

УДК 550.8.05

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство
(биологические науки, сельскохозяйственные науки)

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОЛОГИИ

Кириченко Артем Олегович
к.э.н., доцент
artemolegovickirichenko@gmail.com
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Мичурина Надежда Юрьевна
к.б.н., доцент
РИНЦ SPIN-код: 3174-8010
nymichurina@mail.ru
Югорский государственный университет, Высшая экологическая школа, г. Ханты-Мансийск, Россия
Тольяттинский государственный университет, Институт инженерной и экологической безопасности, г. Тольятти, Россия

Амосова Антонина Александровна
к.б.н., доцент кафедры «Химическая технология и промышленная экология»,
РИНЦ SPIN-код: 6754-5659
amosovaantanina@yandex.ru
Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

Щербакowa Полина Сергеевна
студентка 3 курса направления 09.03.03 «Прикладная информатика», бакалавриат
pshcherbokova2004@gmail.com
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

В рамках данного исследования подробно анализируется перспективность использования геоинформационных систем в сфере экологического анализа и прогнозирования. Особое внимание уделяется интеграции цифровых картографических методов для обеспечения более глубокого и синхронного анализа данных, что существенно упрощает процедуры экологического прогнозирования и оценки многоаспектного влияния на природную среду. Акцент делается на необходимости междисциплинарного подхода, объединяющего экологическую науку и информационные технологии, подчеркивая значимость инновационных методик в оценке экологических рисков и минимизации воздействия

UDC 550.8.05

4.1.1. General agriculture and crop production
(biological sciences, agricultural sciences)

GEOINFORMATION TECHNOLOGIES IN ECOLOGY

Kirichenko Artem Olegovich
Candidate of Economics, associate Professor
artemolegovickirichenko@gmail.com
Kuban state agrarian university named after I.T.Trubilin, Krasnodar, Russia

Michurina Nadezhda Yur'evna
Cand.Biol.Sci., associate Professor
RSCI SPIN-code: 3174-8010
nymichurina@mail.ru
Yugra State University, Higher Ecological School, Khanty-Mansiysk, Russia;
Togliatti State University, Institute of Engineering and Environmental Safety, Togliatti, Russia

Amosova Antonina Alexandrovna
Cand.Biol.Sci., associate Professor of the Department of Chemical Technology and Industrial Ecology
RSCI SPIN-code: 6754-5659
amosovaantanina@yandex.ru
Samara State Technical University, Department of Chemical Technology and Industrial Ecology, Samara, Russia

Shcherbakova Polina Sergeevna
3rd year student of the direction 09.03.03 "Applied Informatics", bachelor's degree
pshcherbokova2004@gmail.com
Kuban state agrarian university named after I.T.Trubilin, Krasnodar, Russia

Within the framework of this study, the prospects of using geoinformation systems in the field of environmental analysis and forecasting are analyzed in detail. Special attention is paid to the integration of digital cartographic methods to ensure deeper and simultaneous data analysis, which significantly simplifies the procedures for environmental forecasting and assessment of multidimensional effects on the natural environment. The emphasis is on the need for an interdisciplinary approach combining environmental science and information technology, emphasizing the importance of innovative methods in assessing environmental risks and minimizing the impact of anthropogenic factors. This study highlights not only the technical aspects

антропогенных факторов. Данное исследование выделяет не только технические аспекты использования ГИС, но и их потенциальную роль в разработке эффективных и экологически устойчивых стратегий управления природными ресурсами

of using GIS, but also their potential role in developing effective and environmentally sustainable strategies for managing natural resources

Ключевые слова: ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ, ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ ПРИРОДНЫМИ РЕСУРСАМИ, ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Keywords: ENVIRONMENTAL MONITORING, SPATIAL ANALYSIS, NATURAL RESOURCE MANAGEMENT, ENVIRONMENTAL MODELING

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-197-007>

Введение

В эпоху, ознаменованную острейшими экологическими вызовами, задача охраны окружающей среды приобретает особую актуальность. Экспоненциальный рост населения, дефицит природных ресурсов, а также прочие экологические угрозы формируют предпосылки для возникновения глобального экологического кризиса. В этом контексте, для адекватной оценки экологической ситуации и оперативного реагирования на вызовы современности, представляется необходимым применение комплексного подхода, включающего в себя современные технологические решения.

Одним из наиболее эффективных инструментов, способствующих решению указанных проблем, являются географические информационные системы (ГИС). Эффективность ГИС обусловлена их возможностями в области сбора, хранения, анализа, визуализации и распространения данных, что способствует генерации новых знаний о пространственно-координированных явлениях. Исследуя исторический аспект развития ГИС, можно проследить их эволюцию от идей, возникших в конце 50-х годов XX века, когда концепция визуализации данных с использованием картографических слоев и пространственного анализа объектов еще не была тесно связана с цифровыми технологиями.

