

Научная статья

Original article

УДК 338.485

doi: https://doi.org/10.55186/2413046X_2026_11_3_39

edn: DCFQPJ

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
РАЗВИТИЯ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНОГО ИНСТРУМЕНТА АНАЛИЗА
РЕЛЬЕФА И МНОГОЛЕТНИХ ОСАДКОВ
THEORETICAL FOUNDATIONS AND PRACTICAL ASPECTS OF THE
DEVELOPMENT OF FARMING ENTERPRISES IN THE REPUBLIC OF
MORDOVIA USING A SOFTWARE TOOL FOR TERRAIN AND LONG-
TERM PRECIPITATION ANALYSIS**



Корнеев Денис Александрович, аспирант, кафедра землеустройства и лесоводства, Российский государственный аграрный университет Московская сельскохозяйственная академия имени Климента Аркадьевича Тимирязева (РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева), Москва

Korneev Denis Aleksandrovich, postgraduate student, Department of Land Management and Forestry, Russian State Agrarian University Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev (RSAU MTAA named after K.A. Timiryazev), Moscow

Аннотация. Статья посвящена исследованию возможностей развития фермерских хозяйств в Российской Федерации на примере Республики Мордовия с использованием современных цифровых технологий пространственного анализа. Актуальность работы обусловлена необходимостью повышения эффективности сельскохозяйственного

производства в условиях изменяющихся климатических и природных факторов, а также рационального использования земельных ресурсов. Целью исследования является анализ теоретических и практических аспектов развития фермерских хозяйств на основе интеграции геоинформационных систем, цифровых моделей рельефа и многолетних климатических данных. В работе рассмотрены ключевые природные факторы, влияющие на сельскохозяйственную деятельность, включая климатические условия, рельеф местности и характеристики почв. Особое внимание уделено анализу осадков за 30-летний период, построению карт уклонов и контурных карт, а также оценке эрозионных процессов и водного режима территории. Использование специализированного программного обеспечения позволило автоматизировать обработку данных, повысить точность оценки пригодности земель и сократить временные затраты на анализ. Результаты исследования демонстрируют, что комплексный подход, основанный на объединении геопространственных и климатических данных, способствует более обоснованному выбору участков для сельскохозяйственного использования, снижению рисков деградации почв и повышению устойчивости агропроизводства. Научная новизна работы заключается в разработке интегрированного инструмента анализа, позволяющего учитывать совокупность природных факторов в единой системе. Практическая значимость исследования состоит в возможности применения предложенного подхода при планировании фермерских хозяйств, оптимизации агротехнических мероприятий и разработке региональных программ развития сельского хозяйства.

Abstract. The article explores the development potential of farming enterprises in the Russian Federation using the Republic of Mordovia as a case study, with a focus on modern digital spatial analysis technologies. The relevance of the study is determined by the need to improve agricultural efficiency under changing climatic and environmental conditions, as well as to ensure rational land use. The aim of the

research is to examine theoretical and practical aspects of farm development through the integration of geographic information systems (GIS), digital elevation models, and long-term climate data. The study analyzes key natural factors affecting agricultural productivity, including climate conditions, terrain characteristics, and soil properties. Particular attention is paid to the analysis of precipitation over a 30-year period, the creation of slope and contour maps, and the assessment of erosion risks and water distribution processes. The use of specialized software enabled automated data processing, improved accuracy in land suitability assessment, and reduced analysis time. The results demonstrate that a comprehensive approach combining geospatial and climatic data supports more informed decision-making in land allocation, reduces soil degradation risks, and enhances the sustainability of agricultural production. The scientific novelty of the research lies in the development of an integrated analytical tool that considers multiple environmental factors within a unified framework. The practical significance of the study is reflected in the potential application of the proposed approach for farm planning, optimization of agricultural practices, and the development of regional agricultural policies.

