

УДК 911.8:502

DOI 10.17513/use.38320

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА АГРОГЕОСИСТЕМ В РЕГИОНАЛЬНОМ ГЕОПОРТАЛЕ

Суродеев М.С., Москалева С.А., Учайкин Н.И., Кузнецова А.А.

ФГБОУ ВО «Научный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва», Саранск, e-mail: m.surodeev2014@yandex.ru, moskaleva-s-a@yandex.ru, nkrauford@gmail.com, afonkinaaa21@yandex.ru

Цель исследования заключалась в анализе содержания метаданных и возможностей использования платформы геоportала «Метагеосистемы Мордовии. Пространственные данные региона», включающего обширную информацию о природных и антропогенных объектах, для комплексного исследования пространственно-временной структуры агрогеосистем, их свойств и протекающих процессах. Основное внимание в статье уделяется исследованию применения геоинформационных технологий и методов дистанционного зондирования Земли для эффективного мониторинга, анализа, оценки и прогнозирования состояния и использования агрогеосистем. Исследование выполнено с использованием общенаучных методов, статистического, геоинформационного, типизации, а также междисциплинарного подхода, объединяющего знания и методологии различных научных дисциплин, позволяющего глубже понять динамику агрогеосистем и разработать эффективные стратегии для устойчивого развития сельскохозяйственных территорий. В результате проведенного исследования структурированы сведения об агроландшафтах Мордовии на платформе геоportала (о природных, хозяйственных и социальных компонентах агрогеосистем, о негативных процессах и охране земель), а также приведена типизация необходимой для полного анализа картографической информации, включающая карты устойчивости, индикационные, экодинамические и функциональные. Развитие структуры пространственных данных геоportала об агрогеосистемах Мордовии согласно предложенным рекомендациям позволит повысить качество и упростить разработку и принятие эффективных управленческих решений в области землепользования, повышения продуктивности сельскохозяйственного производства, охраны земель и управления рисками.

Ключевые слова: агрогеосистемы, региональный портал, районирование, мониторинг агроландшафтов, управление земельными ресурсами

SPATIAL-TEMPORAL STRUCTURE OF AGRICULTURAL GEOSYSTEMS IN THE REGIONAL GEOPORTAL

Surodeev M.S., Moskaleva S.A., Uchaykin N.I., Kuznetsova A.A.

Ogarev National Research Mordovian State University, Saransk, e-mail: m.surodeev2014@yandex.ru, moskaleva-s-a@yandex.ru, nkrauford@gmail.com, afonkinaaa21@yandex.ru

The focus of the article is on the study of the application of geoinformation technologies and methods of remote sensing of the Earth for effective monitoring, analysis, assessment and forecasting of the state and use of agrogeosystems. Special emphasis is placed on the analysis of the metadata content and the possibilities of using the geoportal platform "Metageosystems of Mordovia. Spatial data of the region", which includes extensive information about natural and anthropogenic objects, for a comprehensive study of the spatial and temporal structure of agrogeosystems, their properties and ongoing processes. The research was carried out using general scientific methods, statistical, geoinformation, typification, as well as an interdisciplinary approach combining knowledge and methodologies of various scientific disciplines, allowing a deeper understanding of the dynamics of agrogeosystems and developing effective strategies for the sustainable development of agricultural territories. As a result of the conducted research, information about the agricultural landscapes of Mordovia on the geoportal platform is structured (about the natural, economic and social components of agrogeosystems, about negative processes and land protection), as well as the typification of cartographic information necessary for a complete analysis, including stability maps, indicative, ecodynamic and functional. The development of the spatial data structure of the geoportal on agrogeosystems of Mordovia according to the proposed recommendations will improve the quality and simplify the development and adoption of effective management decisions in the field of land use, increasing agricultural productivity, land protection and risk management.

Keywords: agricultural geosystems, regional portal, zoning, monitoring of agricultural landscapes, land resource management

Введение

Моделирование пространственно-временной структуры агрогеосистем и их отражение в региональном геоportале заслуживает внимания по множеству причин. В первую очередь из-за растущей необходимости в эффективном управлении

земельными ресурсами, особенно в сельскохозяйственной отрасли. Планирование и прогнозирование устойчивости агрогеосистем является важным аспектом управления агроландшафтами с целью обеспечения их продуктивности, устойчивости к различным стрессовым факторам и сохранения биоразнообразия.

