей кадастра должно отразиться на общем развитии отечественной кадастровой системы [Bryzhko V.G., Bryzhko I.V., 2020].

2. Хозяйственная. Данные веб-сервиса могут быть полезны производителям агропродукции при установлении направлений хозяйственного использования конкретного земельного имущества с учетом требований противоэрозионной организации территории.

3. Экологическая. Противоэрозионные меры, устанавливаемые на основе результатов картографирования позволяют решать в комплексе земельно- и природоохранные задачи.

4. Социальная. Предотвращение деградационных процессов на территориях проживания населения края позволяет добиться улучшения условий жизни местного населения.

5. Коммерческая. Данные веб-сервиса могут быть полезны представителям предпринимательского сообщества при принятии решений о сделках с участками, подверженными эрозии, и их практическом использовании в коммерческих целях.

Для верификации наших результатов мы провели сравнение с данными, опубликованными в открытом доступе в сети Интернет. Мы выбрали для этого веб-сервис, созданный в Институте экологии и природопользования Казанского федерального университета. Сервис предоставляет широкий спектр пространственных данных о бассейнах малых рек, включая характеристики рельефа, климата, дочетвертичных отложений, почвообразую-

щих пород и почв, а также показатели лесистости, распаханности, заболоченности и другие параметры. Также на сервисе представлены модельные значения стока воды, оценки антропогенной нагрузки и эрозионных процессов.

Нас интересовало, каким образом авторы сервиса рассчитывают показатели эрозионной опасности и как эти результаты отображаются на карте. Для определения степени эрозии почвы разработчики использовали математическое моделирование.

Их результаты доступны в виде тематических слоев в разделе «Бассейны» на веб-сервисе «Речные бассейны Европейской России». Несмотря на то, что наши подходы к расчету отличаются (мы определяем предрасположенность к эрозии в виде ранга, в то время как сравниваемая модель дает количественную оценку смытых почв), мы считаем возможным сопоставление результатов. На рис. 5 для сравнения представлены оба варианта карт распределения степени эрозионной опасности.

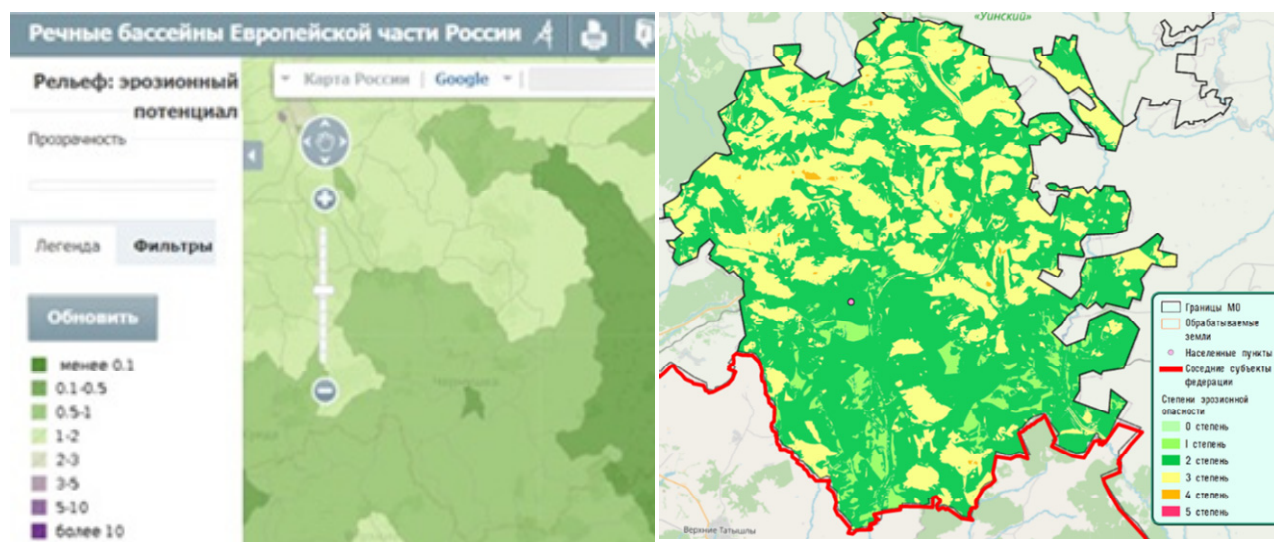


Рис. 5. Сравнение полученных результатов по Чернушенскому району (справа) с данными, полученными из ресурса «Речные бассейны Европейской России» (слева)

Fig. 5. Comparison of the obtained results on Chernushinsky district (on the right) with the data obtained from the resource "River basins of the European part of Russia" (on the left)

Земли, расположенные на северо-западе, имеют расчлененный рельеф, что увеличивает степень их предрасположенности к эрозионным процессам. Участки земли на юге расположены в равнинной местности, в связи с чем их эрозионная опасность значительно меньше.

