

А. В. СЕЛЕЗНЕВА
В. А. СЕЛЕЗНЕВ
С. Ш. САЙРИДДИНОВ
К. В. СЕЛЕЗНЕВА

САНИТАРНО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОТКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ – ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ФАКТОР РЕКОНСТРУКЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

SANITARY AND BIOLOGICAL CONDITION OF OPEN SOURCES IS A DETERMINING FACTOR IN
THE RECONSTRUCTION OF ELEMENTS OF WATER SUPPLY SYSTEMS

Представлены результаты анализа данных мониторинга Куйбышевского водохранилища как источника хозяйственно-питьевого водоснабжения за период 2000-2018 гг. Установлено, что летом в период массового развития цианобактерий наблюдается биологическое загрязнение водохранилища, снижается качество воды по запаху, цветности, pH, содержанию растворенного кислорода. В период ухудшения качества воды в источнике водоснабжения в крупных волжских городах возникают проблемы очистки природной воды до требований питьевого водоснабжения населения. Разработаны рекомендации по совершенствованию технологической схемы очистки волжской воды от органических и токсических веществ.

Ключевые слова: источники водоснабжения, водохранилища, цианобактерии, качество воды, органическое загрязнение, токсины, методы удаления, мембранные технологии

Во многих странах мира из-за «цветения» воды возникает проблема обеспечения населения качественной питьевой водой из поверхностных источников водоснабжения. В результате точечного и диффузного загрязнения в водоемы в чрезмерном количестве поступают биогенные вещества, прежде всего азот и фосфор, которые в условиях замедленного водного обмена вызывают в них массовое развитие сине-зеленых водорослей, представляющих собой цианобактерии. Жизнедеятельность и гибель цианобактериальных клеток приводит к биологическому загрязнению водоемов, включая токсические вещества. Наиболее распространенный токсин – микроцистин, идентифицирован в 79 государствах [1–3].

Есть основания предполагать, что повышение глобальной температуры воды из-за потепления климата будет способствовать интенсификации процесса массового развития цианобактерий [4]. В перспективе произой-

The results of the analysis of monitoring data of the Kuibyshev reservoir, as a source of domestic and drinking water supply, for the period 2000-2018 are presented. It has been established that in summer, during the period of massive development of cyanobacteria, biological pollution of the reservoir is observed, the quality of water deteriorates in terms of smell, color, pH, and dissolved oxygen content. During the period of deterioration in the quality of water in the water supply source in large Volga cities, problems arise in purifying natural water to meet the requirements of the drinking water supply of the population. To solve the problem, recommendations have been developed to improve the technological scheme for purifying Volga water from organic and toxic substances.

Keywords: water supply sources, reservoirs, cyanobacteria, water quality, organic pollution, toxins, removal methods, membrane technologies

дет увеличение продолжительности периода «цветения» воды и биомассы цианобактерий, что повлечет за собой дальнейшее снижение качества воды, поэтому надо быть готовыми к вероятному обострению ситуации в питьевом водоснабжении [5]. Проблема обеспечения населения качественной питьевой водой в условиях антропогенного эвтрофирования поверхностных водоемов с каждым годом становится всё более актуальной.

В 2015 г. в соответствии с п.5 ст.23 Федерального закона № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении» в адрес органов Роспотребнадзора по субъектам РФ поступило 5326 уведомлений о выявленных фактах подачи воды, не соответствующей требованиям санитарно-эпидемиологических правил и нормативов. Нельзя не отметить, что с качеством питьевой воды связывают ряд распространенных инфекционных заболеваний, а также снижение комфортности жизни людей и уменьшение ее

продолжительности К причинам неудовлетворительного качества воды в условиях увеличивающегося из года в год антропогенного загрязнения поверхностных и подземных вод относится использование устаревших технологий водоподготовки, низкое санитарно-техническое состояние водопроводных сетей и сооружений, нестабильность подачи воды. Доля проб воды из водопроводной сети, не соответствующих гигиеническим нормативам, составляет по санитарно-химическим показателям 16,9 % и микробиологическим – 4,6 %. Низкое качество воды по микробиологическим показателям приводит к вспышкам инфекционных заболеваний, что в последние годы отмечалось в 19 субъектах РФ (по состоянию на 2017 г.) [6].

