

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2019, №6, Том 11 / 2019, No 6, Vol 11 <https://esj.today/issue-6-2019.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/103ECVN619.pdf>

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Кривичев А.И., Сидоренко В.Н. Актуальные проблемы Волжского бассейна и современные подходы к их решению // Вестник Евразийской науки, 2019 №6, <https://esj.today/PDF/103ECVN619.pdf> (доступ свободный).  
Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**For citation:**

Krivichev A.I., Sidorenko V.N. (2019). Actual problems of the Volga basin and modern approaches to their solution. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 6(11). Available at: <https://esj.today/PDF/103ECVN619.pdf> (in Russian)

*Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ в рамках гранта № 17-02-00773 «Теоретико-методологические основы устойчивого развития регионов России (на примере регионов Поволжья)»*

УДК 332.1

ГРНТИ 06.75.02

**Кривичев Александр Иванович**

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Москва, Россия  
«Экономический» факультет  
Кафедра «Экономики природопользования»  
Научный сотрудник  
Кандидат экономических наук  
E-mail: [krivichev@live.ru](mailto:krivichev@live.ru)

**Сидоренко Владимир Николаевич**

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Москва, Россия  
«Экономический» факультет  
Кафедра экономической «Информатики»  
Доцент  
Кандидат экономических наук, кандидат физико-математических наук, кандидат юридических наук, доцент  
E-mail: [v\\_sidorenko@mail.ru](mailto:v_sidorenko@mail.ru)  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3799-1701>  
SCOPUS: <http://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=55656749400>

## Актуальные проблемы Волжского бассейна и современные подходы к их решению

**Аннотация.** Актуальность данной работы состоит в том, что экологическое состояние бассейна реки Волги вызывает серьезные опасения, поскольку недостаточное внимание к вопросам экологической безопасности привели к серьезному загрязнению водных объектов данного бассейна и конкретно реки Волги, которая является крупнейшей рекой Европы. На сегодняшний день река Волга является самой грязной рекой на европейской территории. Назрела необходимость в приоритетном решении накопившихся экологических, социальных, экономических проблем в контексте сбалансированного и качественного управления водными объектами бассейна реки Волги.

В статье авторами проведен краткий анализ актуальных проблем, создавшихся в бассейне реки Волги. Особое внимание обращено на современное состояние водных объектов, методы и инструменты оценки качества воды. Для этого авторами проведен краткий аналитический обзор зарубежных методов и инструментов оценки качества воды, на основе непрерывного мониторинга параметров качества воды. Также в статье авторами представлен пример отечественной информационной системы по Водным ресурсам и водному хозяйству

бассейнов рек России, которая предоставляет сведения по основным параметрам: уровню водного объекта и его температуре. В статье рассмотрены функции системы раннего оповещения, которые необходимы для принятия оперативных решений в системе управления водными объектами.

Авторами выявлена необходимость комплексного подхода при проведении непрерывного мониторинга водных объектов бассейна реки Волги для получения качественной и достоверной оперативной информации, которая необходима для принятия эффективных решений. Рекомендовано использовать многопараметрические зонды для оценки качества воды в реке Волга.

**Ключевые слова:** непрерывный мониторинг; водные объекты; актуальные проблемы; параметры качества воды; уровень водного объекта; городские сточные воды; каскад водохранилищ; многопараметрические зонды

Среди наиболее крупных рек Европы Волга с её притоками является самой загрязненной, поскольку несет на себе самую большую антропогенную нагрузку. Среди наиболее крупных и грязных притоков можно назвать Оку и Каму. На урбанизированных территориях крупных городов с высокой плотностью населения, расположенных в бассейне реки Волги, таких как Тверь, Самара, Тольятти, Саратов, Волгоград, Астрахань и другие, актуальной является проблема загрязнения реки городскими сточными водами, к которым относятся: коммунальные сточные воды; промышленные воды; ливневые сточные воды; дренажные сточные воды.