Ключевые слова: фермерские хозяйства, сельское хозяйство, пространственный анализ, рельеф, осадки, геоинформационные технологии, цифровая модель рельефа

Keywords: farming, agriculture, spatial analysis, precipitation, terrain analysis, digital elevation model, GIS technologies

1. Введение

Фермерские хозяйства в Российской Федерации занимают ключевое место в аграрной структуре страны, обеспечивая производство значительной части сельскохозяйственной продукции и способствуя развитию сельских территорий. Республика Мордовия, с ее специфическими климатическими и

природно-географическими условиями, обладает значительным потенциалом для развития именно малых и средних форм хозяйствования.

Для успешного развития сельскохозяйственных предприятий важно тщательно проанализировать природные условия, такие как климат, рельеф и тип почвы. Основными факторами, влияющими на урожайность культур, считаются уровень осадков и их распределение по сезонам, особенности рельефа и уклон местности, водообмен в почве, её структура, а также процессы эрозии и сток воды. Анализ этих элементов помогает определить наиболее подходящие для сельского хозяйства территории и уменьшить риски, связанные с неравномерным распределением влаги и эрозией. Современные технологии пространственного анализа и геоинформационные системы (ГИС) дают возможность точно оценивать эти параметры и ускорять принятие решений при планировании ферм. Цель исследования — изучить теоретические и практические аспекты развития фермерских хозяйств в Республике Мордовия с помощью программ для анализа рельефа и долгосрочных климатических данных, а также показать, как цифровое моделирование рельефа может повысить эффективность использования земли.

2. Теоретические основы развития фермерских хозяйств

Фермерские хозяйства представляют собой значимый элемент сельскохозяйственного производства, обеспечивая не только производство продовольствия, но и создание рабочих мест в сельской местности. Эффективность их деятельности определяется рядом факторов.

Климатические условия, в частности температура и количество осадков, оказывают существенное влияние на урожай. Недостаток осадков, как правило, ведет к снижению продуктивности, тогда как их избыток способен вызвать переувлажнение почвы и способствовать ее размыванию.

Рельеф местности также играет важную роль: угол наклона влияет на сток воды, процессы эрозии и накопление влаги в почве. Равнинные

территории облегчают применение сельскохозяйственной техники, тогда как для холмистых участков необходим более тщательный анализ уклонов.

Характеристики почвы — ее структура, плодородие и водопроницаемость — определяют, какие культуры в наибольшей степени подходят для конкретного участка.

Современные исследования показывают, что интеграция данных о климате и рельефе способствует более точному выбору мест для посевов, а также позволяет прогнозировать урожайность.

Особое внимание уделяется анализу геоинформационных данных, включая создание цифровых моделей рельефа и применение специализированных алгоритмов для оценки уклонов, движения воды и вероятности развития эрозионных процессов.

3. Методика

В процессе исследования применялся специализированный программный инструмент, предоставляющий пользователю возможность выбирать интересующий участок, проводить анализ осадков за период в 30 лет, формировать таблицы с осадочными данными, а также создавать топографические карты с уклонами и контурные карты. Кроме того, программа обеспечивала визуализацию результатов анализа. В качестве источников данных использовались цифровая модель рельефа SRTM либо локальные геодезические данные, климатические наблюдения Росгидромета за 30 лет, а также почвенные карты региона Мордовия.

Алгоритмы расчета:

1. Расчет уклонов поверхности через градиент высот:

$$S = \sqrt{(dz/dx)^2 + (dz/dy)^2}$$

2. Расчет угла наклона:

$$\alpha = \arctan(S)$$

3. Среднее количество осадков за период:

$$P_{avg} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$$

Программа позволяет гибко подбирать масштабы и разрешение карты (до 1 пиксель = 3 м) для детального анализа рельефа.

4. Анализ осадков за 30 лет

В таблице приведены данные об осадках. Она дает возможность определить среднегодовое количество осадков, оценить годовые отклонения и выявить тенденции, связанные с увеличением влажности или наступлением засушливых периодов.