Водоочистные комплексы должны быть рассчитаны на равномерную работу в течение суток максимального водопотребления. При этом следует предусматривать возможность отключения отдельных сооружений на текущий ремонт, осмотр и т. п. При проектировании водоочистных комплексов их коммуникации необходимо рассчитывать на возможность пропуска расхода воды на 30 % больше расчетного, руководствуясь соображениями интенсификации или реконструкции водоочистных сооружений.

Состав водоочистных сооружений зависит от качества воды в источнике водоснабжения, требований, предъявляемых к обработанной воде, которые обусловлены регламентами потребителя, и от производительности установки.

Проведение работ по реконструкции и модернизации очистных сооружений включает несколько этапов, одним из которых является обследование поверхностного или подземного источника водоснабжения по физико-химическим показателям воды, а также технического состояния и режима работы эксплуатируемых сооружений. По результатам обследования выносятся заключения с выводами и рекомендациями по реконструкции технологических схем, отдельных сооружений, оборудования, приборной базы и т. п.

В качестве необходимых мероприятий по реконструкции и модернизации сооружений технологической схемы очистки воды могут быть следующие: улучшение органолептических свойств воды (осветление, обесцвечивание, дезодорация и др.); обеспечение эпидемиологической безопасности (хлорирование, озонирование, ультрафиолетовое обеззараживание и др.); улучшение минерального состава (фторирование и обесфторивание, обесжелезивание и деманганация, умягчение, обессоливание и др.).

После того как определены параметры усовершенствованной технологической схемы очистки воды, производится выбор конструкции отдельных сооружений, позволяющих

обеспечить заданный проектом реконструкции эффект. Этап обоснования выбора конструкции отдельных технологических сооружений является наиболее сложным и ответственным.

При проведении работ по реконструкции сооружений технологической схемы не должно нарушаться компактное расположение всех зданий и сооружений при обеспечении минимальной длины коммуникаций для удобства эксплуатации. Также должны рационально использоваться зарезервированные запасные площади для расширения очистной станции. Значительное внимание в период реконструкции и модернизации очистных сооружений должно уделяться снижению эксплуатационных затрат.

Реконструкция может быть осуществлена *экстенсивными* или *интенсивными* методами. Экстенсивные методы заключаются в параллельном строительстве новых объектов по всей технологической линии. Эти методы по сложившейся практике применяются достаточно часто, хотя требуют наибольших капитальных затрат и времени для своего осуществления. Интенсивные методы с целью повышения эффективности работы объекта заключаются в его конструктивном и технологическом совершенствовании без существенного увеличения его рабочих объемов и занимаемой площади. Интенсивные методы реконструкции дают наибольший экономический эффект, однако при этом их выбор и обоснование требуют инженерных знаний и навыков творческой работы.

В отличие от традиционной (классической) схемы подготовки питьевых вод из поверхностных водоёмов, включающей предварительное окисление, коагуляцию, флокуляцию, отстаивание, фильтрование и обеззараживание, в настоящее время еще шире начинают использовать новые приёмы с биологической стабилизацией воды, сочетающие:

- *озонофильтрацию* на активированных углях;

- расположение на заключительных стадиях многоступенчатой очистки *мембранных установок, медленных фильтров*, замену или совершенствование *технологий обеззараживания*, использование новых типов коагулянтов и др.

Приведенные данные о сложившейся ситуации в системах водоснабжения ряда городов РФ требуют неотложных и эффективных мер по всему комплексу вопросов, связанных с забором, очисткой, хранением и подачей питьевой воды потребителям. Решение комплекса задач невозможно осуществить без разработки и реализации мероприятий по реконструкции и модернизации объектов систем водоснабжения.

Повышение уровня антропогенного загрязнения территории источников питьевого водо-

снабжения, значительный износ сооружений и оборудования водного сектора, отсутствие резервного водоисточника определяют актуальность проблемы гарантированного обеспечения жителей чистой питьевой водой и выводят ее в приоритетные задачи социально-экономического развития **города Тольятти**. Трудность ее решения обусловлена повсеместным ухудшением состояния источников питьевой воды, техническими трудностями получения питьевой воды, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам. Возрастающие экологические и санитарно-гигиенические требования предписывают необходимость повышения качества очистки природных и сточных вод.

