

ИННОВАЦИОННЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ И СООРУЖЕНИЙ

Научная статья

УДК 626.81:504.06

Актуальные подходы к эколого-гидрогеологическому мониторингу водных объектов

Наталья Николаевна Мамась¹, Андрей Юрьевич Горбенко²,
Дмитрий Виталиевич Куденко³

^{1,3}Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар,
Российская Федерация

²Краснодарское высшее военное орденов Жукова и Октябрьской Революции
Краснознаменное училище имени генерала армии С. М. Штеменко, Краснодар,
Российская Федерация

¹natamamas@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0209-7964>

²Dodonata587@gmail.com

³natamamas@mail.ru

Аннотация. Анализ состояния экосистем сегодня актуален не только в нашей стране, но и в мировой практике. Одним из важнейших звеньев управления экосистемой является мониторинг – система наблюдения за состоянием экосистемы природопользователями. **Цель:** проведение анализа современных применяющихся за рубежом и в России методов мониторинга и оценки экологического состояния водных объектов. **Материалы и методы.** Системы мониторинга поверхностных вод разных стран мира существенно отличаются друг от друга в связи с историческими, экономическими и социально-политическими условиями, различными системами управления водными ресурсами и специфическими особенностями формирования качества вод в отдельных регионах. Применяются методы массового и количественного анализа при обобщении и представлении информации. **Результаты.** В настоящее время организация мониторинга возложена на Федеральное агентство водных ресурсов (Росводресурсы), осуществляется Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидрометом) с участием уполномоченных органов исполнительной власти субъектов РФ. Правовой основой всей водохозяйственной деятельности является Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ, Водный кодекс Российской Федерации от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ и т. д. В статье приведен анализ методов мониторинга и оценки экологического состояния водных объектов. **Выводы.** Важно отметить, что необходимо проводить комплекс работ по совершенствованию системы наблюдений за состоянием водохозяйственных систем. Возможно, это повысит эффективность и гармонизацию. Для достижения эффективного использования водных ресурсов, выбора оптимальных параметров и режима работы водохозяйственных систем необходимо глубоко и всесторонне проанализировать ряд вопросов с учетом перспектив развития всех отраслей экономики.

Ключевые слова: мониторинг, оценка экологического состояния, закон об охране окружающей среды, водный кодекс, водные ресурсы

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на научно-практической конференции «Инновационные пути развития мелиоративных систем и сооружений» (г. Новочеркасск, 5 сентября 2023 г.).

Для цитирования: Мамась Н. Н., Горбенко А. Ю., Куденко Д. В. Актуальные

INNOVATIVE WAYS OF DEVELOPING RECLAMATION SYSTEMS AND STRUCTURES

Original article

Current approaches to ecological and hydrogeological monitoring of water bodies

Natalia N. Mamas¹, Andrey Yu. Gorbenko², Dmitry V. Kudenko³

^{1,3}Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation

²Krasnodar Higher Military awarded by the Order of Zhukov and by the Orders of October Revolution and the Red Banner School named after the general of the Army S. M. Shtemenko, Krasnodar, Russian Federation

¹natamamas@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0209-7964>

²Dodonata587@gmail.com

³natamamas@mail.ru

Abstract. Analysis of ecosystems today is relevant not only in our country, but also in world practice. One of the most important links in ecosystem management is monitoring – a system for monitoring the ecosystem state by nature users. **Purpose:** to analyze current monitoring and assessment methods of ecological state of water bodies, used abroad and in Russia. **Materials and methods.** Surface water monitoring systems in different countries of the world differ significantly from each other due to historical, economic and socio-political conditions, different water resource management systems and specific features of water quality formation in separate regions. Methods of mass and quantitative analysis to summarize and present information are used. **Results.** Currently, the organization of monitoring is entrusted to the Federal Agency for Water Resources (Rosvodresursy), carried out by the Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Roshydromet) with the participation of authorized executive authorities of the constituent entities of the Russian Federation. The legal basis for all water management activities is the Federal Law “On Environmental Protection” of January 10, 2002, no. 7-FZ, Water Code of the Russian Federation of June 3, 2006, no. 74-FZ, etc. The analysis of methods for monitoring and assessing the ecological state of water bodies is given. **Conclusions.** It is important to note that it is necessary to carry out a set of works on improving the monitoring system for water management system state. This may improve efficiency and harmonization. To achieve efficient use of water resources, select optimal parameters and operating modes of water management systems, it is necessary to analyze a number of issues deeply and comprehensively, taking into account the development prospects of all economic sectors.

