

УДК: 912.4; 528.8

DOI: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-885-900

И.А. Столбов¹, В.Г. Брыжко², И.В. Брыжко³

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЦЕНКИ ЭРОЗИОННОЙ ОПАСНОСТИ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

АННОТАЦИЯ

Проблема своевременной и точной оценки эрозионной опасности территории стоит достаточно остро для агропромышленного комплекса нашей страны, так как эрозионные процессы наносят огромный ущерб сельскому хозяйству. Для обеспечения работы по рациональной организации территории и грамотному землеустроительному сопровождению этих действий необходимо использование современных технологий и современного программного обеспечения в области геоинформационных систем. Благодаря геоинформационным системам появляется возможность оперативно и качественно создавать достаточно точный и информативный планово-картографический материал, необходимый для разработки и реализации проектов противоэрозионной организации территории. В данной работе описаны основные показатели эрозионной опасности земель, показана методика их расчета с использованием геоинформационных систем на примере аграрных товаропроизводителей Оханского района Пермского края. В процессе выполнения работы созданы картографические изображения изучаемой территории, почвенных особенностей территории исследования, переклассификации раstra почв и почвообразующих пород, рельефа, уклонов склонов и переклассификации раstra уклонов, экспозиции склонов и переклассификации раstra экспозиции склонов, выделение обрабатываемых земель, изображение типов использования земель и переклассификация раstra использования типов, распределения LS фактора на территории и переклассификация раstra LS фактора, изображение эрозионного потенциала территории исследования. Использование разработанного планово-картографического материала существенно облегчит информационное обеспечение процесса управления земельными ресурсами и противоэрозионной организации территории. Данные о потенциале эрозионной опасности земель рекомендуется использовать при разработке муниципальных программных документов в сфере развития сельских территорий Оханского района. Нормативы, разработанные для аграрных предприятий, можно использовать в муниципальных программах развития отрасли, в процессе планирования и организации агропроизводства.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: противоэрозионная организация территории, эрозионная опасность, геоинформационные системы, сельские территории

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет, ул. Букирева, д. 15, 614068, Пермь, Россия; *e-mail*: warbendust@mail.ru

² Пермский государственный аграрно-технологический университет имени акад. Д.Н. Прянишникова, ул. Петропавловская, д. 23, 614990, Пермь, Россия; *e-mail*: bryzhko@bk.ru

³ Пермский государственный национальный исследовательский университет, ул. Букирева, д. 15, 614068, Пермь, Россия; *e-mail*: zempromekt@yandex.ru

Ilya A. Stolbov¹, Viktor G. Bryzhko², Ilya V. Bryzhko³

GEOINFORMATION SUPPORT FOR EROSION HAZARD ASSESSMENT OF RURAL TERRITORIES

ABSTRACT

The problem of timely and accurate assessment of the erosion hazard of the territory is quite acute for the agro-industrial complex of our country, since erosion processes cause great damage to agriculture. To ensure the work on the rational organization of the territory and competent land management support for these actions, it is necessary to use modern technologies and modern software in the field of geographic information systems. Thanks to geographic information systems, it becomes possible to quickly and efficiently create sufficiently accurate and informative planning and cartographic material necessary for the development and implementation of projects for the anti-erosion organization of the territory. This paper describes the main indicators of the erosion hazard of land, shows the methodology for their calculation using geographic information systems on the example of agricultural producers of the Okhansky District of the Perm region. In the course of the work, cartographic images of the study area, soil features of the study area, reclassification of the raster of soils and parent rocks, relief of the study area, slope slopes and reclassification of the slope raster, exposure of slopes and reclassification of the slope exposure raster, allocation of cultivated lands, image of types of land use and raster reclassification using types, distribution of the LS factor on the territory and reclassification of the LS factor raster, image of the erosion potential of the territory. The use of the developed planning and cartographic material will greatly facilitate the information support of the process of land management and anti-erosion organization of the territory. It is recommended to use data on the erosion hazard potential of lands in the development of municipal program documents in the field of rural development in the Okhansky District. The standards developed for agricultural enterprises can be used in municipal programs for the development of the industry, in the process of planning and organizing agricultural production.

KEYWORDS: anti-erosion organization of the territory, erosion hazard, geographic information systems, rural areas

ВВЕДЕНИЕ

Последние санкционные инициативы западных стран коснулись всех сфер деятельности отечественной экономики. Не оставили своим вниманием инициаторы санкционных действий и российский агрокомплекс, обеспечивающий продовольственную независимость страны. В таких условиях особую остроту приобретает проблема обеспечения условий для стабильного роста аграрной экономики на основе эффективного использования ресурсного потенциала.

Актуальность проблемы развития агрокомплекса обосновывается авторитетными представителями академической науки [Алтухов, 2017]. Несмотря на понимание проблемы в обществе, она продолжает оставаться актуальной сегодня.

¹ Perm State University, Bukireva str., 15, 614068, Perm, Russia; *e-mail*: warbendust@mail.ru

² Perm State Agro-Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov, Petropavlovskaya str., 23, 614990, Perm, Russia; *e-mail*: bryzhko@bk.ru

³ Perm State University, Bukireva str., 15, 614068, Perm, Russia; *e-mail*: zemproekt@yandex.ru

Значительное внимание специалистов в сфере аграрной экономики уделяется вопросам состояния сельскохозяйственного земельного имущества. Развитие последнего сопровождается многочисленными негативными воздействиями, среди которых можно выделить исключение участков из аграрной сферы для автодорожного и иного строительства, нерегулируемые рыночные операции с недвижимостью, низкий уровень аграрного землепользования [Bryzhko, Bryzhko, 2019].

Значительный ущерб аграрному земельно-имущественному комплексу наносится эрозионными процессами, в результате которых разрушается почвенный плодородный слой, ухудшается состав и структура почв, ухудшаются условия рельефа и пространственные характеристики сельскохозяйственного землепользования.

Характер тенденций состояния земельного имущества, подверженного эрозионной опасности, продолжает оставаться отрицательным. В стране ежегодно обследуется территория 8–10 % сельскохозяйственных земель, данные таких обследований неутешительны. Например, по результатам обследования 2019 г. получены следующие результаты: исследовано – 12,7 млн га земель; установлены массивы, подверженные эрозии, на площади 4,1 млн га (в том числе водная эрозия проявляется на площади 2,5 млн га, ветровая – на 1,6 млн га).¹

Для предотвращения дальнейшего разрушения земельно-ресурсного потенциала агропроизводства требуется серьезная организационно-территориальная работа. Рациональной организации территории препятствует разрушение единой системы землеустроительного производства в стране и практики разработки проектной землеустроительной продукции [Волков и др., 2015].

Данное обстоятельство определяет необходимость быстрого восстановления практики проектного организационно-территориального производства на основе использования современных технических средств и технологий. Требуется автоматизация процесса производства и обоснования схем и проектов землеустройства [Волков и др., 2019].

Радикальное изменение ситуации в сфере противоэрозионной организации территориальных образований возможно на основе современных геоинформационных систем и технологий изготовления картографической продукции. Особую практическую значимость представляют продукты, позволяющие оценить потенциальную угрозу для агропроизводства, связанную с разрушением земельного имущества в результате проявления эрозионных процессов на территории. Данная статья содержит результаты работы авторов в сфере оценки эрозионной опасности земель с иллюстрацией на сельских территориях Оханского района Пермского края при помощи современных ГИС-технологий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Эрозионные процессы наносят значительный ущерб агропроизводству и окружающей среде. Под эрозией понимается разрушение и снос верхних наиболее плодородных горизонтов почвы в результате действия воды и ветра.²

Проведение противоэрозионных мероприятий актуально для всей страны, включая уральские регионы, где процессы эрозии идут активно [Стафийчук, 2017].