Ближайшая метеостанция	
ID станции:	27730
Климат по месяцам	
Январь	
Средняя температура:	-7.6
Мин. температура:	-10.5
Макс. температура:	-4.6
Осадки, мм:	37.7
Давление, гПа:	—
Солнечность, мин:	—
Февраль	
Средняя температура:	-7.8
Мин. температура:	-11.2
Макс. температура:	-4.4
Осадки, мм:	34.2
Давление, гПа:	—
Солнечность, мин:	—
Март	
Средняя температура:	-2.0
Мин. температура:	-5.6
Макс. температура:	1.5
Осадки, мм:	26.2
Давление, гПа:	—
Солнечность, мин:	—

Рисунок 1. Осадки и температура на выбранном участке территории

Программа позволяет строить графики динамики осадков, выявлять засушливые и влажные годы, а также использовать эти данные для планирования посевов и выбора сельскохозяйственных культур.

5. Анализ рельефа

Карта уклонов служит инструментом для оценки эрозионных рисков на территории, выявляя участки с резкими перепадами высот, где в период осадков увеличивается вероятность смыва почвы. Она также может применяться при определении зон сельскохозяйственной деятельности, помогая выбрать участки для посадки, возделывания и механизации. Кроме того, карта распределяет территорию по уровням доступности и пригодности для техники, что имеет значение при планировании фермерских угодий, особенно в холмистой местности. С ее помощью возможно оценить потенциал поверхностного стока, обнаруживая области с накоплением воды или образованием эрозионных оврагов, что важно для организации мелиоративных мероприятий.

Карта контуров используется для топографического анализа и построения детальных профилей рельефа. Она позволяет моделировать дренажные процессы и распределение влаги, что необходимо при выборе точек для посадки культур с разными требованиями к водному режиму. В сочетании с картой уклонов контурная карта способствует оптимизации размещения посевов, планированию дорожной и ирригационной инфраструктуры, а также выделению зон для строительства складских и сельскохозяйственных объектов. Контурные линии помогают прогнозировать вероятные места затопления и области с повышенной эрозионной активностью, что служит основой для выработки мер по снижению рисков деградации почв.

Таким образом, совместный анализ карт уклонов и контурных линий предоставляет комплексное представление о рельефных особенностях территории, что способствует точному планированию хозяйственной деятельности, рациональному использованию земельных ресурсов и снижению негативного воздействия природных факторов на урожай. Такой подход повышает эффективность агропроизводства и устойчивость к ограничениям, вызванным климатическими и рельефными условиями.

