



УДК 504.064.3

## МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

**Михеева Вероника Анатольевна**, студент  
ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта».  
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

**Лыкова Елена Сергеевна**, к.э.н., доцент кафедры экономики и менеджмента  
ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта».  
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

*Аннотация.* В статье рассматриваются перспективы применения БПЛА для мониторинга экологического состояния рек и водохранилищ Волжского бассейна. Использование БПЛА в качестве современного метода для дистанционного экологического мониторинга способно существенно снизить экологические риски, тем самым повышая экономическую безопасность Приволжского федерального округа. Выявлены преимущества данного метода в сравнении с существующими традиционными методами экологического мониторинга. Проанализирована эффективность применения БПЛА для обеспечения экологической безопасности регионов по различным направлениям.

*Ключевые слова:* водные объекты, беспилотный летательный аппарат (БПЛА), экологический мониторинг, дистанционный мониторинг, экономическая безопасность, экологические проблемы.

Водные объекты Волжского бассейна – реки и водохранилища – являются основой жизни и благосостояния для населения его регионов, составляющего на данный момент почти 57 млн. человек. Площадь Волжского бассейна составляет 8% территории России, на которой проживает 40% населения нашей страны, и почти 13% территории Европы. В Волгу впадают 2600 рек, а всего в бассейне насчитывается более 150 тысяч водотоков длиной более 10 км. Общая протяжённость внутренних водных путей Волжского бассейна – 9252,3 км.

Для водных путей Волжского бассейна характерны внушительные показатели объемов грузоперевозок за навигацию по сравнению с объемами грузоперевозок в бассейнах других рек [1].

**-Объем грузоперевозок за навигацию по бассейнам рек**

Бассейны рек	2021г. млн. тонн	2022г. млн. тонн	2023г. млн. тонн
Волга	41,4	35,8	40,5
Обь	6,7	7,5	13,5
Енисей	2,8	3,7	3,3
Лена	1,5	1,5	1,6

В результате значительного сосредоточения промышленного и сельскохозяйственного производства РФ (45% и 50% соответственно) река Волга в сравнении с другими крупными реками России подвергается наибольшей степени загрязнения от сточных вод в результате хозяйственной деятельности человека. Размеры зон опасного загрязнения, которые образуются в местах сбросов крупных промышленных центров, могут достигать нескольких километров. В эпицентрах этих зон концентрация химических веществ может в десятки раз превышать фоновые показатели и ПДК. В результате этого происходит интенсивное накопление загрязняющих веществ в донных отложениях, что в свою очередь приводит к нарушению функционирования экосистемы.

Учитывая важность водных ресурсов Волжского бассейна для сохранения биоразнообразия и решения множества экологических проблем, наибольшую актуальность имеет дистанционный мониторинг водных объектов с использованием беспилотных летательных аппаратов, который в настоящее время является основным направлением применения БАС на территории России.

По данным, приведенным в «Стратегии развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года», утвержденной распоряжением Правительства РФ от 21 июня 2023 г. № 1630-р, доля отрасли беспилотной авиации в валовом внутреннем продукте Российской Федерации составляет менее 0,1% [2]. Несмотря на такой низкий показатель, российский рынок беспилотной авиации имеет существенный потенциал и перспективы дальнейшего развития. Премьер-министр РФ Михаил Мишустин подчеркнул, что авиационная промышленность, включая производство БПЛА, входит в число приоритетных направлений господдержки, направленной на повышение уровня локализации производства [3].

В 2022 году объем российского рынка беспилотных летательных аппаратов составил около 23 млрд. рублей; в 2023 году - более 50 млрд. рублей; согласно прогнозам, к 2030 году он вырастет до 120 млрд. долларов.

