

УДК 502/504:556.18(470.345)  
DOI 10.17513/use.38298

## ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ РЕЛЬЕФА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА

Масляев В.Н., Маскайкин В.Н., Рычкова О.В., Амирова Д.А., Евсеев А.Д.  
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет  
имени Н.П. Огарёва», Саранск, e-mail: Maslyaevvn1960@mail.ru

В статье рассмотрены вопросы геоинформационной оценки рельефа для целей сельскохозяйственного землепользования и землеустройства, влияния рельефа на формирование структуры сельскохозяйственных угодий и развитие экзогеодинамических процессов (водная эрозия, оползнеобразование, заболочивание и др.) в агроландшафтах северной лесостепи Республики Мордовия, предложены рекомендации по экологической оптимизации сельскохозяйственного землепользования в условиях интенсивного развития процессов водной эрозии. Целью исследования явилась геоинформационная оценка рельефа для оптимизации сельскохозяйственного землепользования в агроландшафтах Республики Мордовия. Исследование выполнено с использованием общенаучных методов, статистического, картографического, геоинформационного, аэрокосмического методов. Выявлено значение геоморфологического каркаса территории как картографической основы для создания региональных схем землеустройства, проектов территориальной и внутрихозяйственного землеустройства. На основе цифровых моделей рельефа подготовлены карты углов наклона земной поверхности, экспозиции склонов, разработана модель потенциальной опасности развития процессов водной эрозии почв. В ходе исследования выявлены общие закономерности изменения показателей вертикального и горизонтального расчленения рельефа для агроландшафтов Мордовии, выделены участки пашни агроландшафтов, которые вследствие развития негативных экзогеодинамических процессов необходимо перевести под другие виды сельскохозяйственных угодий. Результаты геоинформационного анализа рельефа способствуют совершенствованию структуры агроландшафтов и сельскохозяйственного землепользования в целом, сокращают затраты на проведение полевых почвенных обследований земель.

**Ключевые слова:** земельные ресурсы, сельскохозяйственное землепользование, землеустройство, рельеф, геоинформационный анализ, экзогеодинамические процессы, плакор, пойма, крутизна склона, экспозиция склона, агроландшафт

## GEOINFORMATION ANALYSIS OF THE RELIEF FOR THE PURPOSES OF AGRICULTURAL LAND USE AND LAND MANAGEMENT

Maslyaev V.N., Maskaikin V.N., Rychkova O.V., Amirova D.A., Evseev A.D.  
Ogarev National Research Mordovia State University, Saransk, e-mail: Maslyaevvn1960@mail.ru

The article considers the issues of geoinformation assessment of relief for the purposes of agricultural land use and land management, the influence of relief on the formation of the structure of agricultural land and the development of exogeodynamic processes (water erosion, landslide formation, waterlogging, etc.) in the agro-landscapes of the northern forest-steppe of the Republic of Mordovia, offers recommendations on the environmental optimization of agricultural land use in conditions of intensive development of water erosion processes. The purpose of the study was a geoinformation assessment of the relief to optimize agricultural land use in the agricultural landscapes of the Republic of Mordovia. The study was carried out using general scientific methods, statistical, cartographic, geoinformation, and aerospace methods. The importance of the geomorphological framework of the territory as a cartographic basis for the creation of regional land management schemes, territorial and on-farm land management projects has been revealed. Based on digital terrain models, maps of the angles of inclination of the earth's surface, the exposure of slopes have been prepared, and a model of the potential danger of the development of processes of water erosion of soils has been developed. In the course of the study, general patterns of changes in the indicators of vertical and horizontal division of the relief for the agricultural landscapes of Mordovia were identified, areas of arable land were identified, which, due to the development of negative exogeodynamic processes, must be transferred to other types of agricultural land. The results of the geoinformation analysis of the relief contribute to the improvement of the agrolandscape structure and agricultural land use in general, reduce the cost of conducting field soil surveys of land.