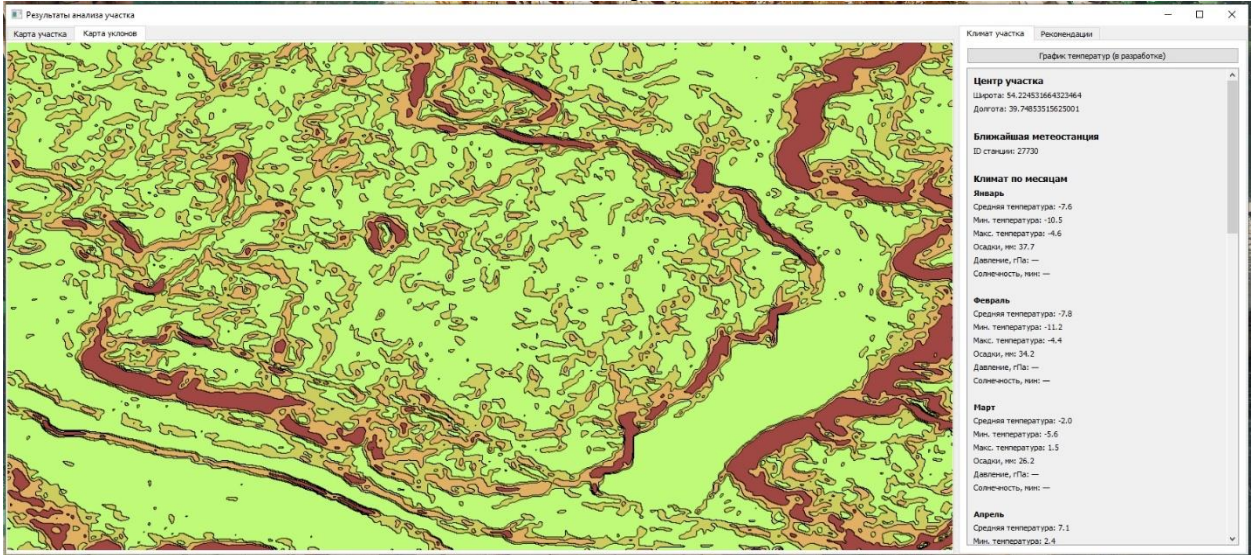


Рисунок 2. Карта уклонов

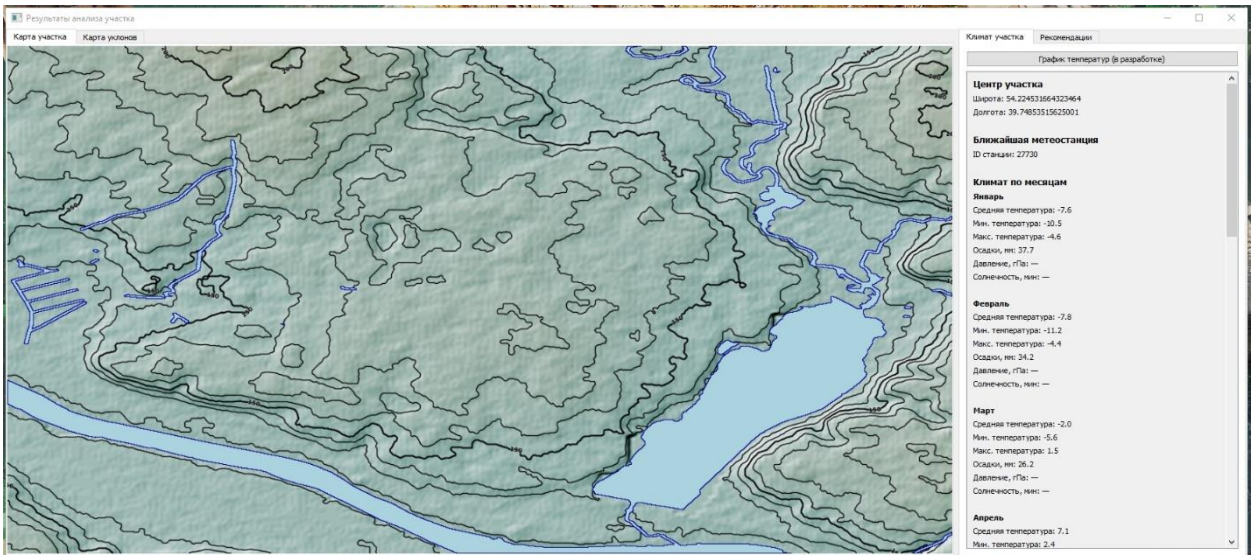


Рисунок 3. Карта горизонталей

6. Результаты и обсуждение

Результаты исследования демонстрируют, что применение программных средств способствует выявлению наиболее подходящих территорий для сельскохозяйственной деятельности. Анализ таблиц осадков предоставляет возможность прогнозировать урожай и организовывать посевные мероприятия. Использование карт уклонов и контурных схем способствует снижению риска эрозионных процессов. Кроме того, проведённый анализ выявляет участки с различной способностью почвы удерживать влагу. Сравнительный анализ с традиционными методами указывает на значительное повышение точности оценки земельных ресурсов при использовании ГИС-инструментов, при этом время, затрачиваемое на анализ, сокращается.

7. Научная новизна и практическая значимость

Научная новизна данного исследования заключается в создании программного комплекса, предназначенного для всестороннего анализа природных, климатических и топографических особенностей региона с привлечением данных о долгосрочных осадках и цифровой модели рельефа. Предлагаемый инструмент способствует автоматизации оценки пригодности земель для сельскохозяйственного использования посредством объединения нескольких аналитических этапов, таких как вычисление уклонов, построение контурных карт и формирование распределений осадков за продолжительный период. Такой подход позволяет повысить точность и объективность выявления зон, подходящих для сельскохозяйственной деятельности, а также обнаружить потенциальные риски, связанные с почвенной эрозией и дисбалансом влаги.