В России наибольшую биогенную нагрузку испытывают водные объекты в Волжском бассейне. Согласно стратегии социально-экономического развития Самарской области, безусловными приоритетами государственной политики в регионе являются основные сферы жизнедеятельности, обеспечивающие безопасность жизни и здоровья человека. Основными задачами вышеназванной Стратегии определены: увеличение объемов строительства жилья и коммунальной инфраструктуры и приведение существующего жилищного фонда и коммунальной инфраструктуры в соответствие со стандартами качества.

На водохранилищах Средней и Нижней Волги ежегодно в период летней межени наблюдается массовое развитие цианобактерий и ухудшение качества воды по запаху, цветности и органическим веществам [7]. Наиболее неблагоприятные условия для водоснабжения складываются при аномальных гидрометеорологических условиях (жара и маловодье), когда возникает вероятность загрязнения воды не только органическими, но и токсическими веществами [8]. В период «цветения» и резкого ухудшения качества воды в источнике водоснабжения сооружения водоподготовки в крупных волжских городах не справляются с очисткой волжской воды от органических веществ. Поэтому питьевая вода периодически не соответствует нормативным требованиям по перманганатной окисляемости [9]. Есть данные об обнаружении цианотоксинов в питьевой воде, поступающей после очистки волжской воды в распределительную городскую сеть [10].

Комплексные исследования, проводимые Институтом экологии Волжского бассейна Российской академии наук (ИЭВБ РАН) по обеспечению населения Автозаводского района Тольятти качественной питьевой водой, выявили две основные проблемы: а) *неудовлетворительное состояние поверхностного источника водоснабжения*; б) *существующие в волжских городах тра-*

диционные методы водоподготовки не позволяют довести воду, подаваемую населению, до нормативного качества.

Существуют и другие проблемы, оказывающие влияние на качество питьевой воды, подаваемой населению, например неудовлетворительное состояние водопроводных сетей. Однако в рамках данной статьи они не рассматриваются.

Для населения Автозаводского района Тольятти источником питьевого водоснабжения является Куйбышевское водохранилище, которое согласно СанПиН 2.1.5.980-00 относится к первой категории водопользования.

Проведенные нами исследования показывают, что массовое развитие сине-зеленых водорослей в период летней межени на водохранилищах Средней и Нижней Волги обуславливает «цветение» воды и, как следствие, снижение её качества, что приводит к возникновению проблем в сфере питьевого водоснабжения населения. Острота проблем будет только усиливаться вследствие систематического роста биогенной нагрузки и глобального потепления климата. На фоне глобального потепления климата создаются благоприятные условия для бурного развития цианобактерий, поэтому в перспективе проблема обеспечения населения качественной питьевой водой будет только обостряться. В условиях массового развития цианобактерий традиционные технологические линии очистки воды, включающие осветление, обесцвечивание и обеззараживание, используемые для приготовления питьевой воды для централизованного водоснабжения волжских городов, малоэффективны при удалении токсинов, а также привкуса и запаха воды [11]. Поэтому необходимо оценить реальную опасность токсического загрязнения поверхностных источников водоснабжения.

В качестве объекта исследования выбрано самое крупное в Волжско-Камском каскаде – Куйбышевское водохранилище. В рамках исследования предполагается оценить масштабы и интенсивность массового развития цианобактерий на Куйбышевском водохранилище, определить риски загрязнения источника водоснабжения цианотоксинами. Выбрать метод очистки природной воды от цианотоксинов и предложить совершенствование существующей технологической линии водоподготовки, применяемой в волжских городах, на основе внедрения мембранных технологий ультрафильтрации и нанофильтрации.

Сине-зеленые водоросли – одноклеточные, нитчатые и колониальные микроорганизмы. На поверхности водохранилища они способны к формированию толстой пленки (рис.1).

Бульон из водорослей производит неприятное впечатление (рис.2). Жизненный цикл у одноклеточных форм при оптимальных условиях роста составляет 6-12 часов. Диаметр клеток варьирует от 0,5 до 100 мкм. Некоторые виды водорослей, в частности Микроцистис, являются токсичными. Микроцистис – это главный участник «цветения» воды, вызывающий резкое снижение растворенного кислорода и массовые заморы рыбы.