Для оценки качества воды в реке Волге используется недостаточное количество показателей. Например, отсутствует оценка показателя токсичности веществ, выделяемых сине-зелеными водорослями на ряде водохранилищ бассейна реки Волги вследствие потепления климата. Таким образом, создается серьезная социальная проблема на тех водохранилищах, которые используются как места рекреации в летнее время. Данная социальная проблема, появилась в результате климатических аномалий (т. е. аномально высоких летних температур в 2010, 2014, 2015, 2019 гг.), связанных с глобальными изменениями климата, о которых много говорят в научном мире [1]. Самым аномальным летним периодом является 2010 г.

Определим основные проблемы, возникшие в бассейне реки Волги в 2010 г.:

- падение уровня судоходства реки Волги до критической отметки (49 метров);
- превышение предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ;
- повышение температуры реки из-за загрязнений;
- раннее цветение воды в водохранилищах (сине-зеленые водоросли);
- заражение рыбы паразитами и различными инфекциями (в Рыбинском, Куйбышевском, Волгоградском и Горьковском водохранилищах);
- угроза здоровью населения;
- исчезновение мест нереста рыбы;
- эрозия почвы вдоль береговой линии (обрушение берегов, обнажение старинных захоронений).

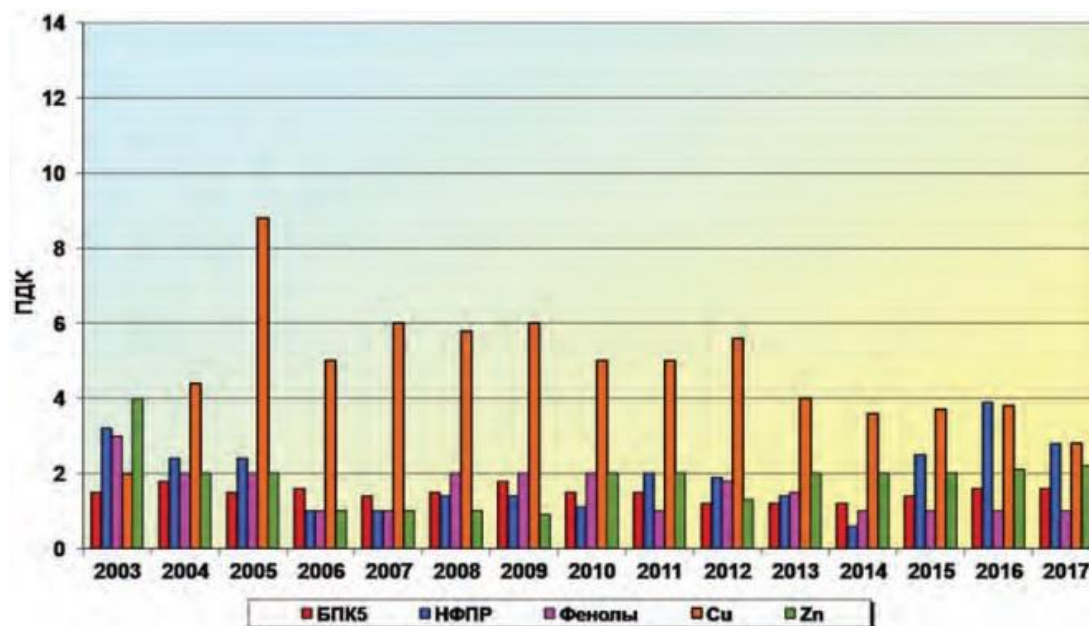
Вся территория бассейна реки Волги представлена четырьмя водохозяйственными районами: Верхневолжским (Иваньковское, Углическое, Рыбинское и Нижегородское водохранилища), Средневолжским (Чебоксарское и Куйбышевское водохранилища), Камским (Камское, Воткинское и Нижнекамское водохранилища) и Нижневолжским (Саратовское и Волгоградское водохранилища) [2].

В результате появления каскада водохранилищ произошло уменьшение количества паводков, но в периоды половодий водохранилища бассейна реки Волги продолжали заполняться на шестьдесят процентов [3].

Вернемся к проблеме ухудшения экологического состояния бассейна реки Волги. Одной из самых важных причин загрязнения реки Волги является то, что скорость ее течения в настоящее время гораздо меньше (в 10–15 раз), чем была до создания в ее бассейне каскада водохранилищ. Из-за этого уменьшилась способность реки к самоочищению.