Сочетание различных данных в едином информационном пространстве, охватывающем геологические особенности, рельеф, климатические условия, почвенный покров и распределение растительности, способствует более глубокому пониманию структуры и функционирования агрогеосистем. Анализ взаимосвязанных данных может выявить ключевые факторы, влияющие на плодородие почвы, водный баланс, биоразнообразие и другие важные характеристики. Не менее значимой является интеграция информации, собранной с использованием различных методов наблюдения, включая дистанционное зондирование, геоинформационные технологии и биохимические анализы. Интеграция таких данных в региональные геопорталы открывает возможность для ученых, землевладельцев и управленцев осуществлять мониторинг изменений в агрогеосистемах, изучать их динамику и принимать обоснованные решения, опираясь на актуальные данные.

В условиях климатических изменений и нестабильности окружающей среды наличие комплексной, точной и регулярно обновляемой информации о современных пространственно-временных изменениях агрогеосистем может сыграть важную роль в адаптации сельскохозяйственных технологий и методов управления землей к новым условиям.

Цель исследования – анализ возможностей геопортала «Метагеосистемы Мордовии. Пространственные данные региона» для изучения пространственно-временной структуры и свойств агрогеосистем.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось с применением общенаучных методов, статистического, геоинформационного, а также междисциплинарного подхода, который объединяет различные научные знания и методические подходы для решения комплексных задач. Этот метод обеспечивает более глубокое и широкое понимание явлений и процессов, что особенно актуально в контексте достижения устойчивого развития агрогеосистем в условиях сложной социальной, экономической и экологической среды. Применение знаний из разных сфер науки, таких как экология, агрономия, география и информатика, способствует всестороннему изучению характеристик структуры и функционирования агрогеосистем. Исходными данными послужили материалы лаборатории геоинформатики и мониторинга метагеосистем ин-

ститута геоинформационных технологий и географии Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва, сведения региональных геопорталов. Проведена систематизация данных исследуемых геопорталов о природных и социально-экономических, экологических характеристиках, влияющих на пространственно-временную структуру агроландшафтов.

Результаты исследования и их обсуждение

Использование ГИС-технологий и инструментов дистанционного зондирования Земли в региональных порталах дает возможность не только собирать и анализировать большие объемы данных, но и делать это в динамичном и масштабируемом формате. Такой подход позволяет обеспечить более глубокое понимание процессов, происходящих в агрогеосистемах, и улучшить управленческие решения, что, в свою очередь, способствует рациональному использованию природных ресурсов и повышению экологической безопасности регионов. Это, в свою очередь, способствует устойчивому развитию регионов, снижению риска возникновения экологических катастроф и улучшению качества жизни населения.

Для анализа структуры агрогеосистем необходимо более детально рассмотреть понятие агроландшафта и его составные элементы. Под агроландшафтом понимается земельный массив, состоящий из комплекса взаимодействующих природных компонентов, используемый для целей сельскохозяйственного производства, формирующийся и функционирующий под его влиянием [1, с. 97].

Анализ структуры агроландшафта и его составляющих – одна из основных частей научного исследования. Однако предметом изучения агроландшафтов должны быть не только его подсистемы, но и закономерности их взаимодействия, так как в процессе взаимодействия формируются и обнаруживаются не только новые свойства подсистем, но и принципиально новые свойства всей системы [2]. Структура агроландшафта предполагает горизонтальную, вертикальную и временную дифференциацию. Сверху или на аэрокосмоснимке ландшафт выглядит как мозаика, сложенная из различных геосистем или угодий. Одной из особенностей сельского хозяйства, которая существенно отличает его от других отраслей производства, является значительная за-

висимость от погодных условий. По некоторым оценкам, до 65% всех потерь, понесенных из-за неблагоприятных погодных условий, приходится именно на эту сферу [3, с. 117]. Однако почти половину этих убытков сегодня можно предотвратить и компенсировать, применяя соответствующие агротехнические методы.

Картографические данные, доступные на специализированных порталах, таких как meta.rgo.life, могут быть использованы для характеристики структуры агрогеосистем и выявления пространственных закономерностей их функционирования. Этот ресурс предоставляет разнообразные слои карт, каждая из которых отражает определенные аспекты природных и антропогенных факторов, влияющих на состояние агроландшафтов. Сопоставление и анализ пространственного сочетания этих аспектов может помочь в глубоком понимании взаимосвязанных процессов, происходящих в агрогеосистемах, и в разработке стратегий для эффективного управления сельскохозяйственными ресурсами [4, с. 81]. Повышенный исследовательский интерес с позиции землеустройства на агроландшафтной основе представляют земли сельскохозяйственного назначения, где наблюдается тенденция сокращения земельно-ресурсного потенциала, имеющего для Республики Мордовия особое значение. Основная причина – выбытие из сельскохозяйственного оборота ценных сельскохозяйственных угодий в результате эрозии почв и перевода этих площадей в категорию земель запаса,

которые зарастают древесно-кустарниковой растительностью [5].