В современных условиях требуется оценить опасность эрозии и дать рекомендации по использованию сельскохозяйственных земель и земельного имущества аграрных

¹ Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2019 году. М.: Росинформагротех, 2021. 404 с.

² ГОСТ 27593-88 (СТ СЭВ 5298-85) «Почвы. Термины и определения».

территорий: ГИС-технологии помогают уйти от громоздких вычислений и построений, длительных по времени работ по традиционной подготовке планово-картографического материала и проектированию противоэрозионных мероприятий.

Для этих целей должны использоваться современные материалы и методы исследования, позволяющие создать основу для построения картограмм эрозионной опасности. Эти карты должны занять свое место в системе обеспечения экологической безопасности территорий [Верещака, 2020].

Современные методы исследования и технологии нашли свое применение при изучении эрозионных процессов на территории. Данные геоинформационных технологий и материалов космосъемок играют важную роль при установлении динамики эрозии, оценке почвенных и ландшафтных изменений на той или иной территории. На их основе строятся модели, учитывающие совокупное воздействие факторов эрозии на окружающую среду.

На примере муниципалитетов Оханского района Пермского края нами было произведено определение эрозионной опасности земель (рис. 1).

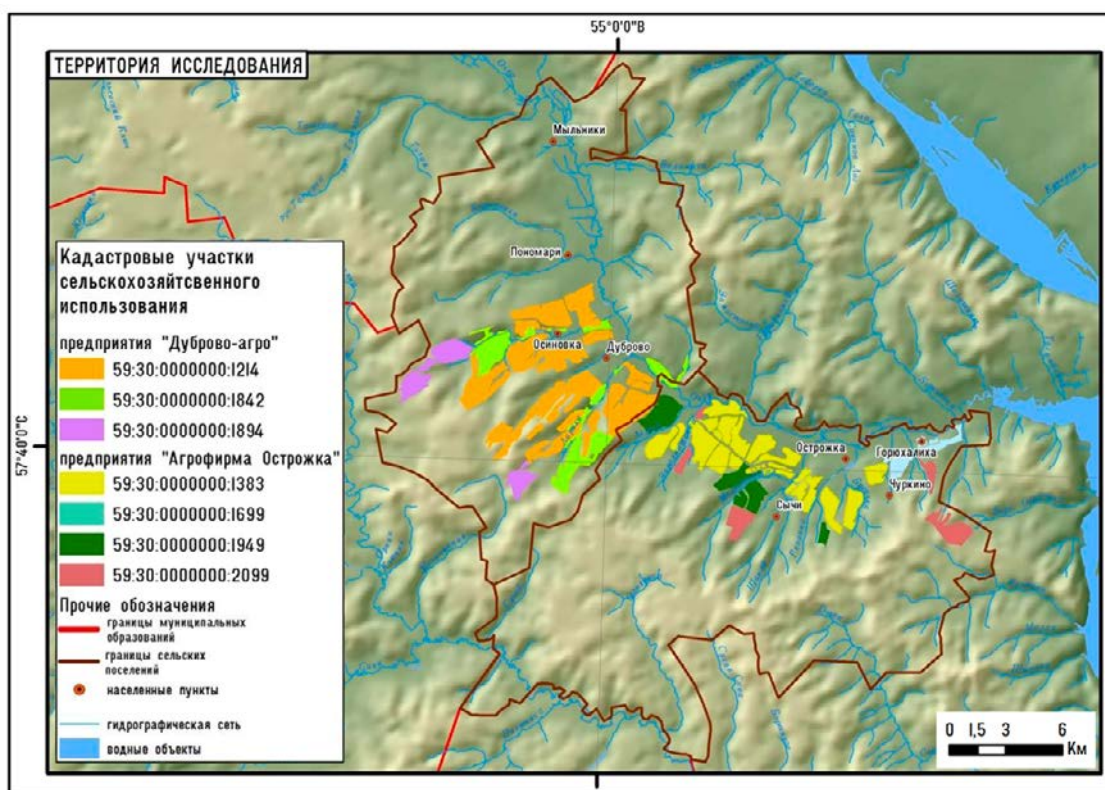


Рис. 1. Изображение территории исследования

Fig. 1. Image of the study area

На сельских территориях выделены аграрные товаропроизводители, задействованные в области растениеводства.

Исследованы два сельскохозяйственных предприятия, специализирующиеся на производстве продукции растениеводства: «Агрофирма Острожка» и «Дуброво-Агро». Земли этих товаропроизводителей находятся в границах Острожского и Дубровского муниципальных образований. Земельное имущество первого предприятия представлено четырьмя массивами площадью 364,9 га; 1255,9 га; 176,4 га; 416,9 га. Земельное имущество второго сельскохозяйственного предприятия представлено тремя массивами площадью 2070,3 га;

366,8 га; 416,9 га. Все названные массивы земель прошли процедуру регистрации и кадастрового учета, официально закреплены за предприятиями.

Далее были зафиксированы территории в границах Острожского и Дубровского муниципальных образований. Векторные данные о муниципалитетах использованы как данные маски в различных инструментах.

Исследуемые объекты территориально расположены на западе Оханского административного районного образования. Основными гидрографическими объектами на территории являются реки Очер и Кама. Показатель густоты речной сети для изучаемой территории находится в пределах 0,66–0,74. Рельеф территории характеризуется неоднородностью, а его высоты находятся в пределах от 50 м до 300 м над уровнем поверхности. Вертикальная расчлененность рельефа на территории варьируется в пределах 43,4–56,99.

Территория производства работ характеризуется умеренно-континентальными климатическими условиями с количеством осадков в пределах 50–60 мм.

Изучение процессов эрозии в зонах активного земледелия невозможно без картографирования почвенных условий [Буряк, 2021] (рис. 2).

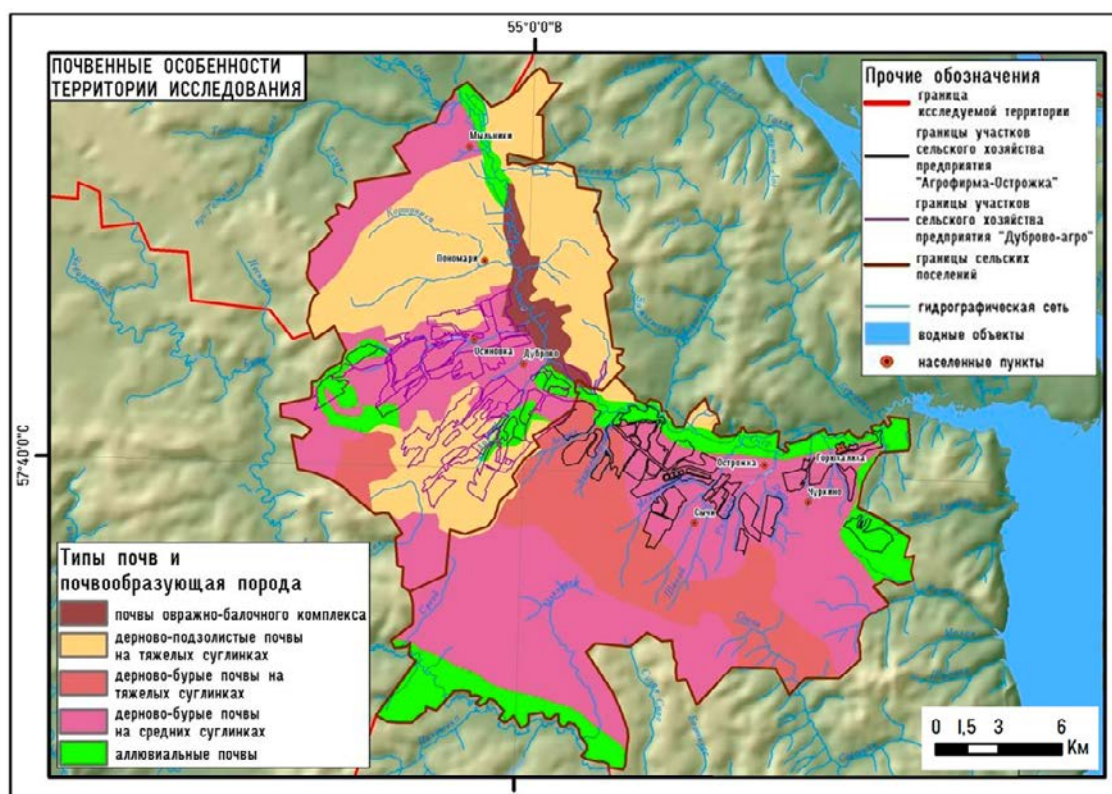


Рис. 2. Изображение почвенных особенностей территории исследования

Fig. 2. Image of soil features of the study area

Информация и границы почвенных контуров на изучаемой территории были получены с почвенных карт, привязаны и оцифрованы. Также каждому типу почв были присвоены весовые индексы, характеризующие эрозионную предрасположенность.