Проблема ухудшения экологического состояния бассейна реки Волги, как взаимосвязанной цепочки емкостей, в связи с интенсивной эксплуатацией его водных объектов в России становится одной из наиболее актуальных, поскольку здоровье жителей Поволжья напрямую зависит от качества употребляемой в пищу воды, очистка которой с каждым годом все более усложняется [4]. Чистая вода важна для здоровья людей, животных и растений, поэтому необходим долгосрочный мониторинг, который бы позволил получать необходимые данные для отслеживания состояния водных объектов бассейна реки Волги, а также для создания необходимых моделей, позволяющих принимать эффективные управленческие решения для экологической защиты водных объектов.

Актуальность проблемы управления водными объектами в бассейне реки Волги в период половодья или межени – очевидна, поскольку особенно в этот период поведение этих водных объектов является нестабильным и зависит от многих факторов естественного или искусственного характера. В частности, риск наводнения является самой распространенной формой экологического ущерба на территории бассейна реки Волги.



*Рисунок 1. Динамика среднегодового содержания загрязняющих веществ в воде реки Волги, г. Астрахань [5, с. 41]*

Авторы считают, что для оценки качества воды водных объектов бассейна реки Волги должна использоваться система непрерывного мониторинга в режиме реального времени,

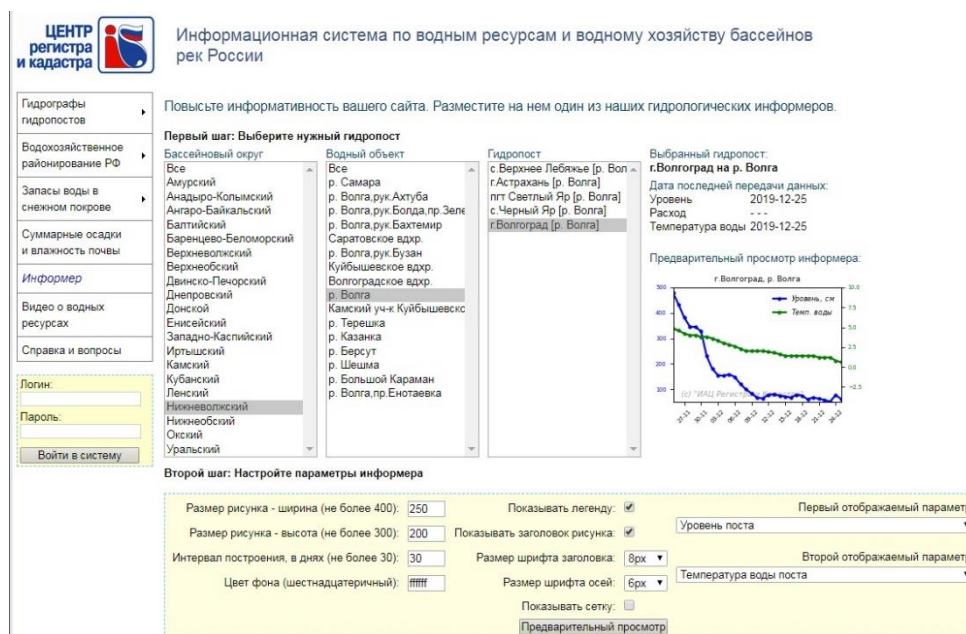
учитывающая множество разных параметров.<sup>1</sup> В настоящее время используются ручные, рейдовые и экспедиционные наблюдения, в результате которых анализируются такие показатели как ПБК5 (Биохимическое потребление кислорода), НФПР (нефтепродукты), Фенолы, Cu, Zn (рис. 1).

Назрела необходимость внедрения системы мониторинга качества воды в режиме реального времени. Данная система позволит снизить уровень вреда, наносимого водным объектам бассейна реки Волги, и найти способы уменьшения антропогенной нагрузки.