Keywords: monitoring, environmental assessment, environmental protection act, water code, water resources

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the scientific and practical conference “Innovative ways of developing reclamation systems and structures” (Novocherkassk, September 5, 2023).

For citation: Mamas N. N., Gorbenko A. Yu., Kudenko D. V. Current approaches to ecological and hydrogeological monitoring of water bodies. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2023;91(3):151–160. (In Russ.).

Введение. Загрязнение водных объектов является одной из актуальных экологических проблем, решение которых призвано оздоровить состо-

яние окружающей среды и улучшить условия существования общества. Выделение источников поступления загрязняющих веществ является весьма непростой задачей, особенно когда речь идет о крупных водных объектах, в т. ч. и с трансграничной принадлежностью вод.

В мировой практике при осуществлении мониторинга водных объектов и выделении загрязнений от организованных и неорганизованных источников поступления веществ принято анализировать и сравнивать этапы наблюдений и результаты исследований. Целью исследований является проведение анализа современных применяющихся за рубежом и в России методов мониторинга и оценки экологического состояния водных объектов. Рост негативного влияния человека на природную среду требует разработки новых, более эффективных методов управления техногенными процессами с целью их согласованности с природными процессами. Одним из важнейших звеньев управления является мониторинг – система идентификации состояния мультисистемы природопользования и информационного обеспечения принятия управленческих решений.

Материалы и методы. Традиционно мониторинг заключается в исследовании динамики определенного количества параметров управляемого или природного процесса, на основе чего делается вывод относительно:

- эффективности управления;
- изменений состояния объекта управления;
- влияния на природную среду.

В практике водоснабжения из подземных источников объектом управления является природная гидрогеологическая система и соответствующий гидрогеологический процесс, а техногенной системой (элементом управления) – водозабор.

Системы мониторинга поверхностных вод разных стран мира существенно отличаются друг от друга в связи с историческими, экономическими и социально-политическими условиями, различными системами

управления водными ресурсами и специфическими особенностями формирования качества вод в отдельных регионах.

В работах некоторых зарубежных ученых отмечается, что водохозяйственные системы тесно связаны с реками и представляют собой единую систему управления водными ресурсами. Также отмечается, что экологическое состояние водохозяйственных систем зависит от климатических факторов [1]. Но при этом не рассматривается антропогенное влияние точечных и диффузных источников на экологическое состояние водохозяйственных систем.

Несмотря на широкий спектр исследований, посвященных различным аспектам функционирования водохозяйственных систем, многие вопросы в этой сфере требуют более детального анализа. Сегодня принято использовать два метода: массовый и количественный. Учитывая это, технологически всю процедуру гидрогеологического геомониторинга условно можно разделить на ряд последовательных задач:

- получение мониторинговой информации – непосредственные замеры технологических параметров, отбор проб воды и выполнение химических анализов, сбор посторонней информации (например, гидрометеорологической) и др.;

- преобразование мониторинговой информации в оперативную – фильтрация, устранение грубых ошибок, анализ различными методами, традиционными для гидрогеологии, обоснование выводов и т. п.;

- свертка информации, т. е. компактное представление результатов мониторинга наиболее эффективным образом, удобным, например, для экспресс-обзора или научного анализа динамики развития гидрогеологических систем.