**Keywords:** land resources, agricultural land use, land management, relief, geoinformation analysis, exogeodynamic processes, plakor, floodplain, slope steepness, slope exposure, agrolandscape

### Введение

Рациональное использование и охрана земель в соответствии с Федеральным законом от 18.06.2001 № 78-ФЗ «О землеустройстве» являются обязательным элементом управления земельными ресурсами в на-

шей стране. Закон обязывает органы управления земельными ресурсами проводить инвентаризацию и мониторинг земель, вести учет качества земель. На качество земель существенное влияние оказывают рельеф местности и его элементы. Их учет

в региональных схемах землеустройства, проектах территориального (межхозяйственного) и внутрихозяйственного землеустройства создает надежный фундамент рационального землепользования. Игнорирование форм и показателей рельефа в региональном землеустройстве приводит к развитию экзогеодинамических процессов – к водной эрозии, оползнеобразованию и заболачиванию. В настоящее время идут процессы перехода сельскохозяйственного землепользования и землеустройства на цифровые технологии, активно используются геоинформационные технологии для моделирования рельефа земной поверхности [1, 2]. В последние годы данной тематике исследований посвящены работы С.А. Антонова, С.В. Перегудова [3], И.К. Лурье, М.В. Лурье [4], Т.Е. Ельшиной, Е.С. Уробиной, А.В. Сысоева [5], А.В. Мелиховой [6], С.А. Тесленка, В.Ф. Манухова, К.С. Тесленка [7], В.Г. Юферева, А.В. Мелихова, В.В. Балынова [8], С.В. Пашкова, Г.З. Мажитовой [9] и др.

Объект исследования – рельеф территории Республики Мордовия (далее – РМ).

**Цель исследования** – геоинформационная оценка рельефа для оптимизации сельскохозяйственного землепользования в агроландшафтах (далее – АЛ) Мордовии.

**Задачи:**

- изучить научные основы исследования рельефа для целей сельскохозяйственного землепользования и землеустройства;
- оценить факторы рельефообразования Республики Мордовия;
- провести геоинформационный анализ рельефа РМ;
- на основе полученных географических данных (далее – геоданных) разработать предложения по оптимизации использования земель АЛ РМ.

#### **Материалы и методы исследования**

В ходе исследования использовались следующие методы исследования: общенаучные методы, статистический, картографический, геоинформационный, аэрокосмический методы. Исходными материалами послужили топографические карты и космодатаснимки открытого доступа, данные портала ФГИС ТП, ФГИС ЕГРН, материалы ООО «Мордовский научно-производственный институт инженерных изысканий» и ООО «Гипрозем С» (Саранск).

Земля – важнейшая часть окружающей среды, характеризующаяся пространством, рельефом, климатом, почвенным покровом,

растительностью, недрами, водами [10]. Качество земель – совокупность плодородия, рельефа, конфигурации полей и климатических условий.

Одним из важнейших природных свойств земли является рельеф земной поверхности [11–13]. Он наряду с другими факторами определяет качество земель. Формы и элементы рельефа определяют структуру почвенного покрова. Рельеф – это источник гравитационной энергии. Во многом именно он определяет интенсивность развития экзогеодинамических процессов, оказывающих негативное влияние на качество земель.

Выделяют две группы рельефообразующих факторов: эндогенные процессы, которые связаны с тектоникой и неотектоникой, и экзогенные процессы. Геоморфологический анализ рельефа – достаточно сложный процесс. Исторически он менял свое содержание, но во все времена включал три этапа: подготовительный, полевой и камеральный.

В землеустройстве геоморфологический каркас территории является основой, на которую наносятся границы почвенных разностей, границы сельскохозяйственных угодий, севооборотов, участков и полей. При построении карты геоморфологического каркаса (далее – ГК) выделяются структурные элементы рельефа. К элементам ГК территории относят: водораздельное плато, пойму, склоны, овражно-балочный комплекс – совокупность водно-эрозионных форм рельефа.

При землеустроительном проектировании обязательно учитывают особенности рельефа. Размещение угодий и севооборотов, участков увязывают с формами и элементами рельефа [14].