Существующие методы борьбы с «цветением» воды [12] ограничены во времени и пространстве и малоэффективны в условиях крупных водохранилищ Средней и Нижней Волги. Они направлены на борьбу с последствиями антропогенного эвтрофирования водоемов, а не на причины, его вызывающие. На наш взгляд, необходима разработка превентивных методов борьбы с «цветением» воды.

Одной из причин нарушения нормального функционирования водных экосистем является несовершенство системы нормирования биогенной нагрузки. В настоящее время в качестве критериев нормирования используются одинаковые для всей страны предельно допустимые концентрации (ПДК), которые зависят только от вида водопользования и не учитывают природно-климатических особенностей конкретных водных объектов и их экологического состояния. В результате устанавливаются ошибочные приоритеты регулирования биогенной нагрузки и для веществ, формирующих под действием природных и антропогенных факторов (вещества двойного генезиса).

Главную роль в формировании качества воды Куйбышевского водохранилища играют вышерасположенные водохранилища Волж-

ско-Камского каскада, которые испытывают значительную антропогенную нагрузку, и боковые притоки самого водохранилища. Дополнительное негативное влияние на формирование качества воды оказывают точечные источники загрязнения, расположенные непосредственно на Приплотинном плёсе: «условно чистые» сточные воды АвтоВАЗа, Северного промышленного узла и ливневые воды Автозаводского района г. Тольятти.

По данным филиала Приволжского межрегионального территориального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды вода Приплотинного плёса Куйбышевского водохранилища (0,5 км выше водозабора) соответствует III классу и оценивается как «умеренно загрязненная». Ситуация ухудшается в период «цветения» воды. Как правило, образование сине-зеленых водорослей происходит в июне, пик в июле и августе, а отмирание заканчивается в октябре. По данным многолетних наблюдений ИЭВБ РАН качество воды Куйбышевского водохранилища не соответствует нормативам, предъявляемым к источникам питьевого водоснабжения по перманганатной окисляемости (ПО) и химическому потреблению кислорода (ХПК) в течение всего года и периодически по цветности, запаху и биохимическому потреблению кислорода (БПК). В период 2012–2013 гг. изменение ПО наблюдалось в пределах 5,8–13,8 мг/дм³, а изменение ХПК – в пределах 23–36 мг/дм³ при нормативах 5 и 15 мг/дм³ соответственно. В период массового развития водорослей ситуация с органическим загрязнением воды резко ухудшается, а в маловодные годы становится катастрофической. Повышение окисляемости летом связано



Рис.1. Пленка сине-зеленых водорослей
Fig. 1. Blue-green algae film



Рис.2. Колонии сине-зеленых водорослей
Fig. 2. Colonies of blue-green algae

с увеличением количества автохтонного органического вещества (ОВ) за счет интенсивного развития фитопланктона. Более того, доминирующие на плёсе виды сине-зеленых водорослей (*Microcystis*, *Anabaena* и *Aphanizomenon*) способны к продуцированию токсинов (микроцистины). В настоящее время известно более 70 структурных вариантов микроцистинов. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) установила, что наибольшую опасность среди цианотоксинов для здоровья и жизни людей представляет микроцистин-LR, для которого установлена ориентировочно допустимая концентрация в питьевой воде не более 1 мкг/дм³. К сожалению, на Куйбышевском водохранилище в период «цветения» воды микроцистины практически не контролируются.

По второй проблеме можно сказать, что по данным многолетних наблюдений ИЭВБ РАН в различных кварталах Автозаводского района установлено, что качество питьевой воды периодически не соответствует нормативным требованиям, предъявляемым к воде централизованных систем водоснабжения, по перманганатной окисляемости (ПО), цветности, запаху и остаточному хлору. В условиях повышенного органического загрязнения обеззараживание воды общепринятым способом хлорирования приводит к образованию токсичных хлорорганических соединений, например летучих галогенорганических соединений – тригалогенметана (ТГМ). Результаты исследований [13] показывают, что в фильтратах проб с сине-зелеными водорослями после хлорирования замечен значительный рост ТГМ, хотя самих водорослей в фильтратах не обнаружено. Предшественниками ТГМ скорее всего являются метаболиты, выделяемые сине-зелеными водорослями, или продукты распада их водорослевой массы.