Почвы на изучаемой территории представлены дерново-подзолистыми и подзолистыми почвами на тяжелых глинах и суглинках. Данные почвы в связи с особенностями внутренней структуры не пропускают сквозь себя воду и подвержены эрозии в связи с усиленным поверхностным стоком.

Наиболее ценные массивы земель в районе – пойменные земли. Они представлены аллювиальными дерновыми кислыми почвами. Эти почвы имеют низкую влагоемкость и высокую водопроницаемость. Их можно отнести к устойчивым по отношению к процессам эрозии, связанным с плоскостным смывом. Устойчивость достигается благодаря наличию в своем составе большей части железа, а также благодаря гранулометрическому составу [Минеев, 2017].

Также исследуемая территория отличается большим количеством дерново-бурых почв. В связи с промывным режимом почв происходит снижение ее эрозионной устойчивости. Кроме того, на территории расположено много участков с дерново-подзолистой почвой. Данный тип почв обладает низкой эрозионной устойчивостью из-за своего режима промыва и химического состава [Добровольский и др., 2011].

При переклассификации растра для типов почв (рис. 3) нами установлены следующие показатели, определяющие степень эрозионной опасности: для аллювиальной (пойменной) кислой почвы – 2; для дерново-бурой почвы – 3; для дерново-подзолистой почвы – 4; для почв овражно-балочной сети – 5.

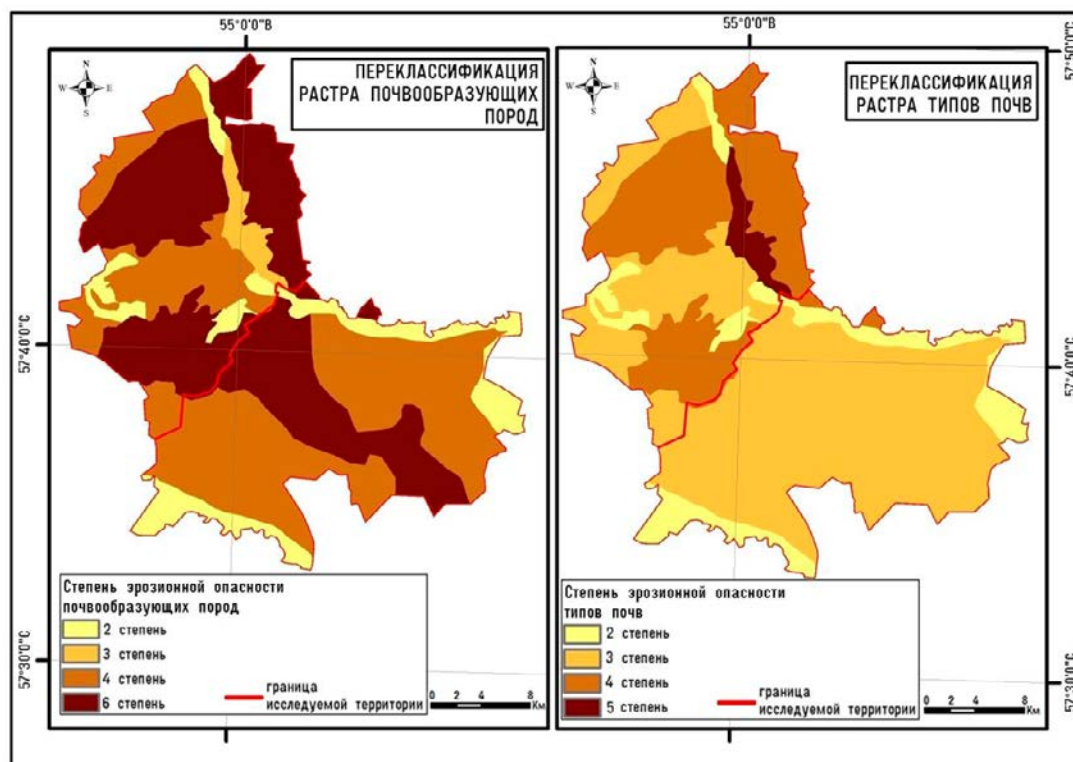


Рис. 3. Переклассификация растра типов почв и почвообразующих пород
 Fig. 3. Reclassification of the raster of soil types and soil-forming rocks

В результате произведенной авторами переклассификации растра по типам почвообразующих пород были установлены следующие показатели степени эрозионной опасности: 2 – аллювиальные почвы; 3 – земли овражно-балочного комплекса; 4 – средние суглинки; 6 – тяжелые суглинки.

В результате построены растровые изображения, характеризующие уровень эрозионной опасности, формируемой под воздействием природных факторов.

Процессы эрозии зависят от уклонов склонов на территории. Поэтому требуется растр со значениями высот на изучаемой территории [Рулев, 2009].

Для вычисления растра высот использован инструмент «Топо в растр», позволяющий на основе точек высотных отметок, гидрографической сети и изолиний горизонталей создать модель, отражающую гидрологические характеристики территории.

Растр высот служит основой для построения производных растровых поверхностей [Иванов, 2017]. На его базе построен растр уклонов, с использованием инструмента «Уклон». Результаты работы инструмента представлены графически на рисунке 4.