В ходе геоинформационного анализа рельефа определяют экспозицию склонов, площади, занятые различными формами рельефа, и некоторые другие морфологические и морфометрические показатели. Для определения вышеперечисленных геоданных очень важна точность определяемых геоморфологических показателей.

Благодаря рельефу местности и другим природным и антропогенным факторам на землях сельскохозяйственного назначения (далее – ЗСН) возможно проявление эрозионных процессов. Комплекс противоэрозионных мероприятий разрабатывается с учетом рельефа местности на следующих уровнях: региональном, муниципальном, на уровне сельскохозяйственно-го предприятия.

Основное назначение ГИС в землеустройстве – это создание цифровых карт рельефа, являющихся плановой основой современного землеустройства. Среди наиболее распространенных ГИС можно отметить: MapInfo, ArcInfo, ArcGIS, AutoCAD-Map, AutoMap, ГеоГраф/ГеоКонструктор, WinGIS, Панорама, ObjectLand, ArcView и др. Качество геоинформационного анализа рельефа зависит в основном от качества картографического материала. Исходными материалами для геоинформационного картографирования в нашей работе послужили топографические карты открытого доступа, размещенные в сети Internet, архивные материалы межхозяйственного и внутрихозяйственного землеустройства.

Рельеф РМ представлен водно-ледниковой равниной (далее – ВЛР), вторичной моренной равниной (далее – ВМР) и эрозионно-денудационной равниной (ЭДР). Наиболее расчлененный и сложный рельеф сформировался на юго-востоке Республики. В целом рельеф РМ благоприятен для ведения сельскохозяйственной деятельности [15–17]. К негативным процессам, осложняющим ведение земледелия, относятся водно-эрозионные процессы, оползнеобразование и заболачивание. На востоке и в центре РМ располагаются отроги Приволжской возвышенности, на западе – окраина Окско-Донской низменности. Общее падение земной поверхности отмечено на север, северо-запад.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Геоинформационный анализ рельефа РМ показал, что в Республике преобладают склоны северной экспозиции. На их долю приходится 16,4% поверхности региона. Северные склоны, как правило, получают меньше тепла и более пологие по уклону, отличаются значительной протяженностью. К северным склонам прилегают склоны северо-восточной экспозиции (10,9% от площади РМ) и северо-западной экспозиции (11,9%). Склоны южной экспозиции более теплые, короткие по длине, имеют значительные уклоны поверхности. На таких склонах развиты водно-эрозионные, осыпные и оползневые процессы. На их долю приходится 12,2% поверхности региона. К склонам южной экспозиции прилегают склоны юго-восточной экспозиции (11,5%) и юго-западной экспозиции (11,3%). На склоны восточной экспозиции

приходится 11,7%, на склоны западной экспозиции – 13,2% поверхности региона. В АЛ ВМР доля крутых склонов небольшая. Наибольшие площади крутосклонные поверхности занимают в АЛ, расположенных на приводораздельных пространствах ВМР и ЭДР.

Для РМ характерны высокая освоенность и распаханность земель. ЗСН в регионе занимают 63,4% от общей площади. Для территории Республики построена карта условий использования земель под пашню. На ее основе сделан вывод о нерациональном использовании некоторых земель под пашню и необходимости сокращения ее площади. Наиболее эффективное сельскохозяйственное землепользование территориально приурочено к районам, значительная территория которых находится в лугово-степных АЛ ЭДР и ВМР. Массивы пашни приурочены здесь к поверхностям до 3 градусов, территориально совпадающим с плодородными почвами: черноземами оподзоленными, выщелоченными и луговыми. Самая высокая сельскохозяйственная освоенность АЛ отмечена в Ромодановском (88,4%), Атяшевском (83,5%), Лямбирском (81,9%), Рузаевском (76,9%), Старошайговском (72,8%) муниципальных районах.

На уровне РМ и муниципального района построены карты использования земель, цифровые модели рельефа (далее – ЦМР), карты экспозиции и уклонов поверхности (рис. 1, 2).