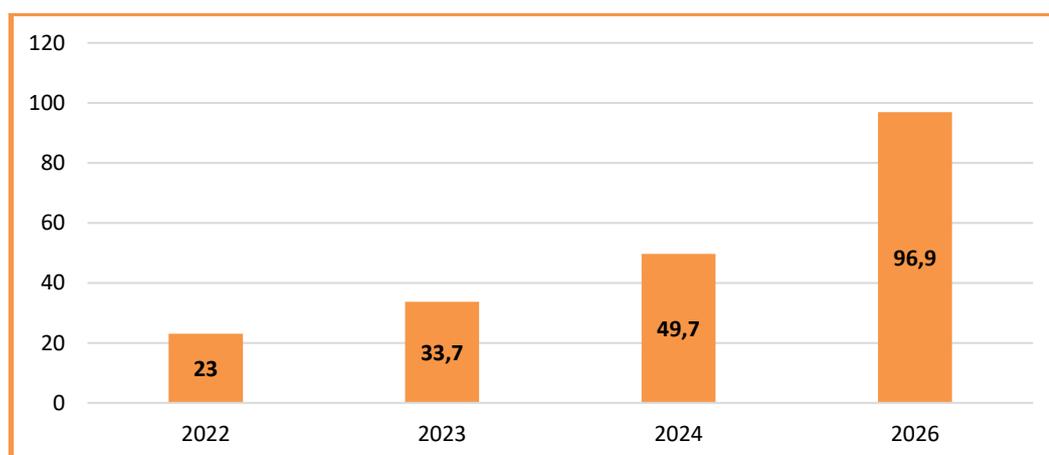


Рис.1. Российский рынок производства БПЛА

Наибольший рост использования БПЛА согласно прогнозам ожидается в сельском хозяйстве, природном надзоре и экомониторинге. Мониторинг водных объектов представляет собой совокупность мероприятий, направленных на систематическое наблюдение, оценку, а также прогнозирование состояния водных объектов под воздействием различных природных и антропогенных факторов. Существующие в настоящее время способы определения изменений параметров водной среды и антропогенного воздействия на нее достаточно трудоемкие и весьма дорогостоящие. Зачастую очень сложно обеспечить доставку оборудования на удаленные или опасные объекты. Сбор информации происходит «вручную», с берега или плавательного средства, что значительно замедляет процесс и делает его опасным для жизни человека [4].

Беспилотные авиационные системы существенно расширяют исследовательские возможности, позволяя проводить необходимые наблюдения вне зависимости от местоположения объекта и оперативно получать подробные данные. С помощью БПЛА можно повысить частоту сбора данных из разных точек водного объекта при существенной экономии времени на передвижение и логистику материалов. Оснащение БПЛА сенсорами и мультиспектральными камерами даст возможность сбора дополнительной информации. Например, используя камеры в установленном УФ - диапазоне, можно изучать качества воды и собирать информацию о наличии водорослей, различных видов бактерий, а также беспозвоночных животных и ракообразных. БПЛА, оснащенные датчиком проводимости, температуры и глубины, могут измерять состояние воды на глубине до 100 м [4].

Применение современных БПЛА для решения различных экологических проблем водных объектов Волжского бассейна имеет очень важное значение. Эффективность их применения при обеспечении экологической безопасности возможна по следующим направлениям:

1. Постоянный непрерывный мониторинг водной среды: контроль ее состояния с возможностью сбора данных о составе воды, используя современные технологии. Беспилотники оснащают герметичными контейнерами для сбора проб воды. Полученные данные анализирует ИИ, который с высокой точностью определяет тип загрязнения. Такой способ существенно снижает риски, связанные с отбором проб растворенных химических веществ (<0,22 мкм) из воды с труднодоступных территорий [4].

2. Прогнозирование или обнаружение цветения водорослей в режиме реального времени. Наиболее распространенным биологическим параметром для оценки качества водоемов является оценка численности фитопланктона. Образование «цветений» фитопланктона является одной из тревожных реакций на антропогенное загрязнение и глобальной угрозой для водных экосистем [5]. На Горьковском, Чебоксарском и Куйбышевском водохранилищах, несмотря на их большие размеры, это явление можно наблюдать ежегодно в конце июля - начале августа. Сине-зеленые водоросли размножаются потому, что их подпитывают неочищенные стоки из канализации, со свалок и удобрения с полей. Большое содержание цианотоксинов, выделяемых водорослями, создает проблемы для гидробионтов, животных и людей.

Способы раннего предупреждения цветения фитопланктона, используемые в настоящее время, обладают существенными недостатками: отбор проб должен быть быстрым и охватывать несколько мест и, в идеале, несколько глубин под водой, а это неудобно и зачастую труднодостижимо. Это препятствует выявлению потенциальных угроз окружающей среде. Несмотря на использование автоматизированных приборов, мониторинг фитопланктона осуществляется специально обученным квалифицированным персоналом, что делает этот процесс трудоёмким, сложным и дорогостоящим [5].

Таким образом, мониторинг водных экосистем значительно выиграет от использования БПЛА для отбора проб фитопланктона, которые позволяют брать несколько проб в прибрежных и/или труднодоступных местах, оперативно отслеживая массовое скопление микроводорослей.

3. Для ранней диагностики абразионной и оползневой опасности побережий волжских водохранилищ с целью определения для них прогнозных оценок, важное значение имеет полнота и детальность качественных и количественных характеристик. Однако выполнение детальных натурных измерений – весьма трудоемкий процесс, который требует значительных временных затрат, несмотря на использование современного геодезического оборудования. Крупномасштабные снимки, полученные из космоса, существенно облегчают диагностику опасных зон. Но проведение космических съемок само по себе дорогостоящее мероприятие. Конечно, можно использовать уже имеющиеся снимки, но в этом случае возникают проблемы с их временной последовательностью и необходимым пространственным разрешением [6]. Использование современных беспилотных летательных аппаратов способно оказать существенную помощь при решении подобных задач.

4. Анализ состояния гидротехнических сооружений и водохранилищ. БПЛА обладают превосходной маневренностью и возможностью съемки в самых труднодоступных местах в любых, даже самых сложных погодных условиях.