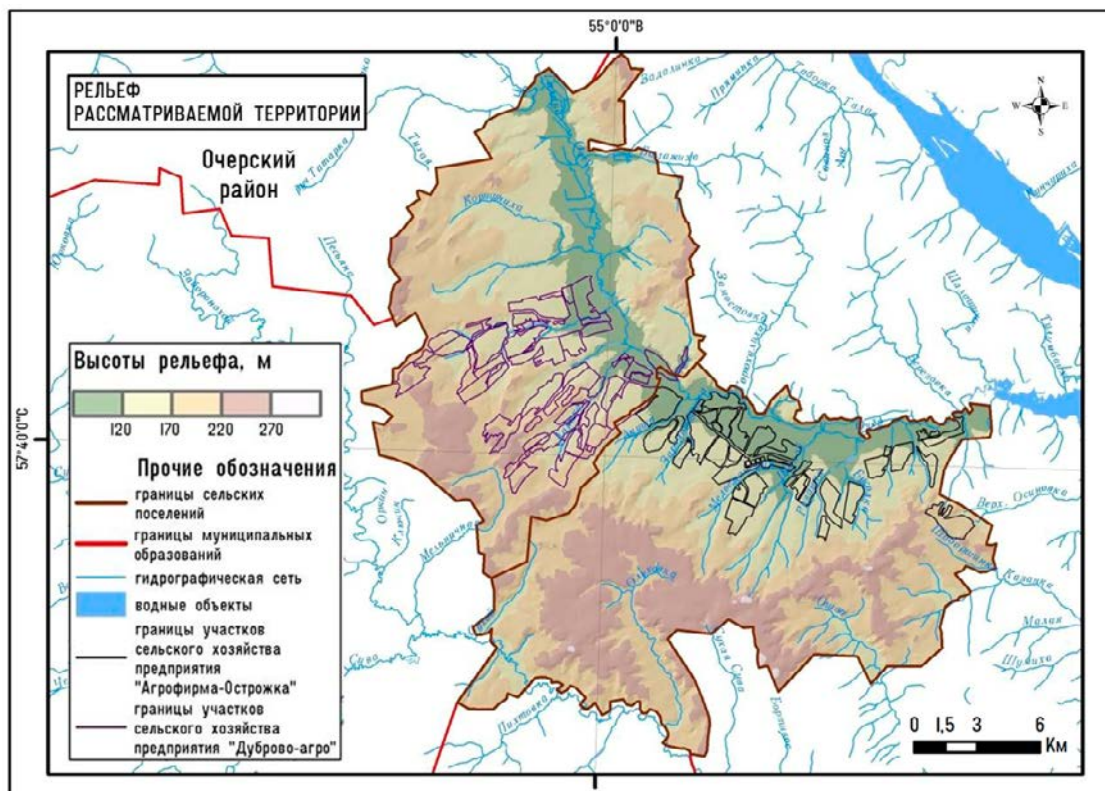


Рис. 4. Изображение рельефа территории исследования

Fig. 4. Image of the relief of the study area

Максимальное значение уклонов 47 градусов, размер ячейки растра 10 на 10 метров. Среднее значение уклонов для территории Дубровского муниципалитета составляет 3,29 градуса, для Острожского – 3,7 градуса.

Данные значения получены путем использования инструмента «Зональная статистика в таблицу». После построения растра уклонов проведена его переклассификация (рис. 5), отражающая влияние угла наклона склона на степень эрозионной опасности: 1 степень – углы наклона ниже 0,5 градуса; 2 степень – углы наклона от 0,5 до 3 градусов; 3 степень – углы наклона от 3 до 5 градусов; 4 степень – углы наклона от 5 до 8 градусов; 5 степень – углы наклона от 8 до 10 градусов; 6 степень – углы наклона более 10 градусов.

Комплекс выполненных манипуляций позволил построить растровые изображения поверхности уклонов и ее переклассификации.

При помощи инструмента «Экспозиция» нами была построена растровая поверхность экспозиции склона (рис. 6).

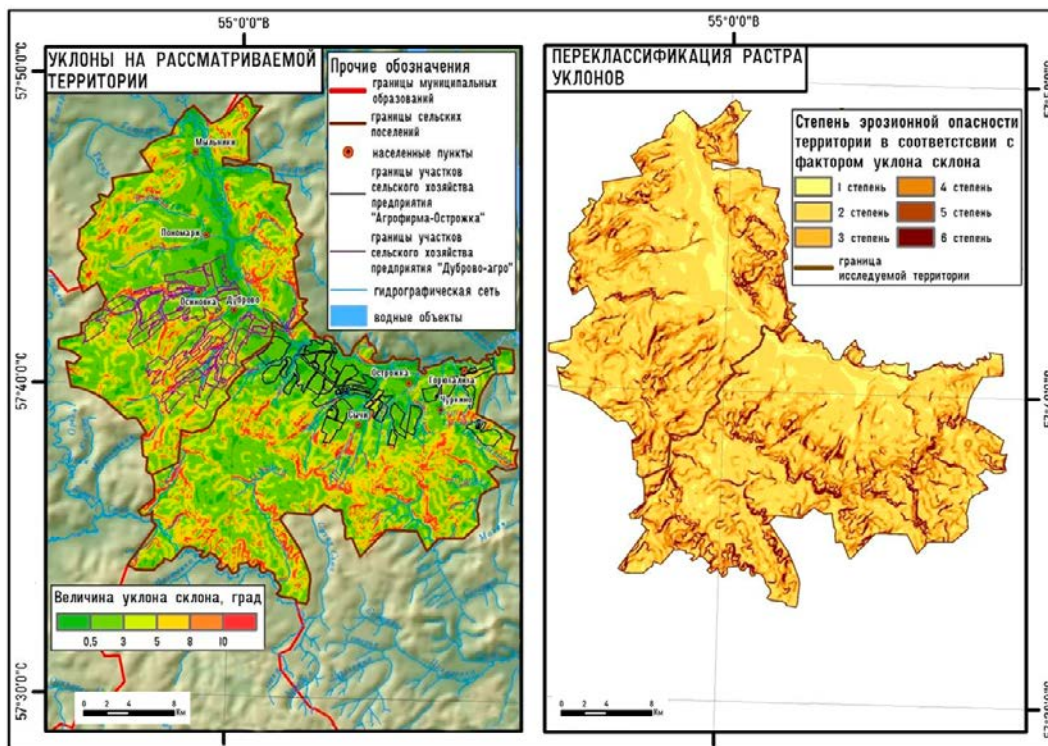


Рис. 5. Изображение уклонов склонов на рассматриваемой территории и переклассификация этого изображения

Fig. 5. Image of slope slopes in the area under consideration and reclassification of this image

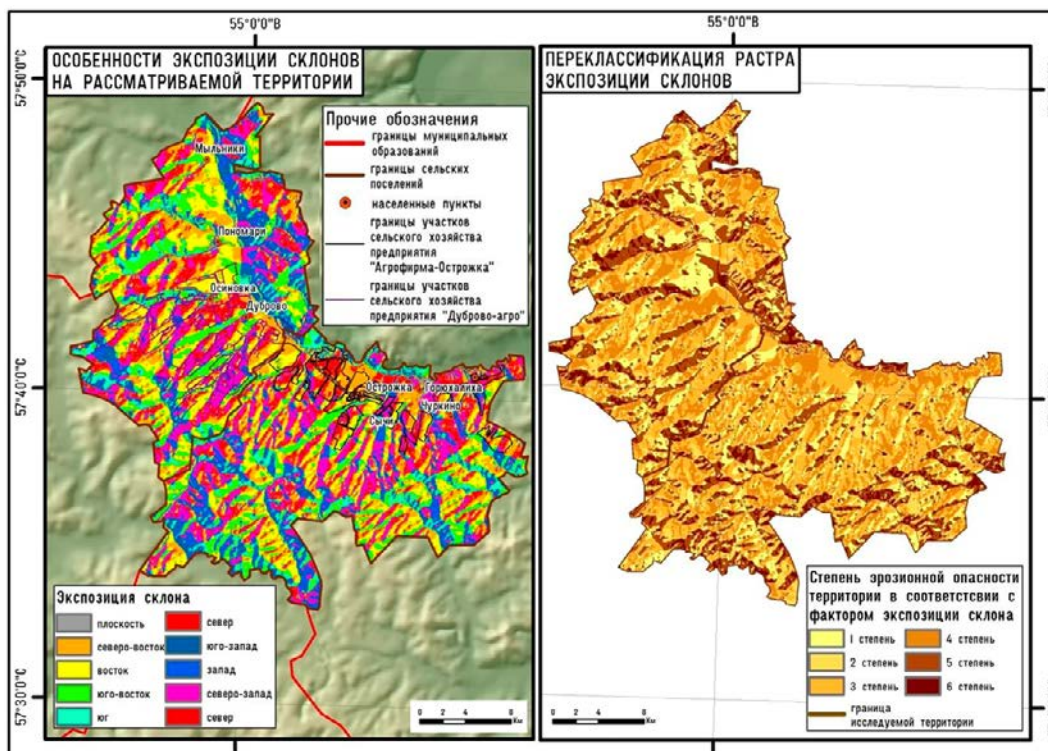


Рис. 6. Изображение экспозиции склонов на рассматриваемой территории и переклассификация этого изображения

Fig. 6. Image of exposure of slopes in the area under consideration and reclassification of this image

Учет экспозиции важен, так как склоны разных экспозиций могут существенно отличаться по таким критериям как скорость накопления органического вещества, водный режим, количество солнечной радиации. Холодные склоны освобождаются от снега на несколько дней позже, и сначала освобождается нижняя часть склона, а потом склон. Также интенсивность смыва талыми водами на теплых склонах выше.