Рельеф местности характеризуют показатели густоты овражной и балочной сети, вертикального расчленения. Рисунок овражной и балочной сети существенного отличается в АЛ региона. Наиболее низкие показатели густоты овражной и балочной сети отмечены в АЛ ВЛР. Более высокие показатели отмечены в АЛ ВМР и ЭДР. В АЛ ВМР рисунок овражно-балочной сети перистый. Распределение балок в регионе территориально неоднородно. Наиболее густая и глубокая балочная сеть сформировалась на юге и юго-востоке Мордовии в районах залегания рыхлых терригенных пород верхнего мела. В местах залегания нижнемеловых глин балки менее глубокие. В западной части региона, на террасах крупных рек Мокша, Алатырь, Сура, Сивинь распространены песчаные отложения (флювиогляциальные и древнеаллювиальные пески), в которых встречаются редкие и неглубокие балки.

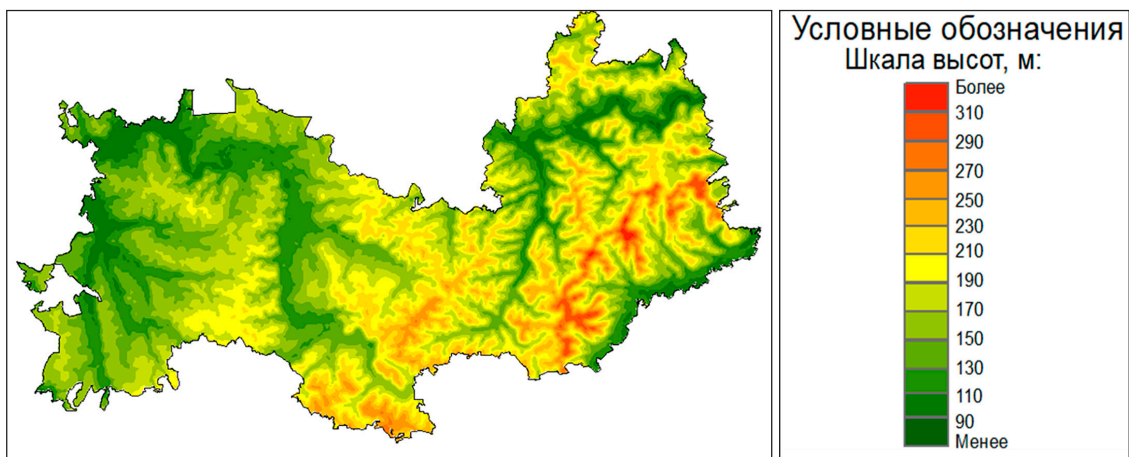


Рис. 1. ЦМР на территорию РМ

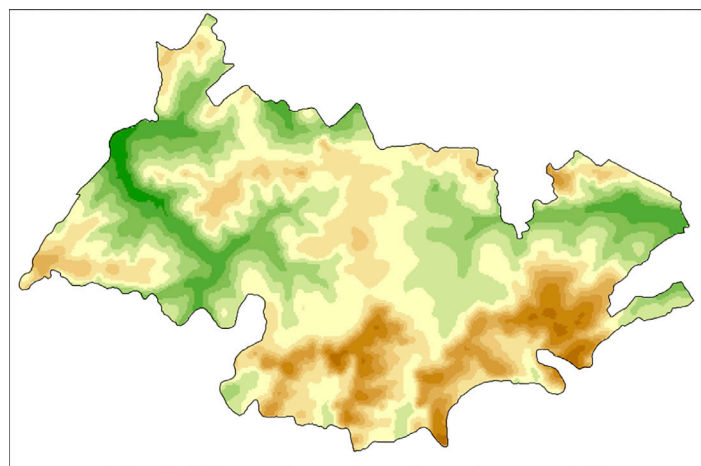


Рис. 2. ЦМР на территорию Атышевского муниципального района РМ



Рис. 3. Модель потенциала развития эрозии на территорию Атышевского муниципального района РМ

