

Онгорова Н. Т.

Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова

E-mail: tachkaewa-nt5@yandex.ru

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ: ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ ПРИРОДНЫМИ РЕСУРСАМИ

В статье рассматривается применение цифровых технологий ГИС, ИИ, IoT и блокчейн в экологическом менеджменте для повышения точности мониторинга и адаптивного управления природными ресурсами. Особое внимание уделяется интеграции этих инструментов для создания гибридных, взаимодействующих систем для сложной динамики экосистем. Исследование пропагандирует междисциплинарный подход для обеспечения прозрачных, справедливых и устойчивых методов управления ресурсами.

Ключевые слова: *цифровые технологии, экологический менеджмент, устойчивое управление ресурсами, геоинформационные системы, искусственный интеллект*

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. Растущая сложность и актуальность глобальных экологических проблем подчеркивает необходимость инновационных подходов к эффективному управлению природными ресурсами. Современное природопользование все больше формируется за счет интеграции цифровых технологий, которые позволяют решать проблемы многогранного давления на экосистемы. Эти технологии способны изменить методы мониторинга, управления и сохранения природных ресурсов, обеспечивая устойчивость и жизнеспособность в условиях продолжающейся деградации окружающей среды.

Деградация экосистем в результате антропогенной деятельности, такой как вырубка лесов, загрязнение окружающей среды и чрезмерная эксплуатация ресурсов, переросла в глобальный кризис. Как отмечает Е. Н. Абанина, традиционные методы управления окружающей средой становятся все более неадекватными, чтобы справиться с растущей сложностью и масштабами экологических проблем [1]. В связи с этим возникает острая потребность в инновационных стратегиях, способных повысить точность и эффективность методов управления ресурсами. Внедрение цифровых технологий в эту сферу является поворот-

ным моментом, позволяющим более адаптивно и в режиме реального времени реагировать на экологические изменения.

Усиливающееся антропогенное давление на природные экосистемы требует внедрения передовых цифровых решений, выходящих за рамки традиционных подходов к управлению. В обширном обзоре С. В. Анахова подчеркивается, что применение цифровых технологий, таких как геоинформационные системы (ГИС), дистанционное зондирование и искусственный интеллект, позволяет улучшить мониторинг и анализ экологических данных, что имеет решающее значение для адаптивного управления природными ресурсами [2]. Эти технологии могут предложить возможности прогнозирования, которые необходимы для предвидения изменений в окружающей среде и смягчения потенциальных последствий, что способствует более устойчивому управлению экосистемами.

Цифровые технологии стали преобразующими инструментами в стремлении к устойчивому управлению природными ресурсами. По мнению А. С. Анциферовой, внедрение таких технологий способствует разработке комплексных систем управления, сочетающих сбор данных в режиме реального времени, передовое моделирование и системы поддержки принятия ре-

шений [3]. Например, ГИС и дистанционное зондирование позволяют вести непрерывное наблюдение за изменениями в землепользовании, качеством воды и динамикой биоразнообразия, обеспечивая критически важные сведения, которые используются при разработке стратегий сохранения и принятии политических решений. Кроме того, применение искусственного интеллекта и алгоритмов машинного обучения расширяет возможности обработки больших массивов данных, повышая точность экологических прогнозов и результатов управления [3].

Интеграция цифровых технологий в экологическую практику в последние годы получила значительное развитие, о чем свидетельствует С. В. Анахов, отмечая растущий объем исследований, посвященных практическому применению этих технологий для экологического мониторинга и управления ресурсами [2]. Современные исследования подчеркивают потенциал сочетания различных цифровых инструментов, таких как Интернет вещей (IoT) и технология блокчейн, для создания более надежных и прозрачных систем управления природными ресурсами. Н. П. Назарова рассказывает о преимуществах использования нейронных сетей для сортировки отходов, подчеркивая, как эти цифровые инновации могут оптимизировать использование ресурсов и снизить воздействие на окружающую среду [5]. Кроме того, в исследовании М. Реджепова и др. рассматривается интеграция зеленых технологий в устойчивое развитие городов, подчеркивается роль экологических технологий в формировании экологически чистых городов и экономик [6].

В целом имеющаяся литература демонстрирует четкую тенденцию к принятию цифровых инноваций в качестве важнейших компонентов современных практик экологического менеджмента. Эти технологии не только предоставляют инструменты для более эффективного мониторинга и принятия решений, но и способствуют раз-

работке более устойчивых и адаптивных механизмов управления, которые имеют решающее значение для решения текущих и будущих экологических проблем.

Объектом исследования являются экосистемы и природные ресурсы, подвергающиеся антропогенному воздействию. Сюда входят различные экологические условия, такие как леса, водные системы, почвенная среда и агроэкосистемы, каждая из которых сталкивается с различными проблемами, вызванными деятельностью человека, и требует целенаправленных стратегий управления.