Если первые две задачи решаются традиционными для гидрогеологии методами, которые постоянно совершенствуются и оптимизируются, то задача свертки информации требует применения специальных матема-

тических методов. Применение мощной компьютерной техники и возможностей современных информационных технологий стимулирует продолжение поисков интегрального отображения результатов мониторинга. Речь идет об адаптации методов свертки информации к процедуре гидрогеологического геомониторинга, когда огромный массив данных по десяткам мониторинговых параметров сводится к нескольким интегральным параметрам. Такие обобщенные параметры должны отвечать следующим требованиям:

- иметь однозначную семантическую интерпретацию относительно динамики развития гидрогеологического процесса и возможности эффективного управления им;

- объективное отображение состояния и динамики водозаборной системы;

- инвариантность для возможности объективного сравнения состояния и динамики гидрогеологических систем различных иерархических уровней;

- возможность наглядного отображения динамики гидрогеологического процесса и гидрогеологической системы на 2D- или 3D-графиках.

Результаты. Во второй половине XX в. сформировалась природоохранная, а позже экологическая парадигма природопользования, что ускорило и качественно изменило государственную политику в области использования природных ресурсов. С другой стороны, в гидрогеологических исследованиях растущими темпами начали применяться методы математического моделирования (электрические сетки и цифровые модели), что обусловило возможность перевода прогнозного моделирования в масштабы более системных региональных и обзорных исследований.

В наиболее общем смысле наращивания информационного ресурса общества главная задача геомониторинга в гидрогеологии – наблюдение, анализ и идентификация состояния и динамики развития гидрогеологиче-

ских систем и техногенных систем в их составе (водозаборы, водоотлив, дренаж и др.). При этом важно подавать результаты анализа в удобном для исследования динамики формате.

В России мониторинг водных объектов начал проводиться с 50-х гг. XX в., а централизованное планирование этих работ в масштабе государства началось с 1974 г. В настоящее время организация мониторинга возложена на Федеральное агентство водных ресурсов (Росводресурсы), осуществляется Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидрометом) с участием уполномоченных органов исполнительной власти субъектов РФ [2, 3].

Правовой основой всей водохозяйственной деятельности является Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», Водный кодекс Российской Федерации от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ, Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года от 27 августа 2009 г. № 1235-р [3–5].

Представим анализ зарубежных и отечественных методов мониторинга и оценки экологического состояния водных объектов в таблице 1.

Таблица 1 – Анализ методов мониторинга и оценки экологического состояния водных объектов [1, 6–8]

Table 1 – Analysis of methods for monitoring and assessing the ecological state of water bodies [1, 6–8]

Страна	Вид мониторинга
1	2
Франция	Для оценки качества вод используется обобщенный индекс биологического качества (IQBG) и биологический индекс общего качества (IBG). В классификации водных объектов во Франции выделяется 3 класса качества вод (1a – отличное; 1b – хорошее; 2 – допустимое; 3 – посредственное)
Великобритания	В части мониторинга осуществляются наблюдения за состоянием поверхностных вод, которые основаны на обобщении данных о качестве вод рек и эстуариев. Оценка состояния водных ресурсов проводится на основе системы типизации вод, включающей 4 класса качества вод, которые характеризуются соответствующим видовым перечнем водной фауны
Италия	Для оценки качества поверхностных вод используется модификация биотического индекса, которая учитывает специфические особенности бентосной фауны речных вод. Классификация, которая при этом используется, предусматривает выделение 5 классов качества вод, диапазон которых составляет от 0 до 14

