

УДК 574.5

Матмуратов Муратбай Алламуратович

Доктор философии по биологическим наукам (PhD), доцент

Икметова Дилбар Сарсенбай кизи

Студентка 1 курса по направлению бакалавриата

«Экология и охрана окружающей среды»

Каракалпакский государственный университет им. Бердаха

Республика Узбекистан

СОВРЕМЕННЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В ГИДРОБИОЛОГИИ

Аннотация

Статья посвящена обзору современных инновационных методов исследования в гидробиологии, направленных на изучение водных экосистем и их реакции на антропогенные и климатические изменения. Рассматриваются ключевые подходы, включая анализ экологической ДНК (eDNA), метагеномику, дистанционное зондирование, автоматизированный мониторинг с использованием датчиков и автономных подводных аппаратов, а также применение искусственного интеллекта для анализа больших данных.

Ключевые слова: экосистема, биоразнообразие, климат, метод, инновация.

Matmuratov Muratbay Allamuratovich

Doctor of Philosophy in Biological Sciences (PhD), Associate Professor

Ikmetova Dilbar Sarsenbay kizi

1st year student in the bachelor's program

"Ecology and Environmental Protection"

Karakalpak State University named after Berdakh

Republic of Uzbekistan

MODERN INNOVATIVE RESEARCH METHODS IN HYDROBIOLOGY

Abstract

The article is devoted to an overview of modern innovative research methods in hydrobiology aimed at studying aquatic ecosystems and their response to anthropogenic and climate change. Key approaches are considered, including environmental DNA (eDNA) analysis, metagenomics, remote sensing, automated monitoring using sensors and autonomous underwater vehicles, as well as the use of artificial intelligence for big data analysis.

Key words: *ecosystem, biodiversity, climate, method, innovation.*

Введение

Гидробиология, как наука, изучающая жизнь в водных экосистемах, играет ключевую роль в понимании экологических процессов, поддержании биоразнообразия и решении проблем, связанных с изменением климата и антропогенным воздействием. В последние десятилетия развитие технологий привело к появлению инновационных методов, которые значительно расширили возможности исследований в этой области. Современные подходы, такие как молекулярные технологии, дистанционное зондирование и искусственный интеллект, позволяют более точно анализировать состояние водных экосистем, прогнозировать изменения и разрабатывать стратегии их сохранения. Цель данной статьи — рассмотреть ключевые инновационные методы в гидробиологии, их применение и перспективы развития.

Материалы и методы

Для анализа современных инновационных методов в гидробиологии были изучены научные публикации за последние 10 лет, доступные в базах данных Web of Science, Scopus и eLibrary. Основное внимание уделялось следующим направлениям: молекулярная экология (ДНК-метабаркодирование, eDNA), дистанционное зондирование (спутниковые и дроновые технологии), автоматизированные системы мониторинга и методы анализа данных с использованием искусственного интеллекта (ИИ). Также были рассмотрены примеры применения этих методов в исследованиях пресноводных и морских экосистем.

Результаты и обсуждения

Одним из наиболее значимых достижений в гидробиологии стало использование анализа экологической ДНК (eDNA). Этот метод позволяет определять присутствие видов в водной среде по следам их генетического материала (например, чешуи, слизи, экскрементов), без необходимости их прямого наблюдения. eDNA активно применяется для мониторинга редких и инвазивных видов, а также для оценки биоразнообразия. Например, исследования в Великих озерах США показали, что eDNA позволяет обнаружить инвазивных рыб, таких как азиатский карп, с точностью до 95% даже при низкой плотности популяции.

Метабаркодирование, использующее высокопроизводительное секвенирование (NGS), дает возможность анализировать целые сообщества микроорганизмов, фитопланктона и зоопланктона. Этот метод помогает выявлять изменения в структуре сообществ под воздействием загрязнения или изменения климата.