Для сбора и передачи данных по водным объектам за рубежом используется набор датчиков, установленных на этих объектах; данные от этих датчиков поступают по различным каналам связи (спутниковая связь, радиосвязь, сотовая связь и т. д.) на базовый компьютер, работающий в режиме реального времени. Эти данные обрабатываются и в дальнейшем используются для принятия управленческих решений. Если данные мониторинга показывают, что водные объекты находятся под угрозой загрязнения, а показатели качества воды крайне неблагоприятны, то должны включаться механизмы управления водным объектом, ограничивающие разрешения на сброс организаций-загрязнителей.

Непрерывный мониторинг можно использовать для отображения данных временных рядов, например, частоты пороговых значений уровня воды на водном объекте на заданном временном интервале, что актуально для России. В то же время периодический ручной отбор проб должен быть частью системы мониторинга в реальном режиме времени, потому что датчики качества воды не всегда могут измерять уровень загрязнения напрямую.

В России уже существует информационная система по Водным ресурсам и водному хозяйству бассейнов рек России (рис. 2).



*Рисунок 2. Пример определения уровня и температуры воды реки Волги в Нижневолжском бассейне (г. Волгоград)<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Рекомендации «Организация и ведение мониторинга водных объектов за состоянием дна, берегов, изменениями морфометрических особенностей, состоянием и режимом использования водоохранных зон, водохозяйственных систем и гидротехнических сооружений». Р 52.24.788-2013. – <http://docs.cntd.ru/document/1200110274> (дата обращения: 25.12.2019).

<sup>2</sup> <http://gis.vodinfo.ru/informer/>



Полученные данные информационной системы могут использоваться в комплексном анализе состояния водных объектов в общей системе раннего оповещения. Основная функция системы раннего оповещения о состоянии рек заключается в предупреждении соответствующих должностных лиц о том, что изменились качество или уровень воды, что может привести к риску здоровья населения, увеличению смертности или экологическому ущербу.

Очевидно, что ручных, рейдовых, экспедиционных наблюдений недостаточно для принятия оперативных и эффективных решений. Для решения этой проблемы необходимы стационарные посты контроля, которые в автоматическом режиме смогут собирать, обрабатывать и передавать информацию о состоянии того или иного водного объекта. Примером такой системы может служить используемая в настоящее время в США Национальная водная информационная система<sup>3</sup> (см., например, [6]), представляющая собой основанную на облачной геоинформационной системе базу данных по 1,9 млн пробным участкам (сайтам) по 50 штатам США, пополняемую в режиме реального времени (ежечасно) по таким показателям, как температура, удельная электропроводность, pH, биохимическое потребление кислорода (БПК), пестициды, летучие органические соединения (ЛОС) и др.

Правительство РФ утвердило паспорт приоритетного проекта «Сохранение и предотвращение загрязнения реки Волги»<sup>4</sup>, который должен быть полностью реализован к 2025 г. В настоящее время Росгидрометом готовятся предложения по организации комплексного мониторинга с использованием современных автоматизированных систем, которые должны включать экспедиционные исследования от истока реки до её устья. Аналогичные системы, основанные на интернете-вещей [7], уже внедряются в ряде стран. Например, в Канаде и Бангладеш [8; 9] внедряются системы мониторинга в режиме реального времени, разработанные на основе распределённых облачных платформ, собирающих информацию от узлов, основанных на недорогих Arduino-системах и Wi-Fi датчиках/зондах (pH, мутность, температура и др.), в облачной базе данных с последующей обработкой при помощи технологий анализа больших данных и машинного обучения в целях текущего мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций.

Для мониторинга водных объектов рекомендуется использовать многопараметрические зонды, которые позволяют измерять широкий спектр параметров воды. На этих зондах может быть размещено несколько подводных датчиков, которые обеспечивают передачу данных на единый регистратор данных. Зонд может иметь разные количества и тип датчиков. Самый простой зонд измеряет температуру и проводимость, а в самой большой модели одновременно можно разместить до двенадцати единиц, в том числе оптических датчиков. Опции датчика могут включать измерения следующих параметров воды: температуры, проводимости, pH, растворенного кислорода, мутности, а также содержания в воде хлорофилла и сине-зеленых водорослей. Для контроля состояния озер, рек, подземных вод, ливневых вод, водохранилищ, промышленных вод, сточных вод могут быть использованы зонды «Manta» фирмы Eureka, которые считаются лучшими на рынке датчиков. Это единственная многопараметрическая аналитическая система в отрасли, способная одновременно регистрировать показания до 12 датчиков<sup>5</sup>.