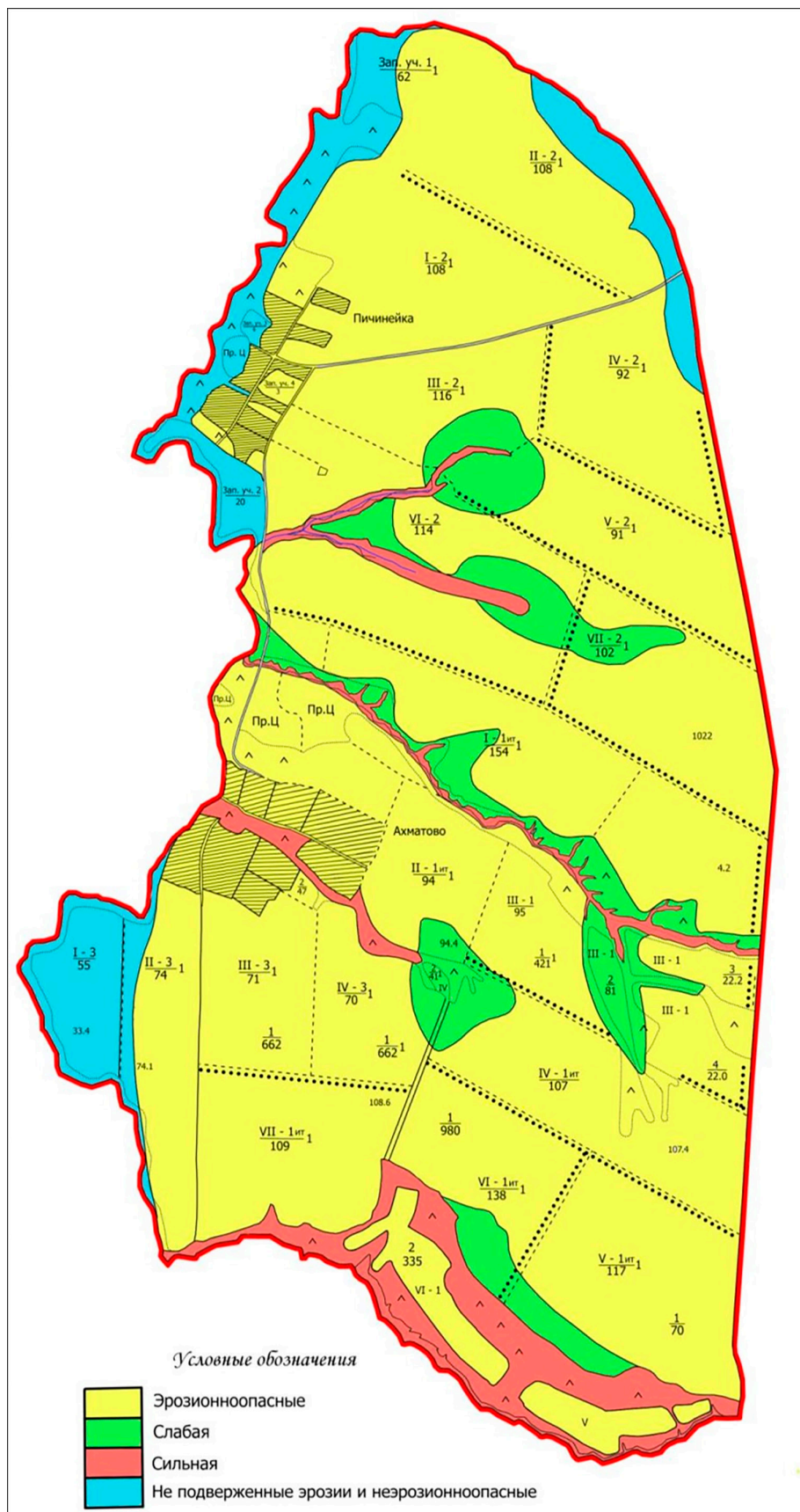


Рис. 4. Картограмма эродированности земель ОАО «Агрофирма «Искра»»