Целью исследования является анализ направлений применения геоинформационных систем в сфере экологии на основе обзора существующих работ отечественных ученых.

Методы исследования

Исследование геоинформационных технологий в сфере экологии основывается на всестороннем анализе отечественных литературных источников, отобранных из базы данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU за период 2019-2023 гг. Применяя запрос "Геоинформационные технологии в экологии", был осуществлен поиск по названиям статей, аннотациям и ключевым словам. Из общего числа 408 отобранных статей, анализ выявил, что 207 из них не были доступны для свободного изучения, 108 статей касались использования ГИС в сферах, не связанных с экологией, 79 публикаций были на иностранных языках (английский, азербайджанский, киргизский, казахский и др.), и лишь 8 статей непосредственно соответствовали тематике исследования. Данный анализ подчеркивает значимость ГИС в экологических исследованиях и указывает на необходимость дальнейшего изучения их применения в данной области, включая анализ методов, практик и результатов их использования для повышения эффективности управления экологическими процессами и ресурсами.

Основная часть

В современной науке значимость приобретают геоданные, которые требуются пользователям в широком спектре форм, выходящих за рамки традиционного представления земной поверхности через картографические проекции и условные обозначения. Особую роль играют децентрализованные информационные ресурсы, обеспечивающие доступ к пространственным данным, а также к разработанным на их основе услугам и продуктам, способствуя развитию новых ГИС, которые эффективно обрабатывают, визуализируют, структурируют, анализируют и

конвертируют геоданные в разнообразные форматы, открывая перед экономикой новые горизонты.

В контексте современных исследований, особое внимание уделяется разнообразию классификаций в области геоинформационных систем в экологии, мы выделили ключевые характеристики, наиболее часто встречающиеся (рисунок 1).



Рисунок 1 – Классификация геоинформационных систем в экологии

Рассмотрим каждое из направлений классификации геоинформационных систем в экологии подробнее.

В контексте экологических исследований акцент фокусируется на процессах картографирования распределения видов, мониторинге биоразнообразия, оценке угроз для видов и изучении метагеосистем, что

отражает многогранность подходов в этой области. Данные исследования, основываясь на работах Ямашкина А. А. и коллег, рассматривают метагеосистемы как уникальные синтезы различных элементов, включая природные, культурно-исторические, социально-экономические, административно-политические и технологические аспекты. Основная цель изучения метагеосистем заключается в формировании стратегических направлений для устойчивого развития территорий и разработке эффективных управленческих решений, опираясь на принципы системности, комплексного подхода, территориальности, экологической безопасности и управляемости [1].

Безродный Ю.Г. подчеркивает важность мониторинга биоразнообразия в контексте сокращения степных экосистем до 17%, т. к. оставшиеся участки, ранее испытывавшие значительную пастбищную нагрузку, теперь служат убежищами для флоры и фауны степи. Антропогенные вмешательства, такие как распашка земель и создание искусственных объектов, катастрофически сказались на биоразнообразии, ведя к деградации и исчезновению естественных экосистем. Использование геоинформационных систем предлагается как средство для эффективного сбора, анализа и представления данных о состоянии биоразнообразия, включая распределение и динамику популяций живых организмов [3].

Согласно Гиричева К.Г. и Столбового Ю.В., цель управления природными ресурсами трансформируется в рамках современных потребностей цифровизации, которая включает в себя применение технологий дистанционного зондирования мониторинга земельных участков и зеленых массивов, предназначенных для последующего использования под строительство капитальных объектов и производств. Основываясь на актуальных данных и принципах системного анализа, подход предполагает интеграцию результатов исследований различных

периодов для повышения эффективности управленческих и экономических решений. Стратегия направлена на оптимизацию процессов упорядочивания использования природных ресурсов, обеспечивая при этом возможность своевременного реагирования на изменения состояния растительного покрова и земельных ресурсов. Разработка и внедрение данных методов способствуют усилению контроля и улучшению качества охраны природных ресурсов, а также облегчают процесс принятия обоснованных решений, что в свою очередь способствует устойчивому развитию и экологической безопасности в долгосрочной перспективе [2].

В большинстве исследований, основанных на ГИС-технологиях, акцентируется внимание на значении электронной картографии как фундаментального элемента. Электронные карты служат не только для отображения материальных объектов и границ различных административных и хозяйственных единиц, но и для анализа динамики изменений земельных и других недвижимых ресурсов. Особое внимание уделяется дистанционному мониторингу территорий, включая использование аэрофотосъемки и спутниковых изображений, что позволяет с высокой точностью отслеживать изменения в использовании и состоянии земли. В этом контексте значительную роль играют различные программные продукты для обработки данных дистанционного зондирования, такие как ArcGIS, ERDAS, ENVI, и QGIS, разработанные как внутри страны, так и за рубежом. Данные инструменты способствуют углублению и расширению анализа, предоставляя мощную базу для принятия обоснованных решений в области управления территориальными ресурсами и планирования развития.