<sup>3</sup> <http://waterdata.usgs.gov/nwis>

<sup>4</sup> Паспорт приоритетного проекта «Сохранение и предотвращение загрязнения реки Волги». Утвержден президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и приоритетным проектам (протокол от 30 августа 2017 г. № 9). – <http://static.government.ru/media/files/nnT9driTVAEAlAKxYXIAkon93AKloUi3.pdf> (дата обращения: 25.12.2019).

<sup>5</sup> [http://www.technoanalyt.ru/wp-content/uploads/2018/10/MANTA-MULTIPROBES\\_RUS.pdf](http://www.technoanalyt.ru/wp-content/uploads/2018/10/MANTA-MULTIPROBES_RUS.pdf).

Система непрерывного мониторинга может использовать дистанционное зондирование в режиме реального времени параметры природной среды, антропогенного воздействия и передавать данные, сгенерированные программным обеспечением, с целью предупреждения о возможных проблемах (см., например, [10; 11]). Например, беспилотные средства мониторинга [12; 13], позволяют решать задачи мониторинга больших и труднодоступных водных объектов. В частности, такие крупномасштабные программы как, например, Глобальная система мониторинга окружающей среды по пресной воде ООН (ГСМОС/Вода), Рамочная директива ЕС по воде 2016 г., Рамочная директива ЕС по морской стратегии 2017 г., Национальные исследования по водным ресурсам США и др. требуют привлечения значительного числа «полевого» персонала и времени, в то время как использование беспилотных авиационных систем позволяют существенно сократить время и стоимость биологических и физико-химических полевых исследований водных объектов. Примеры таких дистанционных обследований и применяемых в них сенсоров даны в табл. 1.

Таблица 1

**Спецификации полезных нагрузок  
для отбора проб воды, прикрепленных к беспилотникам**

Место отбора проб	Полезная нагрузка для отбора проб воды	Физико-химические датчики, прикрепленные к дрону	Количество отобранной воды	Время отбора проб воды с помощью дрона	Наблюдаемые физико-химические переменные	Источник
Озеро Холмс (Небраска, США)	Изготовленное на заказ шасси – камеры с пружинными крышками, управляемыми сервоприводной «иглой» с трубкой и микронасосом	Нет	60 мл	Общее время = 2 ч. Оценка – 20 минут, используя только дрон	Температура, растворенный кислород (DO), сульфаты и хлориды	[14–16]
Мезокосмы, Университет Канзаса Биологическая полевая станция (Канзас, США)	См. выше	Датчики температуры (термистор GP103J4F NTC) и проводимости (Научный Атлас)	См. выше	Общее время = 40 минут, 10 минут на чтение в мезокосме	Температура, проводимость и хлориды	[17]
Кратерное озеро Югама (Япония)	Специальная неметаллическая бутылка для отбора проб из полиэтилена высокой плотности	Нет	250–330 мл	Не дано	Проводимость, pH, химические конц. (хлориды, сульфаты, алюминий, кальций, железо, калий, магний, марганец, натрий, диоксид кремния) и стабильные соотношения изотопы ( $\delta D$ и $\delta^{18}O$ )	[18]
Пруд Ламастер, Университет Клеменсона (Южная Каролина, США)	Изготовленный на заказ в стиле «thief» пробоотборника воды	Датчики pH, проводимости, температуры и растворимого кислорода (DO) (Научный Атлас)	130 мл	Общее время = 1 ч. Оценка – 20 минут, используя дрон	Растворимый кислород (DO), температура, pH, проводимость и хлориды	[19–21]

Источник: [12, табл. 2, с. 571]