Предметом исследования являются инновационные цифровые технологии, используемые в управлении природными ресурсами. Речь идет о применении геоинформационных систем (ГИС), дистанционного зондирования, искусственного интеллекта (ИИ), машинного обучения, Интернета вещей (IoT) и технологий блокчейн для мониторинга, прогнозирования и оптимизации экологических процессов и использования ресурсов.

Задачи исследования:

- оценка эффективности цифровых технологий в мониторинге и управлении экосистемами;
- анализ современных инновационных подходов и их влияния на устойчивое развитие;
- выявление перспективных направлений применения цифровых технологий в экологической практике;
- сравнение и оценка эффективности различных технологий в управлении природными ресурсами.

Методика исследования. В исследовании проведен комплексный обзор литературы для анализа последних исследований и публикаций по цифровым технологиям в экологическом менеджменте. Проводится сравнительный анализ для оценки инновационных подходов, таких как ГИС, ИИ и IoT-приложения. Качественный и количественный анализ данных используется для оценки эффективности этих технологий в

мониторинге и управлении экосистемами. Кроме того, рассматриваются примеры успешных проектов с использованием цифровых технологий в экологической практике, чтобы дать практическое представление и оценить их влияние на устойчивое управление ресурсами.

Изложение материала. Внедрение цифровых технологий в природопользование привело к значительному прогрессу в области мониторинга и устойчивого управления природными ресурсами. Географические информационные системы (ГИС) и дистанционное зондирование являются одними из наиболее широко используемых инструментов мониторинга лесных и водных объектов. Как подчеркивает С. В. Анахов, технология ГИС позволяет систематически собирать, анализировать и визуализировать пространственные данные, что дает возможность эффективно отслеживать темпы обезлесения, качество воды и другие важнейшие экологические показатели [2]. Дистанционное зондирование с помощью спутниковых и беспилотных систем обеспечивает комплексные данные о состоянии и динамике экосистем в режиме реального времени, что имеет решающее значение для принятия решений в области управления окружающей средой [2].

Искусственный интеллект (ИИ) еще больше расширяет возможности моделирования и прогнозирования экологических изменений, позволяя принимать упреждающие меры. А. С. Анциферова рассказывает о том, как алгоритмы машинного обучения могут обрабатывать огромные массивы данных для выявления закономерностей и прогнозирования потенциальных экологических сдвигов, таких как изменение биоразнообразия или воздействие климата [3]. Эти прогностические модели особенно ценны для сценарного планирования и оценки рисков, позволяя политикам и руководителям природоохранных служб разрабатывать адаптивные стратегии, смягчающие неблагоприятные экологические последствия [3].

Интернет вещей (IoT) представляет собой еще одну преобразующую технологию для мониторинга и управления природными ресурсами в режиме реального времени. Системы IoT объединяют различные датчики, которые непрерывно собирают данные о параметрах окружающей среды, таких как влажность почвы, качество воздуха и температура. Как отмечает С. В. Анахов, эти данные передаются на централизованные платформы для анализа в режиме реального времени и принятия решений, что значительно повышает оперативность и точность методов управления природопользованием [2]. Внедрение IoT не только оптимизирует использование ресурсов, но и позволяет динамично реагировать на изменения окружающей среды.

Технология блокчейн стала важнейшим инструментом для обеспечения прозрачности и прослеживаемости в управлении ресурсами. По мнению М. Реджепова и др., блокчейн можно использовать для создания неизменяемых записей об использовании ресурсов и транзакциях, что способствует подотчетности и снижает риск эксплуатации ресурсов и коррупции [6]. Эта технология особенно полезна для управления сложными цепочками поставок в таких секторах, как лесное хозяйство и рыболовство, где незаконная деятельность может существенно повлиять на усилия по обеспечению устойчивости.

Несколько успешных внедрений этих цифровых технологий иллюстрируют их влияние на устойчивое развитие. Например, Е. Н. Абанина приводит пример использования ГИС и ИИ для управления охраняемой лесной территорией, что привело к повышению эффективности мониторинга на 30 % и значительному сокращению незаконных рубок [1]. Аналогичным образом Н. П. Назарова описывает использование нейронных сетей для оптимизации процессов сортировки отходов, что привело к повышению эффективности переработки на 20 % и снижению затрат на управление отходами [5]. Эти примеры

подчеркивают потенциал цифровых инноваций для развития устойчивых практик и содействия достижению более широких целей сохранения окружающей среды и эффективности использования ресурсов.

Выводы и направление дальнейших исследований. Анализ цифровых технологий в сфере природопользования показывает их значительный потенциал для повышения устойчивости и жизнестойкости экосистем. Применение географических информационных систем (ГИС), дистанционного зондирования, искусственного интеллекта (ИИ), Интернета вещей (IoT) и блокчейн-технологий продемонстрировало значительную эффективность в мониторинге, прогнозировании и управлении экологическими процессами и природными ресурсами. Эти технологии способствуют получению пространственных и временных данных высокого разрешения, что позволяет принимать более обоснованные решения и осуществлять точные вмешательства. Интеграция моделей, основанных на искусственном интеллекте, и систем мониторинга в реальном времени на базе IoT обеспечивает надежную основу для адаптивных стратегий управления, позволяя динамично реагировать на изменения окружающей среды и антропогенное давление.