В настоящее время традиционные технологические линии очистки воды из поверхностных источников водоснабжения, применяемые на станциях водоподготовки в волжских городах, не ориентированы на удаление цианотоксинов, поэтому существуют риски попадания токсических веществ в питьевую воду. Необходимо совершенствовать существующие и проектировать новые технологические линии водоподготовки с учетом внедрения микрофильтрации и ультрафильтрации для удаления бактериальных клеток и нанофильтрации для удаления внеклеточного цианотоксина. Современное экологическое состояние Куйбышевского водохранилища обуславливает необходимость модернизации существующих технологических схем очистки природной воды в волжских городах с целью снижения концентрации органических веществ и недопущения токсического загрязнения питьевой воды [14–16].

Оценка экологического состояния Куйбышевского водохранилища показывает, что в период массового развития цианобактерий ухудшается качество воды в поверхностном источнике водоснабжения по запаху, привкусу, содержанию органических веществ, возникает реальная угроза загрязнения волжской воды цианотоксинами в концентрациях, превышающих допустимую норму ВОЗ. В перспективе проблема загрязнения поверхностных источников водоснабжения цианотоксинами будет обостряться на фоне глобального потепления климата. Поэтому необходимо изучение закономерностей формирования качества воды в условиях массового развития цианобактерий, организация мониторинга цианотоксинов, а также разработка для них отечественных ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого назначения.

Вывод. Для решения задачи по гарантированному обеспечению жителей в волжских городах и в том числе в Тольятти чистой питьевой водой необходима организация совместных действий органов исполнительной и законодательной власти, предприятий водного сектора, инвесторов, технических специалистов, населения города по созданию в водном секторе эффективных качественно новых современных форм и методов управления. Масштабность проблемы определяет необходимость разработки программы с использованием программно-целевого решения комплекса организационно-технических, правовых, экономических, социальных и других задач и мероприятий, обеспечивающих условия реализации программы. Применение «**программно-целевого метода**» должно обеспечить эффективное решение системных проблем в водном секторе города за счет реализации комплекса программных мероприятий, увязанных по задачам, ресурсам и срокам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. J. Meriluoto L., Spoof G. A., Codd. Handbook of Cyanobacterial Monitoring and Cyanotoxin Analysis // Chichester. Wiley. 2017.
2. Никитин О.В., Латыпова В.З., Степанова Н.Ю. Мониторинг цианобактериальных токсинов в водных объектах Республики Татарстан (2011–2016 гг.) // Глобальное распространение процессов антропогенного эвтрофирования водных объектов: проблемы и пути решения». Казань, 2017. С. 51–62.
3. Harke M. J., Steffen M. M., Gobler C. J., Otten T. G., Wilhelm S. W., Wood S. A., Paerl H. W. A review of the global ecology, genomics, and biogeography of the toxic cyanobacterium, *Microcystis* spp. Harmful Algae, 2016, v. 54, pp. 4–20.

4. Селезнев В.А., Беспалова К.В. Антропогенное эвтрофирование крупных водохранилищ Нижней и Средней Волги в условиях глобального потепления климата (проблема и пути решения) // Глобальное распространение процессов антропогенного эвтрофирования водоемов: материалы международной научно-практической конференции. Казань, 2017. С. 151–156.

5. Шувалов М.В., Стрелков А.К., Шувалов Р.М. Исследования частоты встречаемости гидробионтов в биопленке дисковых биофильтров при очистке бытовых сточных вод // Градостроительство и архитектура. 2011. № 1. С. 84–90. DOI: 10.17673/Vestnik.2011.01.17.

6. Негода А.Л., Судакова Т.В., Курмаева Т.С. Особенности питьевой воды сельского поселения Рождество Самарской области // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 31–39. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.5.

7. Беспалова К.В. Состояние источников водоснабжения в условиях антропогенного эвтрофирования водохранилищ // Водоснабжение и санитарная техника. 2016. № 11. С. 7–16.

8. Журкович И.К., Ковров Н.Г., Луговкина Н.В., Мильман Б.Л. Осторожно, микроцистины! // Аналитика. 2018. Т. 8, № 5(42). DOI: 10.22184/2227-572X.2018.08.5.458.463.

9. Беспалова К.В., Селезнева А.В., Селезнев В.А. Устойчивое водоснабжение городского населения в условиях «цветения воды» на водохранилищах Волги (на примере г.о. Тольятти) // Водоочистка. 2016. № 6. С. 19–24.