В результате нами были выделены холодные, нейтральные и теплые склоны. Используя инструмент «Переклассификация» растровое изображение получило систему рангов, которые отражают степень опасности того или иного типа экспозиции склонов: 1 степень – склоны восточной экспозиции; 2 степень – склоны западной экспозиции; 3 степень – склоны северо-восточной и северо-западной экспозиции; 4 степень – склоны северной экспозиции; 5 степень – склоны юго-восточной и юго-западной экспозиции; 6 степень – склоны южной экспозиции.

В нашем исследовании определен вегетационный индекс NDVI, установленный нами с использованием диалогового окна «Анализ изображений». Для расчета индекса NDVI был загружен космический снимок с ресурса USGS EarthExplorer. Снимок был выбран из трех летних месяцев 2019 г. среди снимков с меньшим числом облаков. Снимок произведен сенсором OLI спутника Landsat-8. В результате был выделен массив земель, находящихся в обработке.

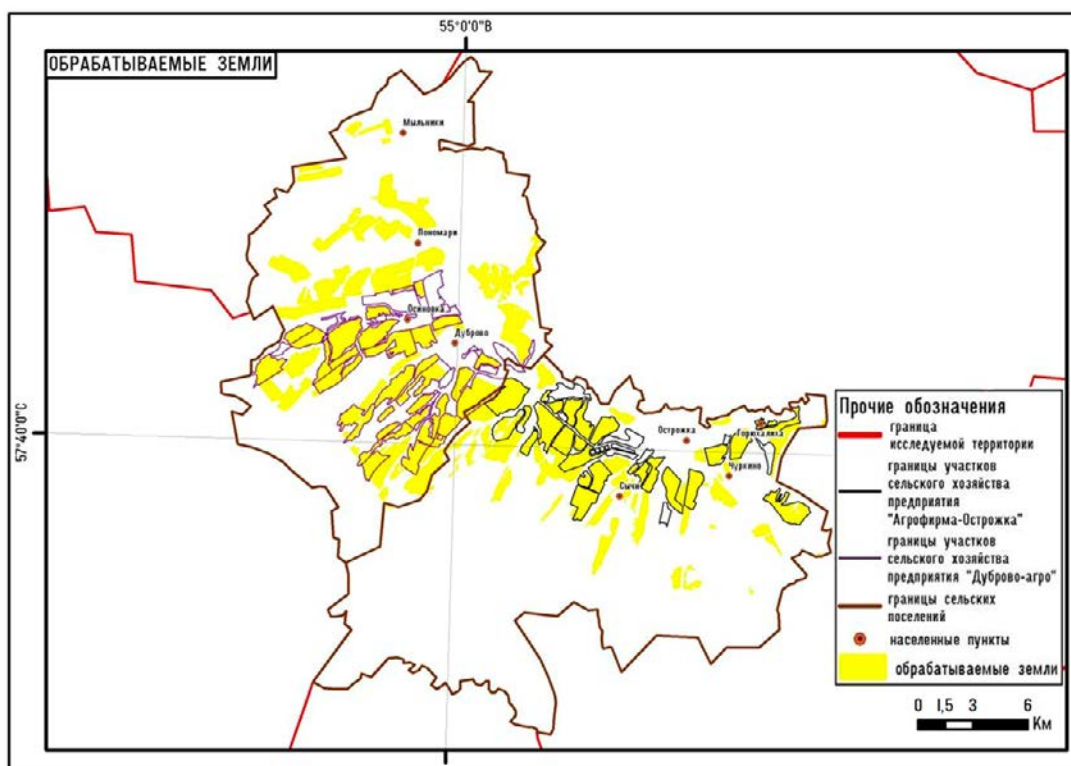


Рис. 7. Изображение, отражающее обрабатываемые земли на территории исследования

Fig. 7. Image reflecting cultivated land in the study area

Для указания принадлежности объекта к обрабатываемым землям были установлены граничные значения (0,1 по нижней границе и 0,24 по верхней границе). Также был получен бинарный растр, в котором значение 1 указывает на принадлежность к обрабатываемым землям. Проведено преобразование растра в полигон по полю Gridcode, и в результате получен векторный слой с обрабатываемыми землями. Данная процедура была

проведена несколько раз – для снимков 2018, 2017 и 2015 годов. После получения всех векторных данных, они были объединены с помощью операции анализа – «Объединение». В результате получен слой обрабатываемых земельных угодий за 4 года (рис. 7). Данное векторное поле использовано при локальной перекодировке с растром типов использования территорий.

Следующим действием нами была создана поверхность, на которой отображены типы использования территории. На ранее рассмотренном снимке спутника Landsat-8 были обрисованы полигоны, наиболее точно отражающие участки территории. Далее с помощью инструмента «Объединить каналы» был собран синтез каналов снимка 6-5-4. В параметрах среды заданы экстенд обработки и анализ растра в пределах маски границ территории муниципальных образований. Для определения точности выделенных полигонов задействован программный продукт SNAP. В него были загружены векторные данные полигонов и объединенные каналы 6-5-4. Далее использован инструмент Random Forest Classifier, в котором присутствует создание текстового файла с различными характеристиками. Необходимой характеристикой была Precision, значения которой должны лежать выше определенной границы 0,75. В нашем случае все значения по выделенным классам лежат выше этого значения. После определения точности был создан файл обучающего классификатора и проведена классификация по методу максимального правдоподобия. После двух сглаживаний и установления классов типов растительности проведена процедура локальной перекодировки значений для внесения корректных данных об обрабатываемых землях. Сравнить изображения можно путем сопоставления рисунков 8 и 9.