Практическая значимость работы определяется возможностью применения разработанного программного обеспечения для решения прикладных задач в аграрной сфере. Инструмент помогает учитывать особенности рельефа, распределение осадков и риск эрозии при

планировании расположения сельскохозяйственных объектов, что способствует повышению продуктивности земель и устойчивости агропроизводства. Полученные в ходе анализа данные могут быть интегрированы в региональные программы поддержки сельхозпроизводителей, применяться для оптимизации мелиоративных и агротехнических мероприятий, а также служить основой для стратегического планирования сельскохозяйственного землепользования.

Объединение методов цифрового анализа рельефа с климатическими данными в единой методологической платформе открывает новые пути для рационального использования земельных ресурсов на региональном уровне. Использование данного подхода позволяет создавать карты пригодности для различных сельскохозяйственных культур, проводить оценку потенциальной урожайности и моделировать последствия экстремальных метеорологических событий. В результате повышается качество принимаемых управленческих решений и снижаются экономические риски, обусловленные природными факторами.

Таким образом, исследование вносит вклад в развитие геоинформационных технологий в аграрном секторе, расширяет инструментарий анализа сельскохозяйственных территорий и предоставляет практические средства повышения эффективности фермерских хозяйств на региональном уровне. Внедрение предложенной методологии способствует не только оптимизации использования земельных ресурсов, но и формированию более устойчивых и адаптивных моделей ведения сельского хозяйства, учитывающих изменчивость климатических и природных условий.

8. Заключение

В исследовании выявлена значимость применения программных средств для анализа рельефа совместно с данными о долгосрочных осадках в повышении точности оценки сельскохозяйственных земель на территории

Республики Мордовия. Внедрение цифровых моделей рельефа, сопряжённое с интеграцией многолетних климатических данных и построением карт уклонов и контурных линий, позволяет более детально выделять участки, подходящие для сельскохозяйственной деятельности, учитывать природные ограничения и минимизировать связанные с климатическими явлениями и эрозией риски.

Использование таблиц осадков за последние 30 лет обеспечивает комплексный подход к оценке влажности почвы, выявлению закономерностей распределения осадков и прогнозированию урожайности сельскохозяйственных культур. Анализ этих данных способствует более взвешенному планированию посевных мероприятий с учётом вероятных засушливых или влажных периодов, что важно для повышения устойчивости агропредприятий к климатическим изменениям.

Топографические карты уклонов и контуров демонстрируют возможность выделения зон с разной пригодностью для механизированного земледелия и мелиоративных работ даже в пределах ограниченной территории. Это даёт возможность рационального распределения ресурсов, предотвращения посева в эрозионно уязвимых районах и оптимизации дренажных систем.

Научная новизна данной работы заключается в объединении анализа рельефа, длительных климатических наблюдений и цифровых моделей в единую методологию, применимую на региональном уровне для оценки агроландшафтов. Практическое значение работы проявляется в способности разработанного инструмента поддерживать планирование фермерских хозяйств, оптимизировать размещение культур и выбор участков для мелиорации и агротехнических мероприятий, а также способствовать интеграции данных в региональные программы аграрной поддержки.

Перспективы дальнейших исследований связаны с расширением учёта дополнительных факторов, таких как структура и плодородие почв, влияние

микrokлимата на урожайность, использование данных дистанционного зондирования для мониторинга состояния посевов, а также применение моделей машинного обучения для прогнозирования урожайности. Кроме того, развитие пользовательского интерфейса позволит автоматизировать обработку больших объёмов информации, обеспечить визуализацию в реальном времени и облегчить интеграцию с информационными системами агропромышленного комплекса. Это создаст основу для формирования региональных карт пригодности земель и реализации адаптивного планирования агропредприятий, что в свою очередь будет способствовать повышению производительности сельского хозяйства и устойчивому развитию сельских территорий в регионе.