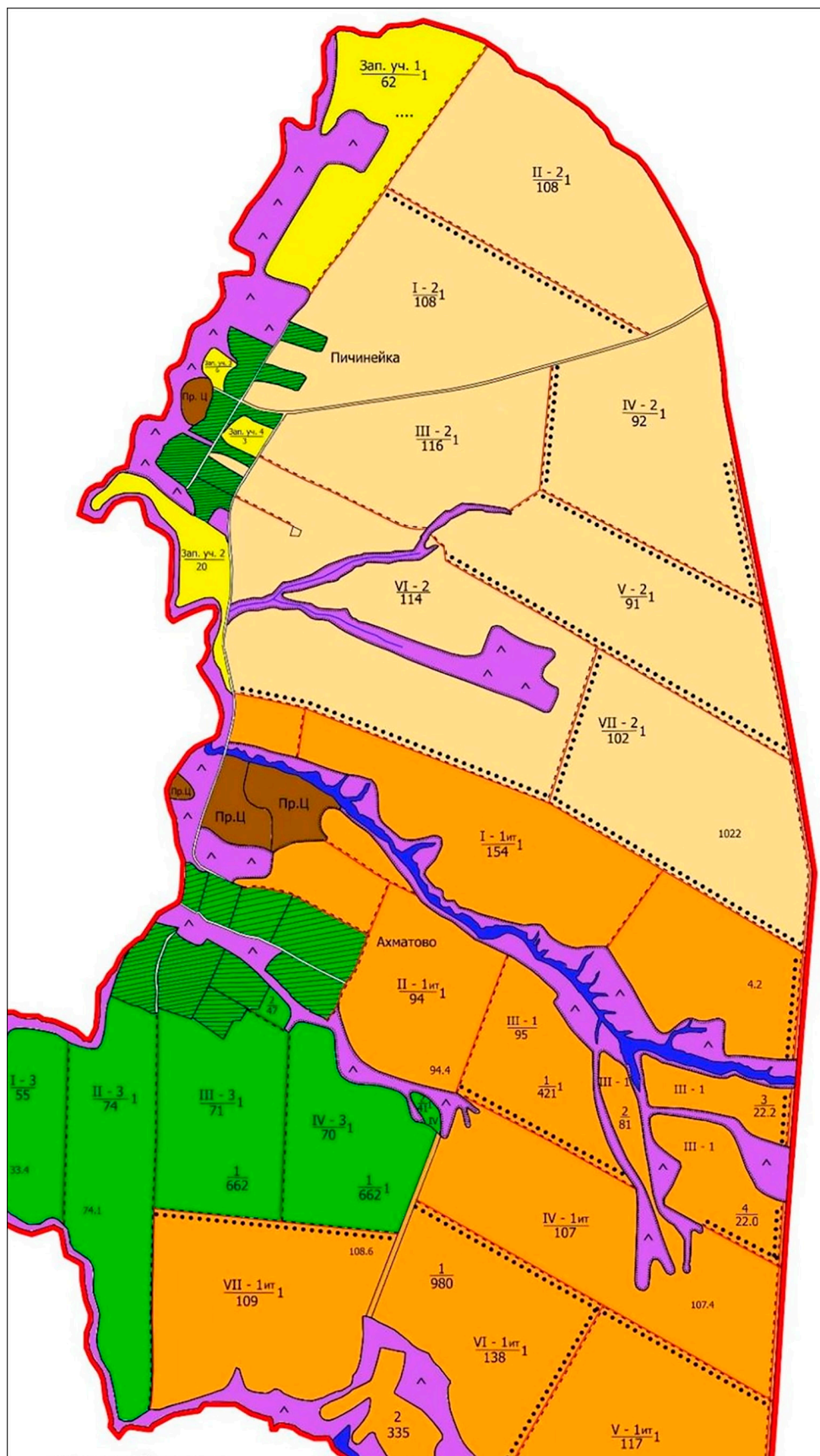


Рис. 5. Схема внутрихозяйственного землеустройства ОАО «Агрофирма «Искра»»