Ландшафтная карта, размещенная в региональном геопортале, является важным инструментом для изучения пространственно-временной структуры агрогеосистем в регионе. Она отражает многочисленные характеристики территории, важные для ведения сельскохозяйственной деятельности и управления природными ресурсами [6, с. 62]. Карта предоставляет информацию о типах местности, различных по составу отложений, рельефу и условиям увлажнения, степени антропогенного освоения. Помимо этого содержатся сведения о типах почв, их плодородии, что позволяет выделять возможности и особенности их использования, определять наиболее подходящие культуры для посева и методы ведения сельского хозяйства.

При применении сведений карты для мониторинга изменений в ландшафтах можно выявить трансформации, вызванные естественными и антропогенными факторами. В дополнение к этому карта служит основой для планирования развития региона, помогая определить наилучшие площади для строительства сельскохозяйственных объектов и сооружения инфраструктуры. Экологическое картографирование обеспечивает возможность перейти на новый, более глубокий уровень изучения состояния и динамики экологических систем в целом и их составляющих, используя графические модели изучаемых объектов, явлений и процессов.



Рис. 1. Структура данных об агроландшафте на геопортале

В рамках экологического картографирования, играющего важную роль в функциональных задачах, которые решает агроэкология, значительное внимание уделяется ландшафтно-экологическому картографированию. Его целью является оптимизация агроландшафтов, формирование систем ландшафтного земледелия, где создается сбалансированное сочетание природных и созданных человеком компонентов агроландшафта, организация хозяйственной деятельности по производству продукции, а также мероприятий по борьбе с негативными процессами. Структура пространственных данных об агроландшафте на региональном геопортале может быть представлена следующим образом (рис. 1).

Динамика агроландшафта, представляющая собой временные изменения в его структуре, в основном обусловлена вариациями в состоянии ключевых средообразующих компонентов. Эти изменения являются одной из форм циклических, или периодических, трансформаций в биотическом сообществе и тесно связаны с сезонной сменой климатических условий. Сезонные колебания в компонентах агроландшафта проявляются более выражено, чем суточные. Зимний период характеризуется замедлением процессов фотосинтеза, разложения и минерализации органических веществ. В это время отсутствует поверхностный и внутрипочвенный сток, происходит промерзание почв, и в структуре ландшафта формируется сезонный компонент – снежный покров, а также лед на водоемах [7, с. 53].

Весенний период сопровождается активным снеготаянием, что приводит к стоку талых вод, значительному плоскостному смыву и линейной эрозии на склонах агроландшафтов, а также к половодью на реках. Летом процессы фотосинтеза и биопродуцирования находятся на пике активности, сопровождаясь интенсивной минерализацией органических остатков. Осенний период отмечен завершением вегетации, наступлением первых заморозков, первым снегом, датами формирования снежного покрова и началом промерзания почв. Эти феномены подчеркивают переходные изменения в составе и функциях агроландшафтов, подготавливая их к зимнему периоду покоя [8].

Для изучения агрогеосистем важно понимать климатическую составляющую агроландшафта, чтобы в полной мере оценить агроклиматический потенциал территории. Климатическая карта Республики Мордовия играет значимую роль в изучении и управлении агрогеосистемами региона,

предоставляя глубокое понимание климатических условий, которые оказывают существенное влияние на агрономические циклы, включая рост, развитие и урожайность сельскохозяйственных культур. Эти данные позволяют проводить детальное агроклиматическое планирование, что включает определение оптимальных сроков посева и сбора урожая, а также подбор культур, наилучшим образом приспособленных к местным климатическим условиям. Поэтому добавление климатической карты, отражающей основные показатели (годовое и среднее количество осадков, минимальная и максимальная температура, преобладающее направление ветра), на портал meta.rgo.life является одним из способов оптимизации более углубленного процесса изучения структуры и свойств агроландшафтов.

Температурные режимы демонстрируют тепловые ресурсы, доступные для сельскохозяйственного производства, в то время как информация о количестве осадков является критически важной для оценки водного баланса и определения потребности в ирригационных мероприятиях.