В контексте научного исследования, проведенного Судником А. и коллегами [4], акцентируется внимание на особенности экологического мониторинга как фундаментального элемента в оценке состояния природных экосистем, включая флору. Цель мониторинга заключается в

предоставлении всесторонней, обновляемой и достоверной информации, необходимой для органов власти, заинтересованных сторон и общественности в целях сохранения биоразнообразия и его рационального использования. Развитие системы мониторинга предусматривает формирование обширной сети наблюдений, картографирование экологически уязвимых зон, усовершенствование методов прогнозирования на базе анализа собранных данных, углубленный анализ экологических рисков и интеграцию новейших технологий для детального исследования растительного покрова. Такие инициативы направлены на укрепление эффективности экологического мониторинга, способствуя устойчивому развитию и экологической безопасности.

Р.Я. Чуйков и Ю.С. Чуйкова освещают перспективы использования искусственного интеллекта и геоинформационных систем для улучшения анализа и интеграции данных в решении сложных экологических задач. Основное внимание в работе уделяется проблеме гармонизации данных, часто избыточных или имеющих различные источники. Авторы подчеркивают ограниченность «удаленного зондирования, которое претерпевает изменения, ставя под сомнение долгосрочную применимость таких данных» и выделяют значимость ГИС-технологий и ИИ для точного прогнозирования климатических изменений и их воздействия на экосистемы. Исследование подчеркивает важность комплексного подхода, совмещающего машинное обучение и специализированные ГИС-алгоритмы, для повышения эффективности мониторинга окружающей среды и оптимизации управленческих решений в сфере охраны природы [6].

В рамках разработки передового методологического подхода к эффективному управлению и стратегическому планированию охраняемых природных ареалов, исследовательская группа под руководством Анарбаева М. и Непоклонова В.Б. [5] акцентирует внимание на интеграции

комплекса современных технологических инноваций и методов аналитики. В этой связи, применение современных технологий мониторинга биоразнообразия, такие как автономные датчики температуры окружающей среды, видео-фотоловушки и спутниковые технологии дают возможность получать достоверные данные о состоянии экосистемы и дикой природы. Данный подход не только уточняет границы приоритетных зон для усиленной охраны, но и предоставляет возможность прогнозировать экологические изменения, вызванные внешними воздействиями, включая климатические сдвиги. Автоматизация процесса дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли значительно повышает эффективность сбора информации о состоянии природных территорий, формируя твердую основу для разработки устойчивых стратегий охраны и управления этими территориями. Внедрение передовых технологических решений в экологическую науку и практику охраны природы открывает новые возможности для улучшения результативности природоохранной работы и глубокого изучения уникальных и находящихся под угрозой исчезновения видов флоры и фауны.

В контексте адаптивного ландшафтного планирования и землеустройства, особое значение приобретает вопрос устойчивого развития и охраны сельскохозяйственных угодий через комплексную оценку и мультиуровневое управление, охватывающее все от государственного до локального уровней организации агропроизводства. Использование геоинформационных систем в анализе агроландшафтов открывает пути к определению наиболее рациональных методов их использования и защиты. В рамках исследовательского проекта, руководимого Чиглинцевой Е.С. и её научной группой, был осуществлен анализ с текущими и потенциальными экологическими вызовами, способными привести к катастрофам как местного, так и всемирного

масштаба. Основное внимание уделено механизмам прогнозирования данных изменений с целью их интеграции в процессы стратегического планирования и управления на производственных предприятиях. Такой подход направлен на формирование эффективных стратегий адаптации и минимизации рисков возникновения экологических аварий. В исследовании акцентируется важность разработки и внедрения комплексных методик оценки и управления экологическими рисками на уровне предприятий, что позволяет не только прогнозировать, но и предотвращать возможные негативные последствия для окружающей среды.

Заключение

В данном исследовании акцентируется внимание на стратегической роли геоинформационных систем в области экологии, освещая их неоценимый вклад в усилия по защите окружающей среды и эффективному управлению природными ресурсами. С учетом масштабных глобальных вызовов, связанных с экологической безопасностью и устойчивым развитием, ГИС представляют собой инновационный инструмент, который обеспечивает комплексный анализ и прогнозирование изменений экосистем. Это, в свою очередь, является ключом к разработке научно подкрепленных, целенаправленных стратегий и практических действий, направленных на оптимизацию взаимодействия человека с природой и повышение экологической устойчивости территорий.