Однако, несмотря на доказанные преимущества, при внедрении этих технологий остаются серьезные проблемы и пробелы, которые требуют дальнейшего изучения. Например, неоднородность экосистем, а также разброс в качестве и доступности данных существенно ограничивают обобщаемость цифровых решений в различных экологических контекстах. Кроме того, необходимо разработать более слож-

ные алгоритмы и модели, способные учитывать сложные нелинейные взаимодействия в экосистемах, поскольку современные приложения ИИ часто опираются на упрощенные предположения, которые могут не в полной мере отражать тонкости природных процессов.

Будущие исследования должны быть направлены на повышение операционной совместимости и масштабируемости цифровых платформ для обеспечения беспрепятственной интеграции в различные системы экологического менеджмента. Это включает в себя разработку гибридных моделей, сочетающих в себе несколько цифровых технологий, например, интеграцию ГИС с ИИ и IoT для получения более полного и многомерного представления о динамике экосистем. Кроме того, существует острая необходимость в междисциплинарных подходах, включающих социальные, экономические и правовые аспекты в разработку и внедрение цифровых инструментов, для решения вопросов, связанных с конфиденциальностью данных, управлением и справедливостью в управлении ресурсами.

Наконец развитию цифровых технологий в экологии будут способствовать совместные усилия, в которых участвуют не только технологи и ученые-экологи, но и политики, местные сообщества и заинтересованные стороны. Благодаря такому сотрудничеству будущие исследования смогут разработать более конкретные и инклюзивные цифровые вмешательства, которые повысят эффективность управления природными ресурсами и будут способствовать достижению целей устойчивого развития.

Список источников

1. Абанина Е. Н. Цифровые технологии в сфере обеспечения экологической безопасности: состояние и перспективы использования // Тамбовские правовые чтения имени Ф. Н. Плевако : материалы IV международной научно-практической конференции : в 2 т. Тамбов : Державинский, 2020. Т. 2. С. 374–378. EDN FPZSBU

2. Анахов С. В. Цифровые технологии в экологической практике // Экологическая безопасность в техносферном пространстве : сборник материалов 5-й международной научно-

практической конференции преподавателей, молодых ученых и студентов. Екатеринбург : РГППУ, 2022. С. 22–31. EDN BFTOAU

3. Анциферова А. С. Цифровые технологии в решении экологических проблем // ВУЗ и реальный бизнес. 2021. Т. 1. С. 206–211.

4. Архипова Н. В., Печникова А. Г. Анализ инвестиционных вложений в экологию регионов // Известия высших учебных заведений. Серия : Экономика, финансы и управление производством. 2022. № 2 (52). С. 75–81.

5. Назарова Н. П. Преимущества применения нейронной сети для сортировки отходов // Профессиональные коммуникации в научной среде — фактор обеспечения качества исследований : материалы XIII всероссийской научно-практической конференции, Альметьевск, 16 апреля 2024 года. СПб. : Сциентиа, 2024. С. 89–91. EDN RQFAYF

6. Green innovations in construction: how environmental technologies shape the economy of sustainable cities / M. Redzhepov, N. Nazarova, V. Cherkina, T. Romanishina // E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 515. P. 03004. EDN ZXCQBI. DOI: 10.1051/e3sconf/202451503004

© Онкорова Н. Т.

**Рекомендована к печати инженером отдела социально-гигиенического мониторинга
Филиала Центра гигиены и эпидемиологии в Луганской Народной Республике в г. Алчевске
Тарабцевым Д. В.,
Научным руководителем Молодежной научно-исследовательской лаборатории геоэкологии
и прикладной химии ДонГТУ Долгих В. П.**

Статья поступила в редакцию 20.09.2024.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Онкорова Наталья Тухтаровна, канд. биол. наук, доцент
Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова,
г. Элиста, Республика Калмыкия, Россия
e-mail: machkaewa-nt5@yandex.ru

Onkorova N. T. (Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov, Elista, Republic of Kalmykia, Russia, e-mail: machkaewa-nt5@yandex.ru)

DIGITAL TECHNOLOGIES IN ENVIRONMENTAL PRACTICE: INNOVATIVE APPROACHES TO NATURAL RESOURCE MANAGEMENT

This paper examines the application of digital technologies such as GIS, AI, IoT and blockchain in environmental management to improve the accuracy of monitoring and adaptive management of natural resources. Particular attention is paid to the integration of these tools to create hybrid, interacting systems for complex ecosystem dynamics. The study advocates an interdisciplinary approach to ensure transparent, equitable and sustainable resource management practices.

Keywords: digital technologies, environmental management, sustainable resource management, geographic information systems, artificial intelligence.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Onkorova Natalia Tukhtarovna, PhD in Biology, Associate Professor of the Department of General Biology and Physiology
Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov,
Elista, Republic of Kalmykia, Russia,
e-mail: machkaewa-nt5@yandex.ru