Данные, предоставляемые в режиме реального времени, позволяют оперативно определять источники загрязнения. В систему раннего оповещения входит, в том числе, мониторинг донных отложений (в донных отложениях наблюдается резкое увеличение концентрации вредных веществ, например, тяжелых металлов и т. п.) во время разливов рек, ухудшающих качество воды. Половодье, как правило, сопровождается перенесением вредных веществ из донных отложений, в более высокие слои речного водотока. Данный процесс сопровождается увеличением уровня концентрации токсинов в воде и воздухе (последствия испарения), одновременно с перенесением загрязняющих веществ на новые территории. Тем самым здоровье людей и животных подвергается опасности. Эффективный мониторинг качества воды, в отношении повторно взвешенных донных отложений, в период половодья может позволить надзорным органам быстро реагировать на избыточные уровни содержания вредных веществ.

Таким образом, необходимость комплексного подхода при проведении непрерывного мониторинга водных объектов очевидна. На первое место выходят вопросы получения качественной и достоверной оперативной информации, которая необходима для принятия эффективных решений. В то же время остаются проблемы, связанные с экологией. Например, по готовящемуся к запуску на реке Волге Нижегородскому низконапорному гидроузлу, который необходим для ликвидации проблемы Городецкого гидроузла, существуют серьезные проблемы. Экологи оценивают возможный экологический ущерб более чем в 330 млрд руб. при стоимости проекта в 43,5 млрд руб. Более того, в прошедших в феврале 2019 г. общественных слушаниях по этому вопросу, обсуждались последствия дополнительного подтопления на территориях, которые могут нанести вред здоровью местного населения. Поэтому для выбора правильного решения применение цифрового формата непрерывного мониторинга водных объектов – требование времени!

## ЛИТЕРАТУРА

1. Gore Al An Inconvenient Truth: The Planetary Emergency of Global Warming and What We Can Do About It. NY, Rodale. 2006.
2. Исмайылов Г.Х., Муращенкова Н.В. Оценка изменчивости элементов водного баланса половодья и межени бассейна реки Волги. <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-izmenchivosti-elementov-vodnogo-balansa-polovodya-imezheni-basseyna-reki-volgi> (дата обращения: 25.12.2019).
3. Goble P. Polluted Volga an Ecological Disaster for 60 Million Russians. – <https://mariuveren.wordpress.com/2013/06/27/polluted-volga-an-ecological-disaster-for-60-million-russians/> (дата обращения: 25.12.2019).
4. Болгов М.В., Демин А.П. Водохозяйственные и экологические проблемы Нижней Волги и пути их решения // Водные ресурсы. – М.: Наука, 2018, Т. 45, № 2, с. 211–220.
5. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2017 году». – М.: НИА-Природа, 2018. – 298 с.
6. Christensen V.G. Characterization of surface-water quality based on real-time monitoring and regression analysis, Quivira National Wildlife Refuge, south-central Kansas, December 1998 through June 2001: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 01–4248, 2001, 28 p.