На юго-востоке и востоке района большое количество обрабатываемых земель и небольшое количество лесных массивов, что также сказывается на повышении эрозионной опасности. В результате проведения сравнения полученных результатов в двух системах можно заметить, что созданные в процессе выполнения работы поверхности эрозионной опасности корректно отображают ситуацию местности, и что представленный нами метод создания подобной поверхности, является корректным и позволяет использовать результаты работы в практической деятельности.

Заключение

Системная борьба с проявлениями деградации плодородных земельных участков входит в круг общегосударственных задач, направленных на стабильное обеспечение страны аграрной продукцией. Муниципальные образования Пермского края нуждаются в информации о земельно-имущественных комплексах, подверженных эрозионной опасно-



сти. Большое значение имеет картографическая поддержка развития земельно-ресурсного потенциала аграрной сферы края в условиях эрозии почв.

Проведенное исследование позволило разработать и запустить картографический веб-сервис, обеспечивающий оперативный и удобный доступ к актуальным данным об эрозионной опасности земель Пермского края. В результате мы получили не только инструмент для визуализации данных, но и основу для дальнейшего углубленного анализа причин и механизмов возникновения эрозионных процессов.

Веб-сервис предоставляет информацию, необходимую для принятия обоснованных решений в области землепользования, разработки противоэрозионных мер, планирования деятельности в области сельского хозяйства и прогнозирования потенциальных рисков. Перспективы дальнейшего развития работы включают в себя расширение функционала сервиса путем добавления новых типов данных и интеграции с другими информационными системами. Разработанный веб-сервис является важным шагом на пути к более эффективному управлению земельными ресурсами и обеспечению устойчивого развития аграрного комплекса региона, и может служить примером успешного применения геоинформационных технологий в практике организации рационального использования земли.

Список источников

- Абдуллин Р.К., Пономарчук А.И. 2020. Технологии интернет картографирования. Пермь, Пермский государственный национальный исследовательский университет, 133 с.
- Захаров Н.Г. 2009. Защита почв от эрозии. Ульяновск, Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 235 с.
- Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. 2004. Эрозия и Охрана почв. Москва, КолосС, 351 с.
- Новаковский Б.А., Пермяков Р.В. 2019. Комплексное геоинформационно-фотограмметрическое моделирование рельефа. Москва, Московский государственный университет геодезии и картографии, 175 с.

Список литературы

- Артемьева О.В., Бакулев А.С., Позднякова Н.А., Тюрин С.В. 2022. Динамическое картографирование нарушенных земель с использованием данных дистанционного зондирования. ИнтерКарто. ИнтерГИС, 28(2): 785–799. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-2-28-785-799>
- Гиберт К.А., Кустышева И.Н. 2023. Совершенствование функционирования мелиорационных систем с целью эффективности водопонижения на территории г. Тюмени. Интерэкспо Гео-Сибирь, 4(2): 18–23. <https://doi.org/10.33764/2618-981X-2023-4-2-18-23>
- Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. 1990. Функции почв в биосфере и экосистемах. Москва, Наука, 258 с.
- Ермолаев О.П. 2017. Геоинформационное картографирование эрозии почв в регионе среднего Поволжья. Почвоведение, 1: 132–146. <https://doi.org/10.7868/S0032180X17010075>
- Корытный Л.М., Бальжинов А.В., Башалханова Л.Б., Веселова В.Н., Михеева Е.В. 2018. Роль ресурсно-климатических факторов в устойчивом развитии Байкальского региона. В кн.: Устойчивое развитие в Восточной Азии: актуальные эколого-географические и социально-экономические проблемы. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию высшего географического образования и 60-летию фундаментальной географической науки в Бурятии, Улан-Удэ, 17–19 мая 2018. Улан-Удэ, Бурятский государственный университет: 108–110.
- Лазовик Г.С., Топаз А.А. 2021. Оценка эрозионной опасности почв и ее картографирование с использованием ГИС-технологий. Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология, 2: 18–31. <https://doi.org/10.33581/2521-6740-2021-2-18-31>
- Малочкин В.Ю. 2019. Разработка методики проведения инвентаризации земель сельскохозяйственного назначения посредством ГИС. Международный сельскохозяйственный журнал, 2: 17–21. <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2019-12020>

