

Ссылка для цитирования этой статьи:

Важдает К.В., Зайнуллин С.С., Халиков Р.М. Взаимодополняющее управление качественным водоснабжением мегаполиса // Human Progress. 2026. Том 12, Вып. 4. URL: http://progress-human.com/images/2026/Tom12_4/Vazhdaev.pdf DOI 10.46320/2073-4506-2026-4a-8.

УДК 628.1

ВЗАИМОДОПОЛНЯЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫМ ВОДОСНАБЖЕНИЕМ МЕГАПОЛИСА

Важдает Константин Владимирович

кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Водоснабжение и водоотведение»,
Уфимский государственный нефтяной технический университет;
доцент кафедры «Электроника и физика наноструктур»
Уфимский университет науки и технологий,
г. Уфа, Российская Федерация

Зайнуллин Салават Сафуанович

инженер-исследователь,
Уфимский государственный нефтяной технический университет
г. Уфа, Российская Федерация

Халиков Рауф Музагитович

кандидат химических наук, доцент,
доцент кафедры «Водоснабжение и водоотведение»,
Уфимский государственный нефтяной технический университет
г. Уфа, Российская Федерация

Аннотация. Человечество на протяжении всего своего существования сталкивалось с необходимостью решать проблемные задачи водоснабжения. Население Уфимской агломерации составляет порядка 1,5 млн человек; разветвленные сети водоснабжения представляют собой важную инфраструктуру мегаполиса. Актуальным является гибкое и качественное управление оптимально функционирующей инфраструктурой водохозяйственного комплекса города. Традиционная ведомственная фрагментация органов управления, которые ответственны за водоснабжение, водоотведение, ливневую канализацию и др. препятствует эффективному решению проблем ресурсосбережения питьевой воды, а сверхнормативный износ водопроводных инженерных сетей вызывает потери гидроресурсов на 25-35 %. Взаимодополняющее и скоординированное внедрение комплекса технико-организационных мероприятий по оптимизации систем водоснабжения могут экономически стимулировать рациональное использование гидроресурсов. Автоматические контрольно-

измерительные приборы, разнообразные датчики в системе водоснабжения мегаполиса обеспечивают бесперебойное водоснабжение. Надежное управление качественным водоснабжением крупных городов включает технологическую модернизацию, гибкое централизованное управление; контроль гидрохимического, микробиологического и органолептического качества воды. Дальнейшее улучшение водоснабжения населения мегаполисов России возможно только при условии внедрения инновационных технологий и скоординированного управления эффективным водоснабжением.

Ключевые слова: водоснабжение, гидроресурсы, водоподготовка, управление качеством воды, датчик.

Введение

На протяжении всей истории разумного существования человечество сталкивалось с необходимостью решать актуальные проблемные задачи водоснабжения. Пресная вода, хотя и относится к возобновляемым ресурсам, имеет тенденцию к истощению за счет нерационального водопотребления [1]. В настоящее время имеются половинчатые технико-экономические решения, направленные на сокращение потерь воды, преодоление водного дефицита в аридных регионах, интенсификацию управления гидроресурсами и др.

Население Уфимской агломерации составляет порядка 1,5 млн человек; важную инфраструктуру мегаполиса представляют разветвленные сети водоснабжения. Городские жители потребляют млн м³ воды в день; кроме того, практически такие же объемы технической воды необходимы для производственных организаций. Поэтому актуальным является качественное управление процессом создания технико-экономических условий для устойчивого развития оптимально функционирующей инфраструктуры водохозяйственного комплекса города-миллионника Уфы.

Российские мегаполисы сталкиваются с разнообразными проблемами водоснабжения и водоотведения: очень высокий износ водопроводных инженерных сетей вызывает соответствующие потери гидроресурсов до 25-35 %, а традиционная фрагментация органов городского управления, когда множество разных ведомств отвечают за водоснабжение, водоотведение, ливневую канализацию и псевдоохрану водных источников, препятствует эффективному решению острых проблем ресурсосбережения питьевой воды [2]. Экосистемная концепция взаимодополняющего управления существующими гидроресурсами, которая подразумевает скоординированное управление компонентами водного цикла, является востребованной стратегией.