Анализ климатической карты для мониторинга изменений климатических составляющих способствует своевременной адаптации агропроизводственных процессов к меняющимся условиям. Это также облегчает процесс оценки рисков, таких как вероятность засух, переувлажнения, заморозков и других погодных аномалий, что является основой для разработки соответствующих адаптивных стратегий и мероприятий, направленных на снижение возможного негативного воздействия этих условий, включая разработку систем ирригации и защиты растений [9]. Так климатическая карта станет неотъемлемым инструментом для устойчивого и прогрессивного агроландшафтного планирования. Для полноценного анализа и полного структурирования сведений об агроландшафте необходима соответствующая картографическая информация, представляющая следующие типы карт (рис. 2).

Интердисциплинарный подход является мощным инструментом для эффективного исследования и оптимизации агрогеосистем. Объединение знаний и методов различных дисциплин позволяет не только глубже понять сложные проблемы, но и разработать устойчивые решения для их разрешения. В условиях глобальных изменений и вызовов, связанных с ведением сельского хозяйства, применение этого подхода становится особенно актуальным и необходимым.

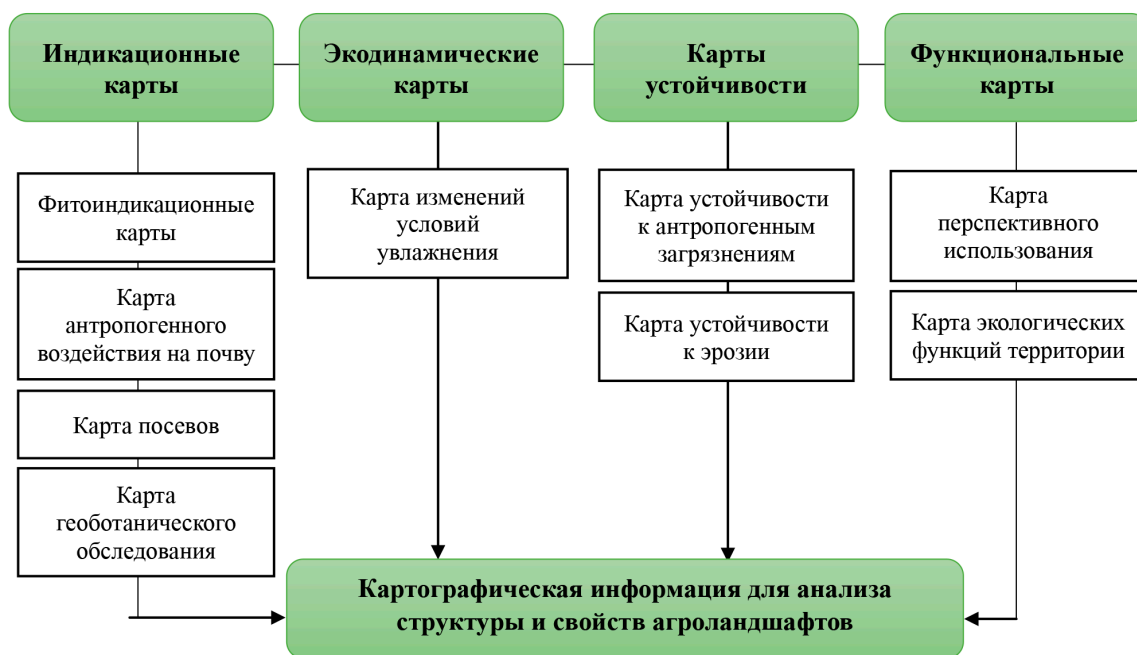


Рис. 2. Типы картографической информации для комплексной характеристики агроландшафта

Анализ содержания метаданных геопортала показал, что в настоящий период не все картографические слои, пространственные объекты, которые бы наиболее полно отражали структуру и свойства агроландшафтов, здесь представлены.

Одним из вариантов карт для углубленного изучения структуры и свойств агроландшафтов является карта растительности, представленная в масштабах 1:1000000 и 1:500000, как, например, на геопортале Республики Коми. На ней отражены преобладающие типы растительности, произрастающие на данной территории (еловые леса лесотундры, кедровые, лиственные, осиновые леса, луга и т.д.).

Также важную роль при изучении структуры и свойств ландшафтов имеет изучение экологических характеристик. К примеру, сведения о содержании радионуклидов в почвах, так как они могут влиять на биохимические процессы в почве, влияя на рост и развитие растений, животных и микроорганизмов, что, в свою очередь, оказывает влияние на структуру и функции агроландшафтов [10]. Знание содержания радионуклидов в почвах позволяет проводить оценку экологического состояния территории, разрабатывать меры по реабилитации загрязненных участков и планировать устойчивое использование земельных ресурсов. Поэтому мониторинг их уровня в почвах

помогает не только определить степень загрязнения территории, но и принять меры по охране окружающей среды и здоровья населения.