- Новиков А.В., Хабарова И.А., Хабаров Д.А., Скрипко Е.С. 2022. Предложения по предотвращению деградации земель сельскохозяйственного назначения. Вектор ГеоНаук, 5(4): 13–17. <https://doi.org/10.24412/2619-0761-2022-4-13-17>
- Осипов А.Г., Дмитриев В.В., Ковязин В.Ф. 2021. Методика оценки и картографирования природно-аграрного потенциала ландшафтов. Геодезия и картография, 82(9): 11–20. <https://doi.org/10.22389/0016-7126-2021-975-9-11-20>.
- Павлова А.И. 2013. Оценка эрозионной опасности земель с использованием ГИС-технологий. Стратегия устойчивого развития регионов России, 18: 107–110.
- Столбов И.А., Брыжко В.Г., Брыжко И.В. 2022. Геоинформационное обеспечение оценки эрозионной опасности земель сельских территорий. ИнтерКарто. ИнтерГИС, 28(2): 885–900. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-2-28-885-900>.
- Украинский П.А., Буряк Ж.А., Терехин Э.А. 2022. Картографирование структуры пространственных точечных образов в региональном масштабе. Геодезия и картография, 83(11): 50–63. <https://doi.org/10.22389/0016-7126-2022-989-11-50-63>.
- Ушачев И.Г., Маслова В.В. 2022. Научные подходы к совершенствованию государственного регулирования в АПК на современном этапе. АПК: экономика, управление, 4: 3–10. <https://doi.org/10.33305/224-3>.
- Хлыстун В.Н., Алакоз В.В. 2022. Управление земельными ресурсами и землеустроительная инфраструктура. Землеустройство, кадастр и мониторинг земель, 10: 629–636. <https://doi.org/10.33920/sel-04-2210-01>.
- Хлыстун В.Н. 2018. Структурные изменения в земельном фонде России. Землеустройство, кадастр и мониторинг земель, 4(159): 11–18.
- Цыпкин Ю.А., Папаскири Т.В., Орлов С.В., Хабарова И.А., Ведьманова О.О. 2022. Перспективы совершенствования геостратегического управления активами страны на основе единой системы пространственных данных. Землеустройство, кадастр и мониторинг земель, 12: 757–765. <https://doi.org/10.33920/sel-04-2212-01>.
- Bryzhko V.G., Bryzhko I.V. 2020. State and Directions of Development of Land Cadastral Practice. Espacios, 41(45): 90–97. <https://doi.org/10.48082/espacios-a20v41n45p08>.

References

- Artemeva O.V., Bakulev A.S., Pozdnyakova N.A., Tyurin S.V. 2022. Dynamic Mapping of Disturbed Lands Using Remote Sensing Data. InterCarto. InterGIS, 28(2): 785–799 (in Russian). <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-2-28-785-799> (in Russian)
- Gibert K.A., Kustysheva I.N. 2023. Improving the Functioning of Melioration Systems for the Purpose of the Effectiveness of Dewatering in the Territory of the City of Tyumen. Interexpo GEO-Siberia, 4(2): 18–23. <https://doi.org/10.33764/2618-981X-2023-4-2-18-23>
- Dobrovolskiy G.V., Nikitin E.D. 1990. Funktsii pochv v biosfere i ekosistemakh [Functions of Soils in the Biosphere and Ecosystems]. Moscow, Publ. Nauka, 258 p.
- Yermolaev O.P. 2017. Geoinformation Mapping of Soil Erosion in the Middle Volga Region. Eurasian Soil Science, 50(1): 181–131 (in Russian). <https://doi.org/10.1134/S1064229317010070>
- Korytnyi L.M., Balzhinov A.V., Bashalkhanova L.B., Veselova V.N., Mikheeva E.V. 2018. The Role of Resource and Climatic Factors in the Sustainable Development of the Baikal Region. In: Sustainable Development in East Asia: Current Ecological-Geographical and Socio-Economic Problems. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 30th Anniversary of Higher Geographical Education and the 60th Anniversary of Fundamental Geographical Science in Buryatia, Ulan-Ude, 17–19 May 2018. Ulan-Ude, Publ. Buryat State University: 108–110 (in Russian).
- Lazovik H.S., Topaz A.A. 2021. Assessment of Soil Erosion Hazard and Its Mapping Using GIS Technologies. Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology, 2: 18–31 (in Russian). <https://doi.org/10.33581/2521-6740-2021-2-18-31>
- Malochkin V.Yu. 2019. Development of the Technique of Carrying Out Inventory of Lands of Agricultural Purpose by Means of GIS. International Agricultural Journal, 2: 17–21 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2019-12020>