Дальнейший прогресс человечества с точки зрения технико-экономических факторов означает поступательное внедрение ресурсосберегающих технологий и персональных приборов учета расхода воды. Успешное внедрение отечественных приборов цифрового мониторинга водопроводных сетей (автоматизированные системы управления, геоинформационные системы, датчики расхода и т.п.) позволяют создавать «виртуальные двойники» при оптимизации управления, прогнозировании аварий и снижения потерь, а цифровой двойник – быстрее решать физико-технические проблемы, обнаруживая протечки с высокой степенью точности.

Цель данной работы рассмотрение подходов скоординированного управления качественным водоснабжением крупных городов.

Материалы и методы исследований

Согласно водному кодексу Российской Федерации, планетарная вода является важнейшим компонентом окружающей природной экосистемы; уязвимым природным ресурсом в процессе жизнедеятельности Homo sapiens, что обеспечивает социально-экономическое благополучие населения. На всех этапах водоподготовки и транспортировки воды по инженерным водопроводным сетям анализ стандартного качества питьевой воды является главным лимитирующим фактором водоснабжения мегаполиса. Ключевая проблема водного хозяйства России – несоответствие экономического механизма реальным потребностям качественного управления водопользованием [3].

В настоящее время на одного жителя мегаполиса суточный расход питьевой водой стандартного качества оптимально считается 5 литров, а в крупных городах суммарное водопотребление (гигиенические процедуры, стирка и др.) составляет 250-500 литров в сутки. В Российской Федерации одновременно действуют несколько правовых актов при отсутствии механизма их согласованного использования гидроресурсов, надзорной ответственности и эффективных механизмов координации; поэтому наблюдается низкая эффективность регулирования качества водных объектов в России: плохое состояние и отставание от современного уровня нормативно-методической базы регулирования, экономического механизма водопользования [4].

Только при условии взаимодополняющего и скоординированного внедрения комплекса взаимосвязанных технико-организационных мероприятий по оптимизации систем водоснабжения могут быть оптимизированы на базе дальнейшего улучшения методов экономического стимулирования рационального использования гидроресурсов. Естественная взаимосвязь циклических компонентов урбоэкосистемы «природные воды – питьевые воды»

должна быть отражена в единых подходах к интегральной оценке качества вод и уменьшения влияния естественных и антропогенных факторов на гидрохимический состав [5]. В статье [6] представлены результаты сегментации водоемов в российской части бассейна реки Урал с применением нейронных сетей, основанных на сверточной архитектуре, а также определения их технико-экономических параметров и объемов потерь на дополнительное испарение с поверхности водных объектов.

Для уменьшения потерь воды могут использоваться следующие технологические подходы:

- регулярный мониторинг состояния водопроводной сети с использованием современных технологий (автоматизированные системы мониторинга, акустические сенсоры, геоинформационные системы);
- замена изношенных труб и арматуры на более современные аналоги с высокими технико-экономическими характеристиками;
- внедрение систем управления давлением в водопроводной сети для снижения износа оборудования и уменьшения вероятности аварий и др.

Принцип унификации при создании автоматизированных систем управления систем водоснабжения обеспечивается путем использования серийно выпускаемых технических средств, типизации проектных решений. Традиционная система водоснабжения мегаполиса – комплекс инженерных сооружений и устройств осуществляют следующие задачи:

- эффективны забор воды из поверхностных рек, озер, водохранилищ или артезианских подземных скважин;
- технико-экономическое улучшение до нормативных значений гидрохимических и органолептических показателей качества воды;
- транспортирование на необходимые расстояния;
- хранение запасов;
- распределение воды потребителям.

Вода, поступающая в крупный город из системы наружного снабжения (водозаборные сооружения и насосные станции), приходит через очистные сооружения водоподготовки, аккумулируется в резервуарах, далее насосными станциями второго и следующих подъема подается в отдельные дома, жилые микрорайоны (рис. 1).