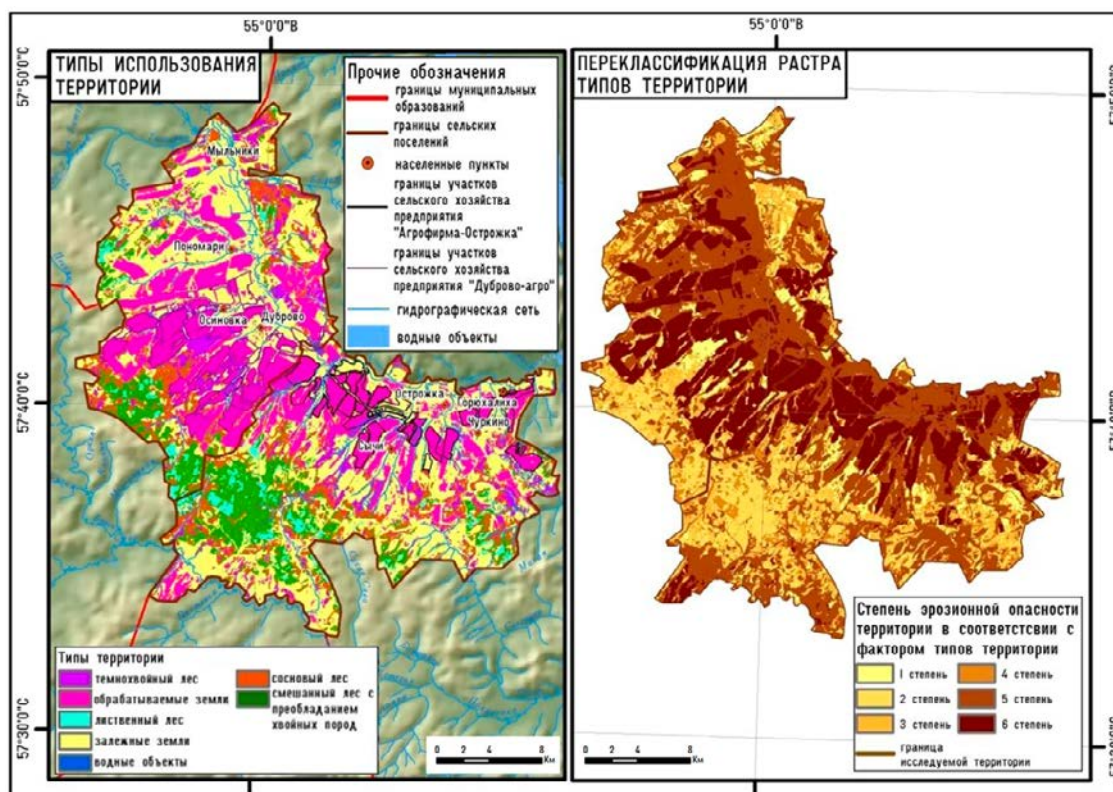


Рис. 8. Изображение типов использования территории и переклассификация после процесса локальной перекодировки

Fig. 8. Depiction of land use types and its reclassification after the local recoding process

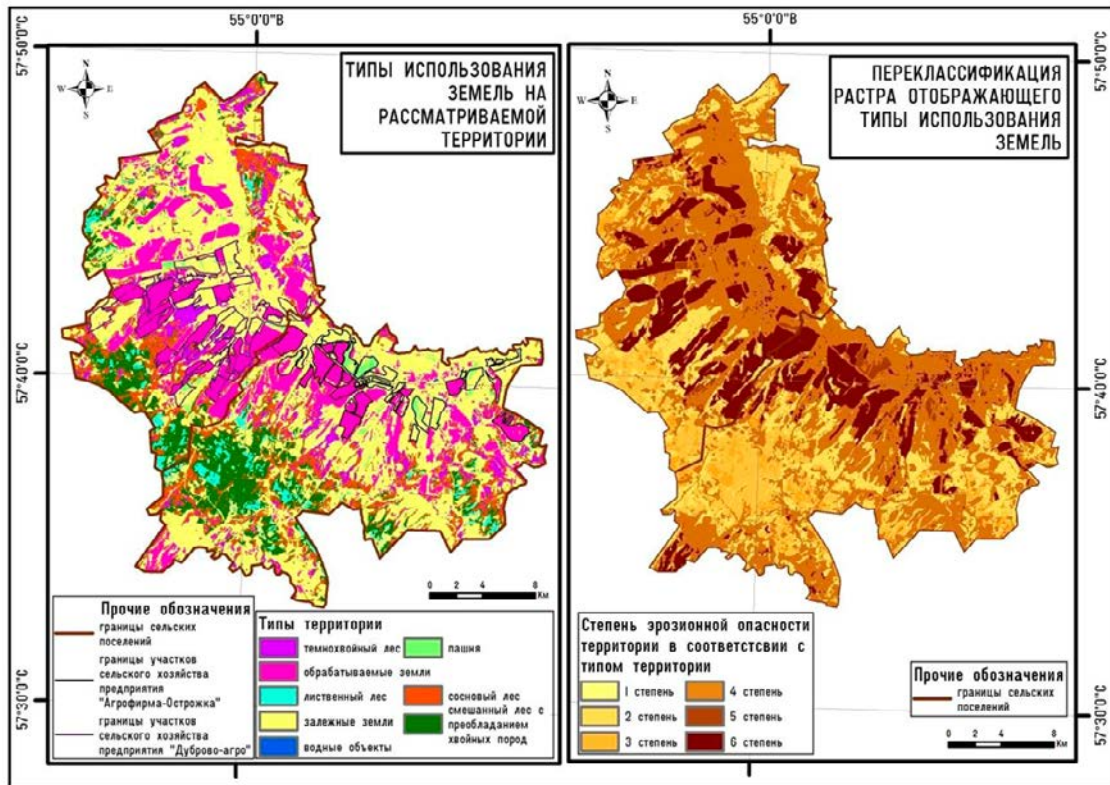


Рис. 9. Изображение типов использования территории и переклассификация до процесса локальной перекодировки

Fig. 9. Depiction of land use types and its reclassification prior to the local recoding process

Для того, чтобы определить участки, на которых произрастает травянистая и лесная растительность, которая своей корневой системой препятствует развитию эрозии, были использованы сведения с характеристиками растительного покрова. Через «Переклассификацию» растра каждому типу было присвоено значение степени влияния: 0 степень – водные поверхности; 1 степень – темнохвойные леса; 2 степень – сосновые леса; 3 степень – смешанные леса с преобладанием хвойных пород; 4 степень – лиственные леса; 5 степень – залежь; 6 степень – участки в обработке.

Заключительным растром для расчета интегрального показателя эрозионной опасности стал растр с потенциалом земель к плоскостному смыву почв (LS фактор). Для этого была построена цифровая модель рельефа для территории исследования, которая загружена в формате GeoTIFF в программный продукт SAGA. Используя группу инструментов Terrain Analysis, были построены 15 базовых геоморфологических параметров рельефа, среди которых имеется уже нужный нам параметр LS. После экспорта из SAGA данный растр был загружен в ArcGIS. Определено значение, которое находится на границе эрозионной трансформации. Такое значение для территории исследования составляет 0,42. Показатели ниже этого значения определяют низкую степень предрасположенности к эрозии, а выше – высокую.

Изображение данного растра приведено на рисунке 10. Получены значения для степени эрозионной опасности в зависимости от значений LS фактора: 1 степень – значения ниже 0,42; 2 степень – значения от 0,42 до 1,39; 3 степень – значения от 1,39 до 2,22; 4 степень – значения от 2,22 до 3,12; 5 степень – значения от 3,12 до 4,02; 6 степень – значения выше 4,02.