- Novikov A.V., Khabarova I.A., Khabarov D.A., Skripko E.S. 2022. Offers to Prevent Degradation of Agricultural Land. *Vector of Geosciences*, 5(4): 13–17 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2619-0761-2022-4-13-17>
- Osipov A.G., Dmitriev V.V., Kovyazin V.F. 2021. Methods of Assessing and Mapping the Natural and Agricultural Potential of Landscapes. *Geodesy and Cartography*, 82(9): 11–20 (in Russian). <https://doi.org/10.22389/0016-7126-2021-975-9-11-20>.
- Pavlova A.I. 2013. Otsenka erozionnoy opasnosti zemel s ispolzovaniyem GIS-tekhnologiy [Erosion Hazard Assessment of Lands Using GIS Technologies]. *Strategiya ustoychivogo razvitiya regionov Rossii*, 18: 107–110.
- Stolbov I.A., Bryzhko V.G., Bryzhko I.V. 2022. Geoinformation Support for Erosion Hazard Assessment of Rural Territories. *InterCarto. InterGIS*, 28(2): 885–900 (in Russian). <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-2-28-885-900>.
- Ukrainskiy P.A., Buryak Zh.A., Terekhin E.A. 2022. Mapping the Structure of Spatial Point Patterns on a Regional Scale. *Geodesy and Cartography*, 83(11): 50–63 (in Russian). <https://doi.org/10.22389/0016-7126-2022-989-11-50-63>.
- Ushachev I.G., Maslova V.V. 2022. Scientific Approaches to Improving State Regulation in the Agro-Industrial Complex at the Present Stage. *AIC: economics, management*, 4: 3–10 (in Russian). <https://doi.org/10.33305/224-3>.
- Khlystun V.N., Alakoz V.V. 2022. Land Administration and Land Use Planning Infrastructure. *Land Management, Monitoring and Cadastre*, 10: 629–636 (in Russian). <https://doi.org/10.33920/sel-04-2210-01>.
- Khlystun V.N. 2018. Structural Changes in the Land Fund of Russia. *Land Management, Monitoring and Cadastre*, 4(159): 11–18 (in Russian).
- Tsyppkin Yu.A., Papaskiri T.V., Orlov S.V., Khabarova I.A., Vedmanova O.O. 2022. Prospects for Improving Geostrategic Asset Management of the Country on the Basis of the Unified Spatial Data System. *Land Management, Monitoring and Cadastre*, 12: 757–765 (in Russian). <https://doi.org/10.33920/sel-04-2212-01>.
- Bryzhko V.G., Bryzhko I.V. 2020. State and Directions of Development of Land Cadastral Practice. *Espacios*, 41(45): 90–97. <https://doi.org/10.48082/espacios-a20v41n45p08>.

*Поступила в редакцию 21.01.2025;
поступила после рецензирования 01.03.2025;
принята к публикации 09.03.2025*

*Received January 21, 2025;
Revised March 01, 2025;
Accepted March 09, 2025*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Брыжко Илья Викторович, кандидат экономических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики, Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

Столбов Илья Андреевич, магистрант кафедры картографии и геоинформатики, Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

Брыжко Виктор Геннадьевич, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой землеустройства, Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова, г. Пермь, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ilya V. Bryzhko, PhD in Economics, Associate Professor, Department of Cartography and Geoinformatics, Perm State University, Perm, Russia

Ilya A. Stolbov, Master's student, Department of Cartography and Geoinformatics, Perm State University, Perm, Russia

Viktor G. Bryzhko, Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Land Management, Perm State Agro-Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov, Perm, Russia