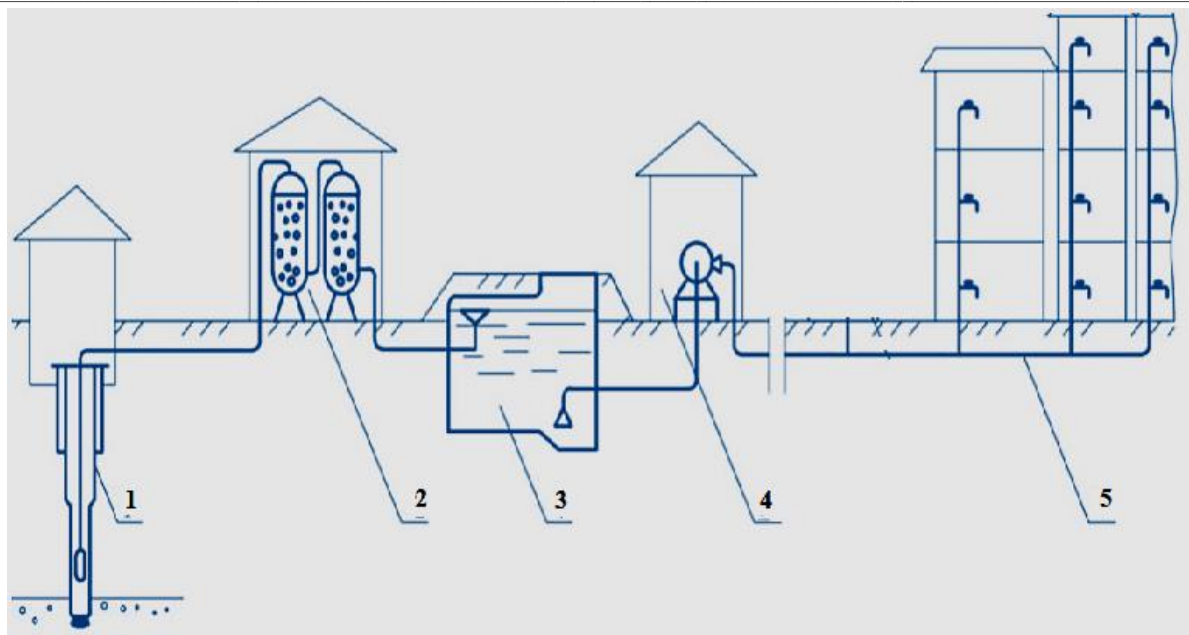


Рисунок 1. Принципиальная схема городского водоснабжения

- 1 – водозаборное сооружение и насосные станции первого подъема;
- 2 – современные очистные сооружения;
- 3 – гидрорезервуары чистой воды;
- 4 – эффективные насосные станции второго и следующих подъема;
- 5 – система внутреннего водоснабжения зданий мегаполиса

Результаты исследования и обсуждение

Будущий прогресс человечества в области качественного водоснабжения крупных городов может быть основан на эффективном управлении системой: прогнозирование суточного и часового водопотребления; планирование объемов подачи воды в мегаполис; организация гибкого управления оборудованием; автоматизация процессов управления. В настоящее время мегаполисы Уральского региона (города Екатеринбург, Челябинск) сталкиваются с достаточно острой проблемой недостатка гидроресурсов. Эффективному решению проблем ресурсосбережения питьевой и технической воды мешает традиционная несогласованность функционирования разных ведомств, которые ответственны за водоснабжение, водоотведение, ливневую канализацию и т.п.

Взаимодополняющее управление качеством водоснабжения мегаполиса предполагает прежде всего использование природного сырья – воды, запасы которой, как и других природных ресурсов, ограничены. Потери воды в сетях коммунальных водопроводов городского мегаполиса из-за коррозионного износа металлических труб составляют ежедневно около 5 млн. м³. Многолетняя практика функционирования крупных предприятий

водоснабжения мегаполисов показывает, что наилучший результат достигается при использовании комплексного подхода, который включает применение средств автоматизации на всех уровнях системы водоснабжения, в том числе диспетчерского управления и учета энергоресурсов [7].