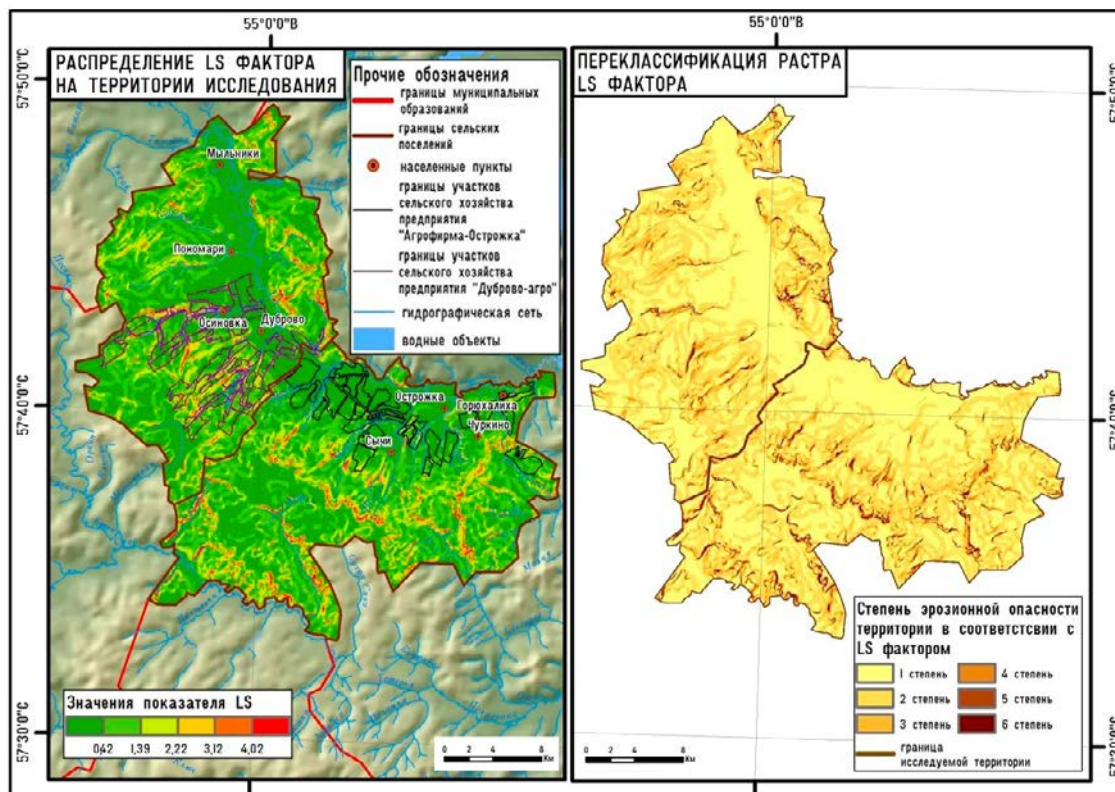


Рис. 10. Изображение, определяющее потенциал почвы для процессов смыва (LS фактор) и его переклассификация

Fig. 10. Image defining soil potential for runoff processes (LS factor) and its reclassification

Для установления интегрального значения эрозионной опасности все анализируемые факторы переведены в ранговый формат. Нами распределены весовые коэффициенты, которые соответствуют степени влияния (по важности) конкретного фактора на процесс развития эрозии. Основными факторами здесь служат угол наклона склона и LS фактор (факторы рельефа). Значения данных факторов составили 25 % и 20 %. Значения других факторов составили: типы территории – 15 %, экспозиция склонов – 15 %, типы почв – 12,5 %, типы почвообразующих пород – 12,5 %.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проделанной работы нами получено растровое изображение, которое отражает распределение (рис. 11) по изучаемой территории поверхностей, подверженных эрозии в разной степени.

Была определена статистика по занятым площадям. Через инструмент переклассификация задано поле Value, по которому проводится конвертация. После проведения конвертации рассчитано поле «Area_Erosion», которое содержит информацию о площадях, в гектарах. Далее через оверлейную операцию «Пересечение» получается принадлежность земель к району муниципалитета. После определения района проводится табличная операция суммирования по полю с идентификацией степени эрозионной опасности и внутри инструмента выбирается поле с суммируемыми площадями.

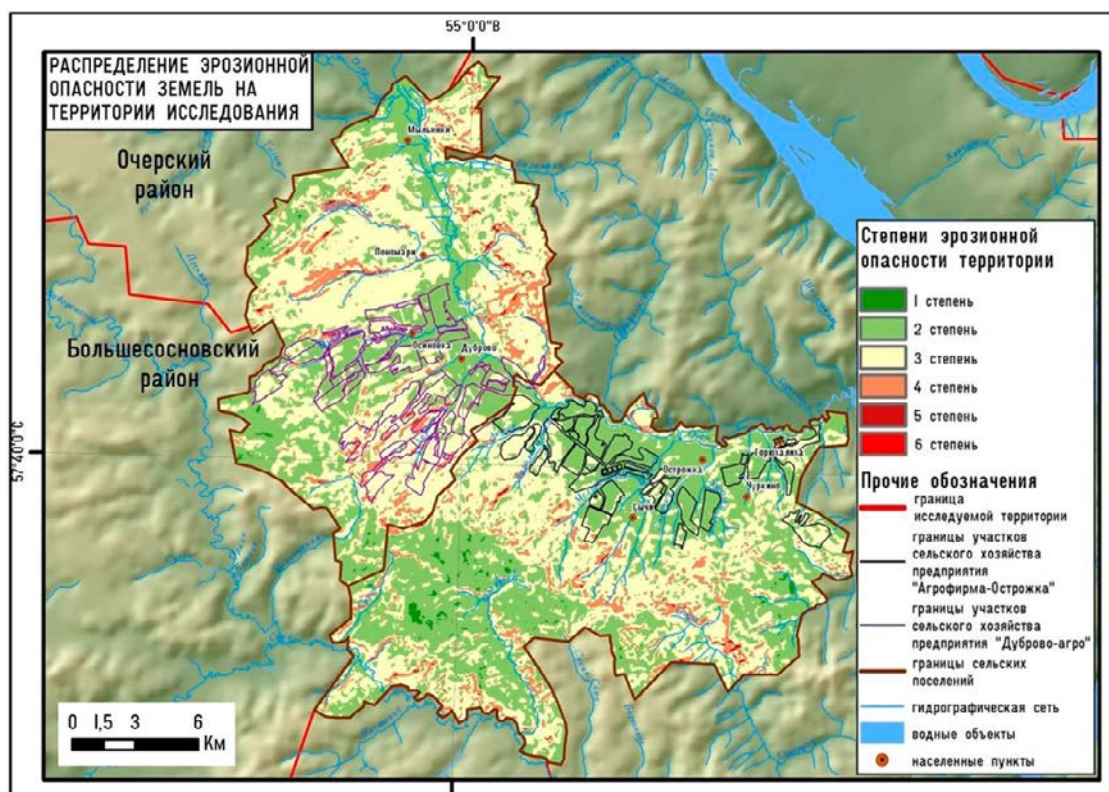


Рис. 11. Изображение, отражающее эрозионный потенциал территории исследования
 Fig. 11. Image reflecting the erosion potential of the study area

Для Дубровского сельского поселения:

1. Земли, подверженные эрозионной опасности 1 степени – 47,05 га, что составляет 0,25 % территории.
2. Земли, подверженные эрозионной опасности 2 степени, – 7045,47 га (36,74 %).
3. Земли, подверженные эрозионной опасности 3 степени, – 10252,28 га (53,47 %).
4. Земли, подверженные эрозионной опасности 4 степени, – 1729,22 га (9,02 %).
5. Земли, подверженные эрозионной опасности 5 степени, – 100,17 га (0,52 %).
6. Земли, подверженные эрозионной опасности 6 степени, – отсутствуют.

Таким образом в Дубровском поселении наибольший удельный вес занимают земли третьей степени эрозионной опасности.

Для Острожского сельского поселения:

1. Земли, подверженные эрозионной опасности 1 степени, – 171,50 га, что составляет 0,79 % территории.
2. Земли, подверженные эрозионной опасности 2 степени, – 10942,09 га (50,34 %).
3. Земли, подверженные эрозионной опасности 3 степени, – 9054,14 га (41,66 %).
4. Земли, подверженные эрозионной опасности 4 степени, – 1488,66 га (6,85 %).
5. Земли, подверженные эрозионной опасности 5 степени, – 78,22 га (0,36 %).
6. Земли, подверженные эрозионной опасности 6 степени, – отсутствуют.

На территории Острожского сельского поселения более распространены земли второй степени эрозионной опасности.

Для аграрных предприятий территории произведена оценка эрозионной опасности закрепленных земель. Для предприятия «Дуброво-Агро»:

1. Земли, подверженные эрозионной опасности 1 степени, – 0,41 га, что составляет 0.01 % от площади предприятия.

2. Земли, подверженные эрозионной опасности 2 степени, – 1400,89 га (45,45 %).

3. Земли, подверженные эрозионной опасности 3 степени, – 1518,13 га (49,26 %).

4. Земли, подверженные эрозионной опасности 4 степени, – 157,99 га (5,13 %).

5. Земли, подверженные эрозионной опасности 5 степени, – 4,60 га (0,15 %).

6. Земли, подверженные эрозионной опасности 6 степени, – отсутствуют.

Для земель предприятия «Агрофирма Острожка»:

1. Земли, подверженные эрозионной опасности 1 степени, – отсутствуют.