Таким образом, интеграция цифровых технологий, пространственного анализа и многолетних климатических данных представляет собой перспективное направление в развитии сельскохозяйственной деятельности и аграрных исследований. Разработанный подход позволяет принимать более обоснованные решения в планировании и оптимизации управления земельными ресурсами, что способствует повышению эффективности производства и снижению рисков, обусловленных природными факторами.

Список источников

1. Алтухов А. И. Парадигма продовольственной безопасности страны в современных условиях // Экономика сельского хозяйства России. – 2014. – №. 11. – С. 4-12.
2. Усенко Л. Н., Завьялов А. В. Крестьянские (фермерские) хозяйства современной России: развитие и перспективы // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2025. – Т. 252. – №. 2. – С. 294-312.
3. Лурье И. К. Цифровая эпоха в картографии: от автоматизации к картографическим сервисам // Вопросы географии. – 2017. – №. 144. – С. 15-28.

4. Сеитов С. К. Инновационное развитие сельского хозяйства России: современное состояние и меры поддержки //Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2023. – №. 5. – С. 134-150.
5. Методические указания по нормированию орошения с учетом корректировки биологических коэффициентов, дифференциации почвенно-климатических условий и пространственно-временной изменчивости гидрометеорологических факторов: метод. указ. – М., 2022. – 80 с.
6. Трофимов И. А., Трофимова Л. С., Яковлева Е. П. Развитие системного подхода к изучению сельскохозяйственных земель и управлению агроландшафтами //Поволжский экологический журнал. – 2016. – №. 4. – С. 455-466.
7. Бушнев А. С. Биологическая активность почв при различных способах основной обработки //Масличные культуры. – 2025. – Т. 202. – №. 2. – С. 38-57.
8. Рыбников П. А., Смирнов А. Ю. Анализ качества цифровых моделей рельефа на основе данных дистанционного зондирования Земли для рельефа овражно-балочного типа //Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2021. – №. 5-1. – С. 235-247.
9. Robinson G. M. New frontiers in agricultural geography: Transformations, food security, land grabs and climate change //BAGE. Boletín de la Asociación Española de Geografía. – 2018. – №. 78. – С. 1-48.
10. Habib-ur-Rahman M. et al. Impact of climate change on agricultural production; Issues, challenges, and opportunities in Asia //Frontiers in Plant Science. – 2022. – Т. 13. – С. 925548.
11. Fishery F. A. O. et al. FAO yearbook. Fishery statistics: Aquaculture production, 2005/FAO annuaire. Statistique des pêches: Production de l'aquaculture, 2005/FAO anuaire. Estadísticas de pesca: Producción de acuicultura, 2005. – 2007.

12. Schmidtke T. Depoliticizing the countryside? The World Bank's role in agriculture and rural development //The Elgar Companion to the World Bank. – Edward Elgar Publishing, 2024. – С. 251-262.
13. Jensen J. R. Remote sensing of the environment: An earth resource perspective 2/e. – Pearson Education India, 2009.
14. Lillesand T., Kiefer R. W., Chipman J. Remote sensing and image interpretation. – John Wiley & Sons, 2015.
15. Wilson J. P., Gallant J. C. (ed.). Terrain analysis: principles and applications. – John Wiley & Sons, 2000.
16. McBratney A. B., Santos M. L. M., Minasny B. On digital soil mapping //Geoderma. – 2003. – Т. 117. – №. 1-2. – С. 3-52.
17. Burrough P. A., McDonnell R. A., Lloyd C. D. Principles of geographical information systems. – Oxford university press, 2015.
18. Goovaerts P. Geostatistics for Natural Resources Evaluation. - Oxford University Press, 1997.
19. Gessler P. E. et al. Soil-landscape modelling and spatial prediction of soil attributes //International journal of geographical information systems. – 1995. – Т. 9. – №. 4. – С. 421-432.
20. Sishodia R. P., Ray R. L., Singh S. K. Applications of remote sensing in precision agriculture: A review //Remote sensing. – 2020. – Т. 12. – №. 19. – С. 3136.