Заключение

Таким образом, исследование пространственно-временной структуры агрогеосистем в региональном геопортале представляет собой актуальную и важную задачу в контексте современного развития сельского хозяйства и геоинформационных технологий. Данная тема имеет прямое отношение к повышению эффективности управления земельными ресурсами, оптимизации производственных процессов и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Пространственно-временная структура агрогеосистем включает в себя комплексный анализ различных параметров, таких как распределение культур, климатические условия, почвенные характеристики и другие факторы, влияющие на сельскохозяйственное производство. Использование геопорталов позволяет собирать, хранить, обрабатывать и визуализировать большие объемы данных, что значительно упрощает процесс принятия управленческих решений.

Поэтому для решения задач углубленного изучения структуры и свойств агроландшафтов на платформе геопортала

целесообразно интегрировать следующие типы карт:

1. Карта климатических условий и метеорологических данных, отражающая климатические особенности территории (количество осадков, направление ветра, среднемесячные и среднегодовые температуры).

2. Карта биоиндикации и биологического мониторинга, содержащая информацию о состоянии экосистем на основе биологических показателей (видовой состав фауны и флоры).

3. Карта атмосферного загрязнения и качества воздуха, отражающая уровень загрязнения атмосферы различными веществами.

4. Карта биоразнообразия, включающая информацию о разнообразии видов растений, животных и микроорганизмов в агроландшафтах.

5. Карта использования земель и агротехнических ресурсов, показывающая структуру землепользования, виды сельскохозяйственной деятельности, распределение культурных растений и использование технических средств в агроландшафтах.

Помимо этого сведения, представленные на геопортале «Метагеосистемы Мордовии. Пространственные данные региона», могут быть расширены путем интеграции с данными других специализированных геопространственных информационных ресурсов, например, Федеральной государственной информационной системы территориального планирования, публичной кадастровой карты, единой Федеральной информационной системы о землях сельскохозяйственного назначения, портала пространственных данных «Национальная система пространственных данных» и др. Это значительно расширит арсенал геоданных о структуре, свойствах и функционировании агроланд-

шафтов Мордовии, о социально-демографических условиях и состоянии окружающей среды и увеличит возможности для их изучения и принятия управленческих решений в сфере рационального использования и развития.

Список литературы

1. Низовцев В.А., Кочуров Б.И., Эрман Н.М., Мироненко И.В., Логунова Ю.В., Костовска С.К., Ивашкина И.В., Алексеева В.О. Ландшафтно-экологические исследования Москвы для обоснования территориального планирования города. М.: Прометей, 2020. 342 с.

2. Абдуллаев С.И., Мукумова Х.И. Особенности и функции агроландшафта // *Life Sciences and Agriculture*. 2020. № 2–3. С. 1–4.

3. Ямашкин А.А. Физико-географические условия и ландшафты Мордовии: учебное пособие / Сост. А.А. Ямашкин. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 1998. 156 с.

4. Агроландшафтоведение: учебное пособие / Сост. С.В. Богомазов, Е.В. Павликова, О.А. Ткачук, Н.Н. Тихонов. Пенза: Издательство РИО ПГСХА, 2016. 119 с.

5. Ямашкин А.А. Ландшафты Мордовии: учебное пособие / Сост. А.А. Ямашкин, С.А. Ямашкин. Саранск: МГУ им. Н.П. Огарева, 2021. 80 с.

6. Ергина Е.И., Сафонова М.С. Теоретико-методическая основа пространственно-временного анализа процессов функционирования агроландшафтов // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология*. 2021. № 3. С. 189–197.

7. Географический атлас Республики Мордовия / Редкол.: А.А. Ямашкин (пред. кол.), С.М. Вдовин, Н.П. Макаркин, В.В. Ревин, В.В. Руженков, П.В. Сенин, Н.Е. Фомин, В.Т. Шумкин, В.А. Юрченков. Саранск: Изд-во Мордовского университета, 2012. 204 с.

8. Ямашкин А.А., Ямашкин С.А., Зарубин О.А. Геоинформационное картографирование процессов хозяйственного освоения // *Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии*. 2018. № 3. С. 45–53.

9. Зарубин О.А., Кирюшин А.В., Агеева А.Р., Рычкова О.В. Каркасный подход в функциональном геоэкологическом зонировании метагеосистем культурного ландшафта региона // *Московский экономический журнал*. 2023. № 8. С. 96–114.

10. Ямашкин А.А., Ямашкин С.А., Суслов Р.В., Агеева А.Р., Рычкова О.В. Агроландшафты в структуре метагеосистем // *Московский экономический журнал*. 2023. Т. 8, № 8. С. 115–128.