Кроме того, применение ГИС способствует повышению эффективности освоения природных ресурсов, минимизации рисков возникновения техногенных аварий и катастроф, а также усиливает контроль за соблюдением экологических норм и стандартов. В контексте рассмотрения данной проблемы особое внимание уделяется анализу взаимосвязи между технологическим прогрессом в области ГИС и

потребностями современного экологического управления, выявляются ключевые направления и перспективы их развития в целях обеспечения устойчивого развития и охраны окружающей среды. Поэтому возникает необходимость интегрировать большие объемы данных различной природы: экологические, картографические, биологические, географические и многие другие, а эффективное управление и анализ этих данных является одним из наиболее сложных аспектов в области экологии.

Следует отметить, что ГИС не просто упрощают и ускоряют процесс экологической оценки, но и открывают новые возможности для понимания сложных экосистемных взаимодействий и оценки воздействия человеческой деятельности на окружающую среду. Возможности данной системы, направленные на развитие и охрану биоразнообразия представляют практически безграничными, что, без сомнения, делает их неотъемлемой частью современной экологической науки и практики.

Таким образом, ГИС в рамках современного экологического развития, представляют собой ключевой инструмент в борьбе с экологическими проблемами и вопросами устойчивого природопользования, предоставляя дальнейшее развитие и интеграцию геоинформационных технологий в экологическое планирование и управление.

Список литературы

1. Геоинформационное моделирование метагеосистем города для принятия управленческих решений в сфере экологии / А. А. Ямашкин, Ямашкин, В. А. Шабайкина [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2023. – № 8. – С. 76-85.

2. Гирич, К. Г. Мониторинг земель с использованием методов дистанционного зондирования и геоинформационных технологий / К. Г. Гирич, Ю. В. Столбов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2023. – № 5(131).

3. Мониторинг биоразнообразия при проведении геолого-разведочных работ на особо охраняемой природной территории / Ю. Г. Безродный, В. В. Новикова, М. Л. Опарин [и др.] // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2019. – № 5(290). – С. 27-32.

4. Мониторинг растительного мира в Беларуси и его роль в сохранении биоразнообразия и природных ресурсов / А. Судник, И. Вознячук, Н. Грищенко, А. Пугачевский // Наука и инновации. – 2023. – № 5(243). – С. 60-65.

5. Непоклонов, В. Б. Применение геоинформационных технологий при исследовании изменений структуры землепользования территорий по материалам многозональной космической съемки / В. Б. Непоклонов, Д. А. Хабаров, И. А. Хабарова // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). – 2020. – Т. 25, № 2. – С. 151-159.

6. Основные принципы использования геоинформационных систем в экологии и природопользовании / Е. С. Чиглинцева, Р. М. Хазиахметов, Л. З. Тельцова, Г. Ф. Габидуллина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2023. – № 7(133).

References

1. Geoinformacionnoe modelirovanie metageosistem goroda dlya prinyatiya upravlencheskix reshenij v sfere e`kologii / A. A. Yamashkin, Yamashkin, V. A. Shabajkina [i dr.] // Uspexi sovremennogo estestvoznaniya. – 2023. – № 8. – S. 76-85.

2. Girich, K. G. Monitoring zemel` s ispol`zovaniem metodov distancionnogo zondirovaniya i geoinformacionny`x texnologij / K. G. Girich, Yu. V. Stolbov // Mezhdunarodny`j nauchno-issledovatel`skij zhurnal. – 2023. – № 5(131).

3. Monitoring bioraznoobraziya pri provedenii geologo-razvedochny`x rabot na osobo ohranyaemoj prirodnoj territorii / Yu. G. Bezrodny`j, V. V. Novikova, M. L. Oparin [i dr.] // Zashhita okruzhayushhej sredy` v neftegazovom komplekse. – 2019. – № 5(290). – S. 27-32.

4. Monitoring rastitel`nogo mira v Belarusi i ego rol` v soxranenii bioraznoobraziya i prirodny`x resursov / A. Sudnik, I. Voznyachuk, N. Grishhenkova, A. Pugachevskij // Nauka i innovacii. – 2023. – № 5(243). – S. 60-65.

5. Nepoklonov, V. B. Primenenie geoinformacionny`x texnologij pri issledovanii izmenenij struktury` zemlepol`zovaniya territorij po materialam mnogozonal`noj kosmicheskoy s`emki / V. B. Nepoklonov, D. A. Xabarov, I. A. Xabarova // Vestnik SGUGiT (Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta geosistem i texnologij). – 2020. – Т. 25, № 2. – S. 151-159.

6. Osnovny`e principy` ispol`zovaniya geoinformacionny`x sistem v e`kologii i prirodnopol`zovanii / E. S. Chiglinceva, R. M. Xaziaxmetov, L. Z. Tel`czova, G. F. Gabidullina // Mezhdunarodny`j nauchno-issledovatel`skij zhurnal. – 2023. – № 7(133).