References

1. Altukhov A. I. Paradigm of the country's food security in modern conditions // Economics of agriculture in Russia. - 2014. - No. 11. - Pp. 4-12.
2. Usenko L. N., Zavyalov A. V. Peasant (farm) households in modern Russia: development and prospects // Scientific works of the Free Economic Society of Russia. - 2025. - Vol. 252. - No. 2. - Pp. 294-312.
3. Lurye I. K. Digital era in cartography: from automation to cartographic services // Questions of geography. - 2017. - No. 144. - Pp. 15-28.

4. Seitov S. K. Innovative development of agriculture in Russia: current status and support measures // Bulletin of the Timiryazev Agricultural Academy. - 2023. - No. 5. - P. 134-150.
5. Methodological guidelines for setting irrigation standards taking into account the adjustment of biological coefficients, differentiation of soil and climatic conditions and spatiotemporal variability of hydrometeorological factors: method. manual. - Moscow, 2022. - 80 p.
6. Trofimov I. A., Trofimova L. S., Yakovleva E. P. Development of a systems approach to the study of agricultural lands and management of agricultural landscapes // Volga Region Ecological Journal. - 2016. - No. 4. - P. 455-466.
7. Bushnev A. S. Biological activity of soils under different methods of primary cultivation // Oilseeds. - 2025. - Vol. 202. - No. 2. - P. 38-57.
8. Rybnikov P. A., Smirnov A. Yu. Analysis of the quality of digital elevation models based on Earth remote sensing data for ravine-type relief // Mining Information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal). - 2021. - No. 5-1. - P. 235-247.
9. Robinson G. M. New frontiers in agricultural geography: Transformations, food security, land grabs and climate change //BAGE. Boletín de la Asociación Española de Geografía. - 2018. - No. 78. - P. 1-48.
10. Habib-ur-Rahman M. et al. Impact of climate change on agricultural production; Issues, challenges, and opportunities in Asia //Frontiers in Plant Science. – 2022. – T. 13. – P. 925548.
11. Fishery F. A. O. et al. FAO yearbook. Fishery statistics: Aquaculture production, 2005/FAO annuaire. Statistique des pêches: Production de l'aquaculture, 2005/FAO anuaire. Estadísticas de pesca: Producción de acuicultura, 2005. – 2007.
12. Schmidtke T. Depoliticizing the countryside? The World Bank's role in agriculture and rural development //The Elgar Companion to the World Bank. – Edward Elgar Publishing, 2024. – pp. 251-262.

13. Jensen J. R. Remote sensing of the environment: An earth resource perspective 2/e. – Pearson Education India, 2009.
14. Lillesand T., Kiefer R. W., Chipman J. Remote sensing and image interpretation. – John Wiley & Sons, 2015.
15. Wilson J. P., Gallant J. C. (ed.). Terrain analysis: principles and applications. – John Wiley & Sons, 2000.
16. McBratney A. B., Santos M. L. M., Minasny B. On digital soil mapping // Geoderma. – 2003. – Т. 117. – No. 1-2. – P. 3-52.
17. Burrough P. A., McDonnell R. A., Lloyd C. D. Principles of geographical information systems. – Oxford university press, 2015.
18. Goovaerts P. Geostatistics for Natural Resources Evaluation. - Oxford University Press, 1997.
19. Gessler P. E. et al. Soil-landscape modeling and spatial prediction of soil attributes //International journal of geographical information systems. – 1995. – Т. 9. – No. 4. – pp. 421-432.
20. Sishodia R. P., Ray R. L., Singh S. K. Applications of remote sensing in precision agriculture: A review // Remote sensing. – 2020. – Т. 12. – No. 19. – P. 3136.

© Корнеев Д.А., 2026. Московский экономический журнал, 2026, № 3.