Различия в густоте овражной сети объясняются главным образом интенсивностью хозяйственной деятельности человека. Сведение лесов последние три столетия, распашка слабоустойчивых к процессам водной эрозии серых лесных почв привели к развитию плоскостного стока и оврагообразованию. В АЛ ВМР и ЭДР отмечены самые высокие показатели овражного расчленения, достигающие в отдельных бассейнах малых рек значений 1,5–2,5 км/км<sup>2</sup>. В АЛ ЭДР наблюдается самая высокая корреляционная зависимость между густотой овражной и балочной сети (коэффициент Пирсона более 0,9). В АЛ ВМР эта зависимость снижается. Наименьшие значения взаимозависимости между коэффициентами овражной и балочной сети отмечены в АЛ ВЛР (коэффициент Пирсона менее 0,4).

Самые высокие показатели вертикального и горизонтального расчленения рельефа отмечены в левобережье Штырмы (площадь бассейна 469 км<sup>2</sup>), Мал. Сарки (322 км<sup>2</sup>), Мал. Кши (265 км<sup>2</sup>), в верховьях Пишли (133 км<sup>2</sup>), Картлея (63,7 км<sup>2</sup>), Поттижа (221 км<sup>2</sup>), Сеитьмы (451 км<sup>2</sup>), Шадымки (143 км<sup>2</sup>), Сезелки (159 км<sup>2</sup>), Карная (375 км<sup>2</sup>), Кандарши (54,7 км<sup>2</sup>), Кури (75 км<sup>2</sup>), Гремячки (49,1 км<sup>2</sup>), в бассейне Лаши (142 км<sup>2</sup>), Чеберчинки (560 км<sup>2</sup>), Промзы (127 км<sup>2</sup>), Вежне (110 км<sup>2</sup>), Инелея (69,7 км<sup>2</sup>), Иссеры (81,7 км<sup>2</sup>), руч. Аморда (10 км<sup>2</sup>). Вертикальный врез в этих АЛ составляет более 100 м, в отдельных бассейнах он превышает 120 м.

На уровне Атяшевского муниципального района разработана модель потенциала развития эрозии на основе геоинформационной оценки рельефа (рис. 3).

Геоинформационный анализ рельефа показал, что наибольшая опасность проявления водно-эрозионных процессов отмечается на юге и юго-востоке муниципального района. На севере и северо-востоке района опасность развития эрозионных процессов низкая.

На уровне отдельного сельскохозяйственного предприятия созданы ЦМР, почвенная карта, картограмма эрозии почв (рис. 4), карты экспозиции склонов и уклонов поверхности. С учетом рельефа и качества почв выделены агропроизводственные группы земель. Разработаны комплекс противозерозионных мероприятий и схема внутривоспользовательного землеустройства (рис. 5).

## Заключение

Таким образом, в ходе исследования произведены оценка факторов рельефообразования и геоинформационный анализ рельефа Мордовии. Созданы ЦМР и производные от них картографические модели, отражающие особенности рельефа. Выявлены общие закономерности изменения вертикальной и горизонтальной расчлененности рельефа АЛ РМ. На основе полученных геоданных разработаны предложения по оптимизации использования земель АЛ РМ. Наиболее благоприятны для сельскохозяйственного использования под пашню придолинные АЛ ВМР и ЭДР. Пойменные АЛ наиболее рационально использовать под сенокосы и выращивание овощных культур. Под пастбища можно использовать земли овражно-балочного комплекса, земли с малопродуктивными почвами. В ходе исследования выявлены участки пашни АЛ, которые вследствие развития негативных экзогеодинамических процессов необходимо перевести под другие виды сельскохозяйственных угодий. Результаты геоинформационного анализа рельефа способствуют совершенствованию структуры АЛ и сельскохозяйственного землепользования в целом, сокращают затраты на проведение полевых почвенных обследований земель.