10. Плигин Д.Н. Обнаружение токсинов цианобактерий в водопроводной воде: анализ причин и апробация методов удаления [Электронный ресурс]. URL: <https://4science.ru/events/sfy2016/theses/16a04b94fa944b70803e084b050c04f5> (дата обращения: 16.12.2023).

11. Технический справочник по обработке воды: в 2 т. Т. 1, 2: пер. с фр. СПб.: Новый журнал, 2007.

12. «Цветение» воды. Киев: Наукова Думка, 1968. 384 с.

13. Васильева А.И., Насырова Н.П., Кантор Л.И., Мельницкий И.А., Кантор Е.А. Влияние фитопланктона на образование ТГМ // Сб. докл. конгресса ЭК-ВАТЭК / под ред. Л.И. Эльпинера. М., 2008.

14. Орлов В.А. Реконструкция систем водоснабжения. М.: Изд-во «АСВ», 2017. 208 с.

15. Селезнева А.В., Селезнев В.А., Сайриллинов С.Ш. Наночистота для очистки питьевой воды от цианобактерий и микроцистинов в системах водоснабжения // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2021. С. 1–5. DOI:10.1088/1757-899X/1079/2/022043.

16. Селезнева А.В., Селезнев В.А., Беспалова К.В., Сайриллинов С.Ш. Водоснабжение населения в условиях массового развития цианобактерий на водохранилищах Волги // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2020. С. 1–6. DOI:10.1088/1757-899X/913/4/042044.

REFERENCES

1. J. Meriluoto L., Spoof G. A., Codd. Handbook of Cyanobacterial Monitoring and Cyanotoxin Analysis. Chichester. Wiley. 2017.

2. Nikitin OV, Latypova VZ, Stepanova N.Yu. Monitoring of cyanobacterial toxins in water bodies of the Republic of Tatarstan (2011–2016). *Global'noe rasprostranenie processov antropogenogo jevtrofirovanija vodnyh ob'ektov: problemy i puti reshenija* [Global spread of anthropogenic eutrophication processes of water bodies: problems and solutions"]. Kazan, 2017, pp. 51–62. (In Russian).

3. Harke M.J., Steffen M. M., Gobler C. J., Otten T. G., Wilhelm S. W., Wood S. A., Paerl H. W. A review of the global ecology, genomics, and biogeography of the toxic cyanobacterium, *Microcystis* spp. *Harmful Algae*. 2016. V. 54. pp. 4–20.

4. Seleznev V.A., Bepalova K.V. Anthropogenic eutrophication of large reservoirs of the Lower and Middle Volga in the context of global climate warming (problem and solutions). *Global'noe rasprostranenie processov antropogenogo jevtrofirovanija vodoemov: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii* [Global spread of anthropogenic eutrophication processes of water bodies: materials of the international scientific and practical conference]. Kazan, 2017, pp. 151–156. (In Russian).

5. Shuvalov M.V., Strelkov A.K., Shuvalov R.M. Studies of the frequency of occurrence of hydrobionts in the biofilm of disk biofilters during the treatment of domestic wastewater. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2011, no. 1, pp. 84–90. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2011.01.17

6. Negoda L.P., Sudakova T.V., Kurmayeva T.S. Features of Drinking Water in the Rural Settlement of Rozhdestveno, Samara Region. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 31–39. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.5

7. Bepalova K.V. State of water supply sources in conditions of anthropogenic eutrophication of reservoirs. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika* [Water supply and sanitary equipment], 2016, no. 11, pp. 7–16. (in Russian)

8. Zhurkovich I.K., Kovrov N.G., Lugovkina N.V., Milman B.L. Caution, microcystins! *Analitika* [Analytics], 2018, vol. 8, no. 5(42). (in Russian) DOI: 10.22184/2227-572X.2018.08.5.458.463

9. Bepalova K.V., Selezneva A.V., Seleznev V.A. Sustainable water supply to the urban population in the conditions of “flowering water” on the Volga reservoirs (using the example of Togliatti). *Vodoochistka* [Water Purification], 2016, no. 6, pp. 19–24. (in Russian)

10. Pligin D.N. Detection of Cyanobacteria Toxins in Tap Water: Analysis of Causes and Testing of Removal Methods. Available at: <https://4science.ru/events/sfy2016/theses/16a04b94fa944b70803e084b050c04f5> (accessed 16 December 2023).