5. Своевременное обнаружение загрязнений. Воздействие хозяйственной деятельности человека на Волгу сейчас настолько серьезное, что река не успевает самостоятельно очищаться. Именно поэтому безопасность для населения и экосистем водохранилищ напрямую зависит от качества и своевременности применения комплекса мероприятий по устранению обнаруженных промышленных сбросов. БПЛА способны мгновенно обнаруживать точку выброса промышленных отходов, помогают оценить масштаб проблемы и прогнозировать характер ее развития. Благодаря тому, что всю собранную информацию беспилотник передает в режиме реального времени, это способствует оперативному пресечению выбросов на начальном этапе. Таким образом, можно свести к минимуму ущерб для людей и окружающей среды, а также значительно облегчить и снизить стоимость работ по санированию.

Решение этих важных экологических задач посредством использования БПЛА на территории Волжского бассейна поможет избежать значительных экономических потерь в регионе. Применение БПЛА становится экономически выгодной альтернативой существующим традиционным методам мониторинга, поскольку обладает высокими показателями эффективности и качеством получаемых данных. Преимущества данного метода экологического мониторинга очевидны: относительно низкие затраты для получения результатов мониторинга, информативность полученных результатов, маневренность и свобода перемещения летательного аппарата, возможность съемки огромных по площади территорий, быстрое время обработки материалов [7].

В течение последних лет беспилотные летательные аппараты демонстрируют свои преимущества в сравнении с физическим трудом рабочих на предприятиях. Их применение в мониторинге экологического состояния водных объектов Волжского бассейна однозначно повысит экономическую эффективность работы предприятий и упростит процессы в профессиональной деятельности людей. Использование беспилотных аппаратов подразумевает значительное сокращение человеческого фактора, практически сводя его к нулю.

Дистанционный мониторинг состояния и исследования водной среды станут достаточно малобюджетными, если будут осуществляться с маломерных судов, оснащенных специальными посадочными площадками для БПЛА с использованием относительно простых и дешёвых технических средств и при небольшом количестве задействованных специалистов.

Относительная дешевизна и высокие функциональные характеристики современных потребительских БПЛА на данный момент позволяют им занять приоритетное место в исследованиях водной среды, значительно сокращая время, необходимое для проведения исследований и их стоимость. В самом ближайшем будущем прогнозируется неизбежный рост технических возможностей беспилотных летающих аппаратов при снижении их

стоимости, а это означает, что их значимость будет расширяться. Эффективный мониторинг и контроль за качеством водных объектов становятся все более необходимыми из-за роста числа промышленных производств, сельскохозяйственных объектов и других источников загрязнения водоемов на территории Волжского бассейна.

#### Список литературы:

1. Волжский бассейн завершил навигацию 2023 года. Режим доступа: <https://morflot.gov.ru/novosti/lenta/volzhskii-bassein-zavershil-navigatsiyu-2023-goda-rostom-gruzovykh-i-passazhirskikh-perevozok/> (дата обращения: 13.11.2024).
2. С Т Р А Т Е Г И Я развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года. Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/3m4AHa9s3PrYTDr316ibUtyEVUpnRT2x.pdf> (дата обращения 14.11.2024).
3. Как будет развиваться беспилотная авиация в России. Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2023/06/28/982797-kak-razvivatsya-bespilotnaya-aviatsiya-rossii> (дата обращения: 13.11.2024).
4. Удаленный мониторинг водных ресурсов с помощью ИИ и БПЛА. Режим доступа: <https://controlengrussia.com/perspektiva/udalennyj-monitoring/> (дата обращения: 15.11.2024).
5. Сбор образцов в прибрежной и подводной среде с помощью водно-воздушного дрона. Режим доступа: <https://www.frontiersin.org/journals/environmental-science/articles/10.3389/fenvs.2022.1023269/full> (дата обращения: 18.11.2024).
6. Лучников А.И. Опыт применения беспилотных летательных аппаратов для оценки состояния берегов поверхностных водных объектов / А.И. Лучников, Ю.С. Ляхин, А.П. Лепихин // Водное хозяйство России. – 2018.- № 1.- С. 37-46. Режим доступа: <https://waterjournal.ru/files/wj/1572246878.pdf> (дата обращения: 13.11.2024).
7. Овчинникова, Н. Г. Использование беспилотных летательных аппаратов в мониторинге водных объектов / Н. Г. Овчинникова, И. А. Ниценко // Экономика и экология территориальных образований. — 2022. — Т. 6, № 1. — С. 87-94. Режим доступа: <https://doi.org/10.23947/2413-1474-2022-6-1-87-94> (дата обращения 18.11.2024).

## MONITORING OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE WATER BODIES OF THE VOLGA BASIN USING UNMANNED AERIAL VEHICLES

Veronika A. Mikheeva, Elena S. Lykova,

*Annotation.* The article discusses the prospects of using UAVs to monitor the ecological state of rivers and reservoirs in the Volga basin. The use of UAVs as a modern method for remote environmental monitoring can significantly reduce environmental risks, thereby increasing the economic security of the Volga Federal District. The advantages of this method in comparison with existing traditional methods of environmental monitoring are revealed. The effectiveness of the use of UAVs to ensure the environmental safety of regions in various areas is analyzed.

*Keywords:* water bodies, unmanned aerial vehicle (UAV), environmental monitoring, remote monitoring, economic security, environmental problems.