Спутниковые технологии и беспилотные летательные аппараты (дроны) стали важным инструментом для мониторинга водных экосистем. Спутники, такие как Sentinel-2 и Landsat, предоставляют данные о температуре вод, концентрации хлорофилла, мутности и других параметрах. Эти данные используются для оценки цветения водорослей, эвтрофикации и изменения качества воды. Например, в Балтийском море спутниковый мониторинг позволил выявить зоны гипоксии и разработать меры по их устранению.

Дроны, оснащенные мультиспектральными камерами, обеспечивают высокое пространственное разрешение и применяются для изучения прибрежных зон и мелководных экосистем. Их использование в Австралии для мониторинга коралловых рифов показало высокую эффективность в выявлении теплового стресса кораллов.

Автоматизированные станции мониторинга, оснащенные датчиками для измерения pH, температуры, растворенного кислорода и других

параметров, позволяют проводить непрерывный сбор данных в реальном времени. Такие системы, как Argo floats в океанологии, собирают информацию о физических и химических характеристиках морской воды на глубинах до 2000 м. В пресноводных системах подобные технологии используются для отслеживания сезонных изменений и антропогенного воздействия.

ИИ и машинное обучение (ML) находят широкое применение в обработке больших массивов данных, получаемых из различных источников. Например, алгоритмы ML используются для прогнозирования цветения токсичных водорослей на основе данных о температуре, питательных веществах и погодных условиях. В исследованиях Каспийского моря модели ИИ позволили предсказать изменения в популяциях планктона с точностью до 90%. Кроме того, ИИ применяется для анализа изображений, полученных с дронов и спутников, для автоматического распознавания объектов, таких как скопления водорослей или мусора.

Применение инновационных методов в гидробиологии значительно расширяет возможности исследований, позволяя проводить более точный и масштабный мониторинг водных экосистем. eDNA и метабаркодирование открывают новые горизонты для изучения биоразнообразия, особенно в труднодоступных районах. Дистанционное зондирование и автоматизированные системы обеспечивают непрерывный поток данных, что особенно важно для оперативного реагирования на экологические угрозы, такие как разливы нефти или цветение водорослей. ИИ, в свою очередь, ускоряет обработку данных и повышает точность прогнозов.

Однако существуют и ограничения. Например, eDNA требует высокой точности в сборе проб, чтобы избежать ложных результатов, а спутниковые данные могут быть ограничены облачностью или низким разрешением. Кроме того, внедрение этих технологий требует значительных финансовых вложений и квалифицированных специалистов, что может быть проблемой для развивающихся стран.

Заключение

Современные инновационные методы, такие как eDNA, дистанционное зондирование, автоматизированные системы мониторинга и ИИ, революционизируют гидробиологию, предоставляя новые инструменты для изучения и сохранения водных экосистем. Их дальнейшее развитие и интеграция позволят не только глубже понять процессы, происходящие в водоемах, но и эффективнее решать экологические проблемы. Перспективы включают расширение доступности этих технологий, разработку более точных моделей и интеграцию данных из различных источников для создания глобальных систем мониторинга.

Использованные источники:

1. Зинченко Т.Д., Розенберг Г.С. Основные направления развития гидробиологии // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера» 2023, т. 15, № 1. - С.46-64.
2. Ключкова Н. Г. Гидробиология. Программа курса и методические указания к изучению дисциплины для обучающихся направления подготовки 06.06.01 «Биологические науки», направленность (профиль) подготовки «Гидробиология». – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2016. – 16 с.
3. Thomsen, P. F., & Willerslev, E. (2015). Environmental DNA – An emerging tool in conservation for monitoring past and present biodiversity. *Biological Conservation*, 183, 4-18.
4. Hu, C., et al. (2018). Satellite remote sensing of harmful algal blooms: Progress and challenges. *Remote Sensing of Environment*, 209, 510-523.
5. Li, J., et al. (2021). Machine learning in plankton ecology: A review of applications and future directions. *Limnology and Oceanography*, 66(5), 1456-1470.
6. Argo Program. (2023). Global ocean observing system: Argo floats. *Oceanography*, 36(2), 45-53.