2. Земли, подверженные эрозионной опасности 2 степени, – 1475,01 га, что составляет 66,62 % площади предприятия.

3. Земли, подверженные эрозионной опасности 3 степени, – 731,60 га (33,05 %).

4. Земли, подверженные эрозионной опасности 4 степени, – 7,32 га (0,33 %).

5. Земли, подверженные эрозионной опасности 5, степени, – отсутствуют.

6. Земли, подверженные эрозионной опасности 6 степени, – отсутствуют.

Оханский район – типичное сельское административное образование, в котором более половины населения занято в агропроизводстве (55 %). Проживает это население в населенных пунктах, составляющих основу местной системы расселения (сельское поселение). Эти сельские поселения требуют улучшения социальных условий [Брыжко, Брыжко, 2019].

Данные о потенциале эрозионной опасности земель рекомендуется использовать при разработке муниципальных программных документов в сфере развития сельских территорий Оханского района. Нормативы, разработанные для аграрных предприятий, можно использовать в муниципальных программах развития отрасли, в процессе планирования и организации агропроизводства.

ВЫВОДЫ

Эрозионные процессы разрушают почвенный плодородный слой и продуктивные угодья, в результате чего ухудшаются условия ведения аграрного производства. Эрозия также нарушает естественные природные ландшафты, что негативно влияет на условия проживания людей в сельских административных образованиях.

Для оперативных мониторинговых управленческих действий в сфере использования эрозионно опасных земель требуется применение современных ГИС-технологий.

В нашей работе с использованием геоинформационных технологий представлены в цифровой среде факторы, определяющие интенсивность эрозионных процессов. Для типичных сельских территорий и аграрных предприятий Оханского района Пермского края построена серия картографических изображений, иллюстрирующих распределение факторов эрозионной опасности. Установлен интегральный показатель, характеризующий пространственное распределение эрозионной опасности, и выполнено картографическое изображение этого показателя.

Картограмма оценки эрозионной опасности сельскохозяйственных земель имеет практическое значение для двух групп субъектов Оханского района: типичных сельских территорий и типичных агрохозяйств административного образования. Это обеспечивает возможность перспективного распространения результатов работы на всю совокупность сельскохозяйственных земель в районе по аналогии с проведенными разработками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алтухов А.И.* О ключевых основах извечного в России «аграрного вопроса». Вестник Института экономики РАН. 2017. № 2. С. 188–191.
2. *Брыжко В.Г., Брыжко И.В.* Совершенствование социальной инфраструктуры сельских территорий на основе рационального землепользования. М.: Общество с ограниченной ответственностью «Экспертно-консалтинговый центр «Профессор», 2019. 200 с.
3. *Буряк Ж.А., Украинский П.А., Лукин С.В., Терехин Э.А.* Цифровое картографирование эродированности почв с использованием порядковой регрессии. Геодезия и картография. 2021. № 1. С. 23–33.
4. *Верещака Т.В.* Специализированные топографические карты России и зарубежных стран. Их особенности и роль в обеспечении устойчивого развития территорий. Геодезия и картография. 2020. № 10. С. 28–39.
5. *Волков С.Н., Комов Н.В., Хлыстун В.Н.* Как организовать эффективное управление земельными ресурсами в Российской Федерации. Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2015. № 9. С. 6–12.
6. *Волков С.Н., Черкашина Е.В., Шаповалов Д.А., Жолобова С.М., Шанцева Т.А.* Цифровое землеустройство – как фактор научно-технического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации. Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2015. № 9. С. 6–12.
7. *Добровольский Г.В., Балабко П.Н., Стасюк Н.В., Быкова Е.П.* Аллювиальные почвы речных пойм и дельт и их зональные отличия. Аридные Экосистемы. 2011. № 3. С. 5–13.
8. *Иванов М.А., Ермолаев О.П.* Геоморфологический анализ бассейновых геосистем Приволжского федерального округа по данным SRTM и Aster GDEM. Современные проблемы зондирования Земли из космоса. 2017. № 2. С. 98–109.
9. *Минеев А.Л., Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б., Полякова Е.В.* Геоэкологическое районирование территории Архангельской области с использованием цифровых моделей рельефа и ГИС-технологий. Пространство и Время. 2017. № 2–3–4. С. 267–288.
10. *Рулев А.С.* Логистический анализ агроландшафтных катен. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование, 2009. № 4. С. 26–31.
11. *Стафийчук Н.Д., Губайдуллина Г.Р., Лукманова А.Д.* Опыт разработки и внедрения комплекса противоэрозионных мероприятий (урок не впрок или опять на те же грабли). Землеустройство, кадастр и мониторинг земель, 2017. № 8. С. 13–22.
12. *Bryzhko, V.G., Bryzhko, I.V.* Comprehensive assessment of the impact of road infrastructure development in a rural municipal area (Russia). Espacios, 2019. Vol. 40. No. 37. P. 19.

REFERENCES

1. *Altukhov A.I.* On the key foundations of the eternal “agrarian question” in Russia. Bulletin of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences. 2017. No. 2. P. 188–191 (in Russian).
2. *Bryzhko V.G., Bryzhko I.V.* Comprehensive assessment of the impact of road infrastructure development in a rural municipal area (Russia). Espacios. 2019. Vol. 40. No. 37. P. 19.
3. *Bryzhko V.G., Bryzhko I.V.* Improving the social infrastructure of rural areas on the basis of rational land use. Limited Liability Company Expert Consulting Center Professor. Moscow, 2019. 200 p. (in Russian).
4. *Buryak Zh.A., Ukrainskiy P.A., Lukin S.V., Terekhin E.A.* Digital mapping of soil erosion using ordinal regression. Geodesy and Cartography. 2021. No. 1. P. 23–33 (in Russian).

5. *Dobrovolsky G.V., Balabko P.N., Stasyuk N.V., Bykova E.P.* Alluvial soils of river floodplains and deltas and their zonal differences. *Arid Ecosystems*. 2011. No. 3. P. 5–13 (in Russian).
 6. *Ivanov M.A., Ermolaev O.P.* Geomorphological analysis of the basin geosystems of the Volga Federal District according to SRTM and Aster GDEM data. *Modern problems of Earth sounding from space*. 2017. No. 2. P. 98–109 (in Russian).
 7. *Mineev A.L., Kutinov Yu.G., Chistova Z.B., Polyakova E.V.* Geoecological zoning of the territory of the Arkhangelsk region using digital elevation models and GIS technologies. *Space and Time*. 2017. No. 2–3–4. P. 267–288 (in Russian).
 8. *Rulev A.S.* Logistic analysis of agrolandscape catenas. *Izvestia of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: Science and higher professional education*. 2009. No. 4. P. 26–31 (in Russian).
 9. *Stafiychuk N.D., Gubaidullina G.R., Lukmanova A.D.* Experience in the development and implementation of a set of anti-erosion measures (the lesson is not for the future or again on the same rake). *Land management, cadastre and land monitoring*. 2017. No. 8. P. 13–22 (in Russian).
 10. *Vereshchaka T.V.* Specialized topographic maps of Russia and foreign countries. Their features and role in ensuring the sustainable development of territories. *Geodesy and Cartography*. 2020. No. 10. P. 28–39 (in Russian).
 11. *Volkov S.N., Komov N.V., Khlystun V.N.* How to organize effective land management in the Russian Federation. *Land management, cadastre and land monitoring*. 2015. No. 9. P. 6–12 (in Russian).
 12. *Volkov S.N., Cherkashina E.V., Shapovalov D.A., Zholobova S.M., Shantseva T.A.* Digital land management as a factor in the scientific and technological development of the agro-industrial complex of the Russian Federation. *Land management, cadastre and land monitoring*. 2015. No. 9. P. 6–12 (in Russian).
-