11. *Tekhnicheskij spravochnik po obrabotke vody: v 2 t. T. 1, 2* [Technical Handbook on Water Treatment: in 2 vols. T. 1, 2]. St. Petersburg, New Journal, 2007.
12. «Cvetenie» vody [“Flowering” of water]. Kyiv: Naukova Dumka, 1968. 384 p.
13. Vasilyeva A.I., Nasyrova N.P., Kantor L.I., Melnitsky I.A., Kantor E.A. Effect of phytoplankton on TGM formation. *Sb. dokl. kongressa JeKVATJeK* [Sat. doc. EQUATEC Congress]. Moscow, 2008. (in Russian)
14. Orlov V.A. *Rekonstrukcija sistem vodosnabzhenija* [Reconstruction of water supply systems]. Moscow, ASV, 2017. 208 p.
15. Selezneva A.V., Seleznev V.A., Sayriddinov S.Sh. Nanofiltration for Purification of Drinking Water from Cyanobacteria and Microcystins in Water Supply Systems. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2021. pp. 1–5. DOI:10.1088/1757-899X/1079/2/022043
16. Selezneva A.V., Seleznev V.A., Bespalova K.V., Sairiddinov S.S. Water supply to the population in the context of the mass development of cyanobacteria on the Volga reservoirs. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2020. pp. 1–6. DOI:10.1088/1757-899X/913/4/042044

Об авторах:

СЕЛЕЗНЕВА Александра Васильевна

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Институт экологии Волжского бассейна
(филиал Самарского научного центра РАН)
445003, Россия, г. Тольятти, ул. Комзина, 10
E-mail: aleks.selezneva@mail.ru

СЕЛЕЗНЕВ Владимир Анатольевич

доктор технических наук, профессор,
заместитель директора по науке
Институт экологии Волжского бассейна
(филиал Самарского научного центра РАН)
445003, Россия, г. Тольятти, ул. Комзина, 10
E-mail: seleznev53@mail.ru

САЙРИДДИНОВ Сайриддин Шахобович

кандидат технических наук, доцент Центра
инженерного оборудования, профессор РАЕ
Тольяттинский государственный университет
445020, Россия, г. Тольятти ул. Белорусская, 14
E-mail: mrsso@yandex.ru

СЕЛЕЗНЕВА Ксения Владимировна

кандидат химических наук, руководитель
по научно-инновационной деятельности
Тольяттинский государственный университет
445020, Россия, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14
E-mail: kvbespalova@yandex.ru

SELEZNEVA Alexandra V.

PhD in of Engineering Sciences, Senior Researcher
Institute of Ecology of the Volga Basin
(branch of the Samara Scientific Center of the Russian
Academy of Sciences)
445003, Russia, Tolyatti, Komzina str., 10
E-mail: aleks.selezneva@mail.ru

SELEZNEV Vladimir An.

Doctor of Engineering Science, Professor,
Deputy Director for Science
Institute of Ecology of the Volga Basin
(branch of the Samara Scientific Center of the Russian
Academy of Sciences)
445003, Russia, Tolyatti, Komzina str., 10
E-mail: seleznev53@mail.ru

SAYRIDDINOV Sayriddin Sh.

PhD in of Engineering Sciences, Associate Professor of the
Center for Engineering Equipment, Professor of RAE
Togliatti State University
445020, Russia, Tolyatti, Belorusskaya str., 14
E-mail: mrsso@yandex.ru

SELEZNEVA Ksenia V.

PhD in of Chemical Sciences, Head of Scientific
and Innovative Activities
Togliatti State University
445020, Russia, Tolyatti, Belorusskaya str., 14
E-mail: kvbespalova@yandex.ru

Для цитирования: Селезнева А.В., Селезнев В.А., Сайриддинов С.Ш., Селезнева К.В. Санитарно-биологическое состояние открытых источников – определяющий фактор реконструкции элементов систем водоснабжения // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 1. С. 27–33. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.01.04.

For citation: Selezneva A.V., Seleznev V.A., Sayriddinov S.Sh., Selezneva K.V. Sanitary and Biological Condition of Open Sources is a Determining Factor in the Reconstruction of Elements of Water Supply Systems. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 1, pp. 27–33. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.01.04.