Продолжение таблицы 1

Table 1 continued

1	2
Германия	Внедряется расширение концепции управления водными ресурсами, и внесены поправки в федеральные законы: о водных ресурсах, моющих средствах, ликвидации отходов. При оценке качества вод применяется классификация водных объектов, предусматривающая выделение 4 классов и 3 промежуточных градаций
Бельгия	Оценка экологического состояния поверхностных вод основана на модификации биотического индекса и методах отбора проб, результаты используются в разработке программ предотвращения загрязнения вод. При оценке применяется биотический индекс, величина которого изменяется от 10 до 0 (от очень сильно загрязненных до слабо или совсем не загрязненных)
Дания	Для оценки качества вод и управления им используется классификация водных объектов, которая предполагает выделение 4 классов и 3 промежуточных градаций. Оценка качества вод осуществляется с помощью индекса сапробности. Значительный объем работ по оценке качества вод выполняется в рамках Международной программы по р. Рейн, речной бассейн которой охватывает территории таких стран, как Германия, Бельгия, Нидерланды, Дания
США	Политика в области использования, охраны и воспроизводства водных ресурсов базируется на 2 типах механизмов контроля качества воды, которые основываются на технологических требованиях к сбросам загрязняющих веществ и стандартах качества воды. Результатом анализа качества вод являются критерии фонового качества в соответствии с законами штата о нормативах качества воды. Для оценки различных видов антропогенного воздействия на качественное состояние водных объектов используется достаточно большое количество разнообразных характеристик
Канада	При мониторинге качества вод значительное внимание уделяется вопросам эвтрофикации, закисления и токсического загрязнения поверхностных вод. При оценке экологического состояния водных объектов используют методы биоиндикации
Япония	При оценке качества вод применяются критерии выбора водных организмов, наиболее пригодных для целей мониторинга. Они имеют определенные преимущества и недостатки в отношении контроля качества воды с использованием биологических методов
Индия	Существует система мониторинга рек, которая включает химические, биологические и бактериологические параметры. Группы параметров, касающихся специфических аспектов загрязнения, обобщаются в 9 индексов и представляются в виде диаграмм
Россия	Основой государственной мониторинговой системы является гидрометеорологическая служба, которой осуществляется значительный объем работ по проведению наблюдений за состоянием поверхностных вод. Также сформированы теоретические основы анализа качества поверхностных вод и разработки методов мониторинга. Для унификации методов предложена классификация, предусматривающая выделение 6 градаций качественного состояния водных экосистем

Подводя итог исследованию существующего зарубежного опыта ведения мониторинга и оценки качества поверхностных вод, можно отметить их значительное разнообразие. Они существенно отличаются: по целям, задачам и методам организации наблюдений [2, 3]. В них используется довольно разный состав показателей, применяются различные методы обобщения и представления информации и процессы расчета характеристик.

Выводы. Анализ состояния мониторинга водохозяйственных систем свидетельствует о том, что данный компонент находится в неудовлетворительном состоянии. Сравнение опыта зарубежных и отечественных подходов к мониторингу и исследованию качества поверхностных вод свидетельствует о возможности получения объективных результатов оценки экологического состояния водных объектов при условии применения гидрохимических и гидробиологических данных и учета региональных особенностей исследуемых водных объектов.

Указанное свидетельствует о необходимости проведения комплекса работ по совершенствованию системы мониторинга водохозяйственных систем, прежде всего по повышению ее эффективности и гармонизации с аналогичными системами других стран. Для достижения эффективного использования водных ресурсов, выбора оптимальных параметров и режима работы водохозяйственных систем необходимо глубоко и всесторонне проанализировать ряд вопросов с учетом перспектив развития всех отраслей экономики.

Список источников

1. A hydro-economic model for the assessment of climate change impacts and adaptation in irrigated agriculture / P. Esteve, C. Varela-Ortega, I. Gutierrez, T. Downing // *Ecological Economics*. 2015. Vol. 120. P. 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.09.017>.
2. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс]: Федер. закон от 10 янв. 2002 г. № 7-ФЗ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901808297> (дата обращения: 01.09.2023).
3. Водный кодекс Российской Федерации от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901982862> (дата обращения: 01.09.2023).
4. Об утверждении Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года и плана мероприятий по ее реализации [Электронный ресурс]: Распоряжение Прави-

тельства Рос. Федерации от 27 авг. 2009 г. № 1235-р. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902173350> (дата обращения: 01.09.2023).

5. Optimal water quality monitoring network design for river systems / I. T. Telci, K. Nam, J. Guan, M. M. Aral // *Journal of Environmental Management*. 2009, July. Vol. 90, iss. 10. P. 2987–2998. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.04.011>.

6. Опыт Германии в управлении водными ресурсами / Г. К. Куатбаева, Д. С. Чагликова, Е. К. Ибраимханов, Е. Б. Хафизов; под ред. К. В. Папенова. М.: Макс Пресс, 2000. 89 с.