7. Перспективные рынки и технологии интернета вещей: публичный аналитический доклад. – М.: ООО «Лайм», 2019. – 272 с.
8. Chowdury Mohammad Salah Uddin, Emran Talha Bin, Ghosh Subhasish, etc. IoT Based Real-time River Water Quality Monitoring System / *Procedia Computer Science*, 2019, Vol. 155, P. 161–168.
9. Bokingkito Paul B., Llantos Orven E. Design and Implementation of Real-Time Mobile-based Water Temperature Monitoring System / *Procedia Computer Science*, 2017, Vol. 124, P. 698–705.
10. Кривичев А.И., Залецкий А.В. Беспилотные авиационные технологии мониторинга сфер человеческой деятельности на примере крупнейших производителей и эксплуатантов в России // *Известия ВУЗов: Геодезия и аэрофотосъемка*. – М.: Изд-во Моск. ун-та геодезии и картографии, 2018. Т. 62, № 2, с. 186–195.
11. Пересветов С.Б., Сидоренко В.Н. Современные тенденции использования ДДЗ в агроэкономике. / *Материалы ГИС-Форума 2004*. <http://www.gisa.ru/16773.html> (дата обращения: 25.12.2019).
12. Lally H.T., O'Connora I., Jensen O.P., Grahama C.T. Can drones be used to conduct water sampling in aquatic environments? A review // *Science of the Total Environment*, 2019, Vol. 670, P. 569–575.
13. Becker Richard H., Sayers Michael, Dehm Dustin, etc. Unmanned aerial system based spectroradiometer for monitoring harmful algal blooms: A new paradigm in water quality monitoring // *Journal of Great Lakes Research*, 2019, Vol. 45, Issue 3, June 2019, P. 444–453.
14. Detweiler C., Ore J.-P., Anthony D., Elbaum S., Burgin A., Lorenz A. Bringing unmanned aerial systems closer to the environment. // *Environ. Pract.*, 2015, Vol. 17, P. 188–200.
15. Ore J.-P., Elbaum S., Burgin A., Zhao B., Detweiler C. Autonomous aerial water sampling / *Proceedings of the 9th International Conference in Field and Service Robots (FSR)*, Brisbane, Australia. 2013, Vol. 5, pp. 137–151.
16. Ore J.P., Elbaum S., Burgin A., Detweiler C. Autonomous aerial water sampling. // *J. Field Rob.* 2015, Vol. 32 (8), P. 1095–1113.
17. Song K., Brewer A., Ahmadian S., Shankar A., Detweiler C., Burgin A. Using unmanned aerial vehicles to sample aquatic ecosystems // *Limnol. Oceanogr. Methods*, 2017. Vol. 15, P. 1021–1030.
18. Terada A., Morita Y., Hashimoto T., Mori T., Ohba T., Yaguchi M., Kanda W. Water sampling using a drone at Yugama crater lake, Kusatsu-Shirane volcano, Japan // *Earth Planets Space*, 2018. Vol. 70 (64), P. 1–9.
19. Koparan C., Koc A.B. Unmanned aerial vehicle (UAV) assisted water sampling. 2016 American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE) / *Annual International Meeting*, 2016, Orlando, Florida.
20. Koparan C., Koc A.B., Privette C.V., Sawyer C.B., Sharp J.L. Evaluation of a UAV assisted autonomous water sampling. // *Water*, 2018. Vol. 10 (5), P. 655.
21. Koparan C., Koc A.B., Privette C.V., Sawyer C.B. In situ water quality measurements using an unmanned aerial vehicle (UAV) system. // *Water*, 2018, Vol. 10 (3), P. 264.



**Krivichev Alexandr Ivanovich**

Moscow state university named after M.V. Lomonosov, Moscow, Russia  
E-mail: krivichev@live.ru

**Sidorenko Vladimir Nikolaevich**

Moscow state university named after M.V. Lomonosov, Moscow, Russia  
E-mail: v\_sidorenko@mail.ru

## **Actual problems of the Volga basin and modern approaches to their solution**

**Abstract.** The relevance of the work is that ecological state of the Volga river' basin raises serious concerns as insufficient attention to environmental safety issues has led to serious pollution of water bodies in this basin and specifically the Volga river, which is the largest European river. Today the Volga river is the dirtiest river in the European territory. There is necessity for a priority solution to the accumulated environmental, social, economic problems in the context of balanced and high-quality management of the water objects of the Volga river' basin.

The authors conducted in the article a brief analysis of current problems created in the Volga river' basin. Particular attention is paid to the current state of the water bodies as well as to the methods and tools for assessing the quality of Volga river' water. Thereby the authors conducted a brief analytical review of foreign methods and tools for assessing water quality, based on continuous monitoring of the water quality parameters. The authors also presented an example of domestic information system on Water Resources and Water Management of Russian River' Basins, which provides information on the main parameters: the level of the water body and its temperature. The article discusses the functions of the early warning system. This system is necessary for making operational decisions on the water' body management system.

The authors identified the need for an integrated approach when conducting continuous monitoring of the Volga river basin' water bodies in order to obtain high-quality and reliable operational information, that is necessary for making effective decisions; it is recommended to use multi-parameter probes to assess the quality of the Volga river' water.

**Keywords:** continuous monitoring; water bodies; current problems; water quality parameters; water body level; urban wastewater; reservoir cascade; multi-parameter probes