## Список литературы

1. Маркова О.И., Тикунов В.С. Новые технологии для современной геоинформатики // ИнтерКарто. интерГИС. 2022. Т. 28, № 1. С. 5-34.
2. Багаевская В.В., Вершинин В.В., Мартынов Д.Ю. Цифровизация землеустройства на основе многофункциональной земельно-информационной системы и геоинформационных технологий: результаты инноваций и проблемы // Международный сельскохозяйственный журнал. 2023. № 1 (391). С. 4–7.
3. Антонов С.А., Перегудов С.В. Сравнение цифровых моделей рельефа // Наука. Инновации. Технологии. 2023. № 3. С. 65–86.
4. Лурье И.К., Лурье М.В. Моделирование 3-D-изменений рельефа местности вследствие склоновой эрозии // Геодезия и картография. 2023. Т. 84, № 3. С. 35–42.
5. Ельшина Т.Е., Утробина Е.С., Сысоев А.В. Визуализация цифровой модели рельефа гор на веб-картах // Вестник СГУГиТ. 2020. Т. 25, № 1 С. 145–155.
6. Мелихова А.В. Геоинформационный анализ рельефа Астраханского Заволжья // Природные системы и ресурсы. 2023. Т. 13, № 1. С. 39–43.
7. Тесленок С.А., Манухов В.Ф., Тесленок К.С. Цифровое моделирование рельефа Республики Мордовия // Геодезия и картография. 2019. № 80 (7). С. 30-38.
8. Юферев В.Г., Мелихов А.В., Бальнова В.В. Геоинформационный анализ рельефа Кумо-Маньчской впадины // Природные системы и ресурсы. 2022. Т. 12, № 2. С. 67–76.

9. Пашков С.В., Мажитова Г.З. Применение ГИС-технологий и аэрофотосъемки для геоинформационного картографирования и моделирования рельефа агроландшафтов // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2020. Т. 34. С. 82–95.
10. ГОСТ 26640-85 (СТ СЭВ 4472-84) Земли. Термины и определения. [Электронный ресурс]. URL: <https://internet-law.ru/stroyka/text/28900/> (дата обращения: 20.07.2024).
11. Пашков С.В., Мажитова Г.З., Тесленок С.А. Картографирование агроландшафтов колючей лесостепи на основе геоинформационных технологий и дистанционного зондирования Земли // Географический вестник. 2021. № 1 (56). С. 162–172.
12. Барсукова Г.Н., Деревенец Д.К., Липилин Д.А., Антипцева Ю.О., Волкова Т.А. Учет природно-климатических, почвенных и экологических особенностей природных ландшафтов Краснодарского края при переходе к адаптивно-ландшафтной системе земледелия // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2022. Т. 16, № 1. С. 44–52.
13. Трапезникова О.Н. Геоэкологическая концепция агроландшафта // Известия Русского географического общества. 2014. № 1. С. 73–85.
14. Волков С.Н., Папаскири Т.В., Черкашина Е.В., Дедова Э.Б., Краснянская Е.В. Планирование и проектирование агролесомелиоративных мероприятий в землеустроительной документации: монография / под ред. С.Н. Волкова. М.: ГУЗ, 2024. 320 с.
15. Масляев В.Н., Гунин А.А., Курочкин Д.В., Вавилин Д.А., Евсеев А.Д. Комплексная оценка агроландшафтов для оптимизации землепользования // Московский экономический журнал. 2024. № 3. С. 273–287.
16. Байчуринов М.Р., Кустов М.В., Масляев В.Н., Тесленок С.А. Геоэкологическая типизация земель агроландшафтов Мордовии с использованием ГИС-технологий // Астраханский вестник экологического образования. 2022. № 1 (67). С. 4–14.
17. Зарубин О.А., Рычкова О.В., Агеева А.Р. Функциональное геоэкологическое зонирование метагеосистем региона (на примере Республики Мордовия) // Успехи современного естествознания. 2023. № 9. С. 28–34. DOI: 10.17513/use.38099.