7. Кутявина Т. И., Ашихмина Т. Я. Современное состояние и проблемы мониторинга поверхностных водных объектов России (обзор) // *Теоретическая и прикладная экология*. 2021. № 2. С. 13–21. DOI: 10.25750/1995-4301-2021-2-013-021.

8. Об утверждении Положения об осуществлении государственного мониторинга водных объектов [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 10 апр. 2007 г. № 219: по состоянию на 18 апр. 2014 г. Доступ из ЭПС «Гарант».

References

1. Esteve P., Varela-Ortega C., Gutierrez I., Downing T., 2015. A hydro-economic model for the assessment of climate change impacts and adaptation in irrigated agriculture. *Ecological Economics*, vol. 120, pp. 49-58, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.09.017>.

2. *Ob okhrane okruzhayushchey sredy* [On environmental protection]. Federal Law of 10 January, 2002, no. 7-FZ, available: <https://docs.cntd.ru/document/901808297> [accessed 01.09.2023]. (In Russian).

3. *Vodnyy kodeks Rossiyskoy Federatsii* [Water code of the Russian Federation] of 3 June, 2006, no. 74-FZ, available: <https://docs.cntd.ru/document/901982862> [accessed 01.09.2023]. (In Russian).

4. *Ob utverzhdenii Vodnoy strategii Rossiyskoy Federatsii na period do 2020 goda i plana meropriyatiy po yeye realizatsii* [On approval of the Water strategy of the Russian Federation for the period until 2020 and the action plan for its implementation]. Order of the Government of the Russian Federation of 27 August, 2009, no. 1235-р, available: <https://docs.cntd.ru/document/902173350> [accessed 01.09.2023]. (In Russian).

5. Telci I.T., Nam K., Guan J., Aral M.M., 2009. Optimal water quality monitoring network design for river systems. *Journal of Environmental Management*, July, vol. 90, iss. 10, pp. 2987-2998, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.04.011>.

6. Kumatbaeva G.K., Chaklikova D.S., Ibraimkhanov E.K., Khafizov E.B., 2000. *Opyt Germanii v upravlenii vodnymi resursami* [German Experience in Water Resources Management]. Moscow, Max Press, 89 p. (In Russian).

7. Kutyavina T.I., Ashikhmina T.Ya., 2021. *Sovremennoe sostoyanie i problemy monitoringa poverkhnostnykh vodnykh ob"ektov Rossii (obzor)* [Current state and problems of monitoring surface water bodies in Russia (review)]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya* [Theoretical and Applied Ecology], no. 2, pp. 13-21, DOI: 10.25750/1995-4301-2021-2-013-021. (In Russian).

8. *Ob utverzhdenii Polozheniya ob osushchestvlenii gosudarstvennogo monitoringa vodnykh ob"ektov* [On approval of the Regulations on the implementation of state monitoring of water bodies]. Decree of the Government of the Russian Federation of 10 April, 2007, no. 219. (In Russian).

Информация об авторах

Н. Н. Мамась – доцент, кандидат биологических наук, доцент, Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Российская Федерация, natamamas@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0209-7964>;

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. Т. 91, № 3. С. 151–160.
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2023. Vol. 91, no. 3. P. 151–160.

А. Ю. Горбенко – начальник отдела, Краснодарское высшее военное орденов Жукова и Октябрьской Революции Краснознаменное училище имени генерала армии С. М. Штеменко, Краснодар, Российская Федерация, Dodonata587@gmail.com;

Д. В. Куденко – студент, Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Российская Федерация, natamamas@mail.ru.

Information about the authors

N. N. Mamas – Associate Professor, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation, natamamas@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0209-7964>;

A. Yu. Gorbenko – Head of Department, Krasnodar Higher Military awarded by the Order of Zhukov and by the Orders of October Revolution and the Red Banner School named after the general of the Army S. M. Shtemenko, Krasnodar, Russian Federation, Dodonata587@gmail.com;

D. V. Kudenko – Student, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation, natamamas@mail.ru.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 01.09.2023; одобрена после рецензирования 11.09.2023; принята к публикации 27.10.2023.

The article was submitted 01.09.2023; approved after reviewing 11.09.2023; accepted for publication 27.10.2023.