Традиционные системы водоснабжения крупных городов имеют достаточно сложный имущественный комплекс, требующий организации серьезного менеджмента активов (требующего значительных систематических и планомерных усилий), включая: ведение инвентаризационного учета, наблюдение за состоянием системы и документирование полученных данных, разработку долгосрочных прогнозов и др. Следует отметить, что важным аспектом является интеллектуальная организация цифрового оперативного управления системой подачи и распределения воды, когда вся информация о параметрах работы водопроводных сооружений поступает в автоматизированную систему диспетчерского контроля [8],

Нарастающие проблемы обеспечения населения мегаполисов питьевой водой нормативного качества и в достаточном количестве в настоящее время вызывают поиск инновационных подходов, без решения которых невозможно улучшение условий деятельности, решение многих социальных проблем, связанных с повышением уровня жизни городских жителей. К числу вызовов, требующих срочного решения, относятся: улучшение качества питьевой воды за счет внедрения новых технологий на действующих водозаборных сооружениях; улучшение качества очистки стоков на действующих городских очистных сооружениях канализации; повышение лабораторно-производственного контроля за качеством гидроресурсов, включая сбросы воды в водоемы; предпочтительность технико-экономических практических разработок [9].

Необходимый прогресс создания технологических и экономических условий для развития устойчиво функционирующей инфраструктуры водохозяйственного комплекса является долгосрочным и финансово затратным; в 21 веке востребованы разработки локальных систем очистки воды с использованием мембранных технологий и других передовых методов проектирования инновационных систем водоснабжения с применением ВИМ-технологий [10], [11]. Формирование компетенций физико-химических закономерностей протекания процессов водоподготовки позволяют разрабатывать эффективные технологии и надежные установки для получения качественной питьевой воды в достаточных объемах.

Следует отметить, что проблемы водоснабжения мегаполисов в настоящее время связаны с ухудшением качества воды водоисточника; временными изменениями цветности воды [12] в створе поверхностного водозабора; недостаточным внедрением новейших

реагентов для водоподготовки; использованием архаических способов обеззараживания; недостаточным профилактическим ремонтом и заменой металлических труб водопроводной сети; скачкообразными изменениями давления; нарушением технического состояния регулирующих гидроемкостей, подкачивающих и насосных станций и др. Ключевой подход к решению технико-экономических проблем водоснабжения на базе фрактального анализа связан с выбором оптимального менеджмента [13].

Более подробно рассмотрим мониторинговые обследования гидрохимического, микробиологического и органолептического качества воды в городских водопроводах. Автоматические контрольно-измерительные приборы, разнообразные датчики в системе водоснабжения мониторят работоспособность оборудования, регулируют расходы воды, ведут журналы изменений характеристик: уровней, расхода воды и др. Например, «SCADA» – программный пакет, который предназначен для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, архивирования информации об объекте управления или мониторинга. В свою очередь, «SCADA» на персональном компьютере связана с контроллерами, датчиками, преобразователями проводной или беспроводной связи с помощью специальных протоколов.

Востребованное решение диспетчерского управления и комплементарного мониторинга водозаборов разработано в инструментальной системе «SCADA TRACE MODE». Чувствительные контроллеры, частотные преобразователи смонтированы в шкафах управления (рис. 2), которые расположены или в зданиях насосной станции второго водоподъема, или в функциональных помещениях водозаборных скважин.



Рисунок 2. Шкаф управления (контроллеры, частотные и измерительные преобразователи) в водозаборном помещении

Отлаженная система за счет четкого взаимодополняющего управления сокращает износ оборудования, расход электроэнергии, способствует предотвращению аварийных ситуаций; визуальный операторский контроль позволяет зарегистрировать чрезмерные отклонения технологических параметров от оптимальных значений. Востребованная потребность в надежном управлении качественным водоснабжением крупных городов включает технологическую модернизацию, централизованное управление; контроль гидрохимического, микробиологического и органолептического качества воды; нормативно-правовое регулирование и внедрение инновационных систем цифрового мониторинга.

Функции оптимального менеджмента состоит в диагностике оборудования и мониторинга технологических процессов локального объекта водоснабжения, программно-логического управления агрегатами и запорной аппаратурой, противоаварийной защиты и гибкой блокировки, учета потребляемых гидроресурсов, передачи необходимой информации на верхние уровни управления. Для успешного решения оперативных задач используется программируемый контроллер, который реализует систему автоматизации локального объекта водоснабжения, например, подкачивающая насосная станция (НС) в автоматическом или дистанционном режиме формирует быструю передачу данных по телефонной или оптоволоконной линии, по радиоканалу или GSM-каналу (рис. 3).

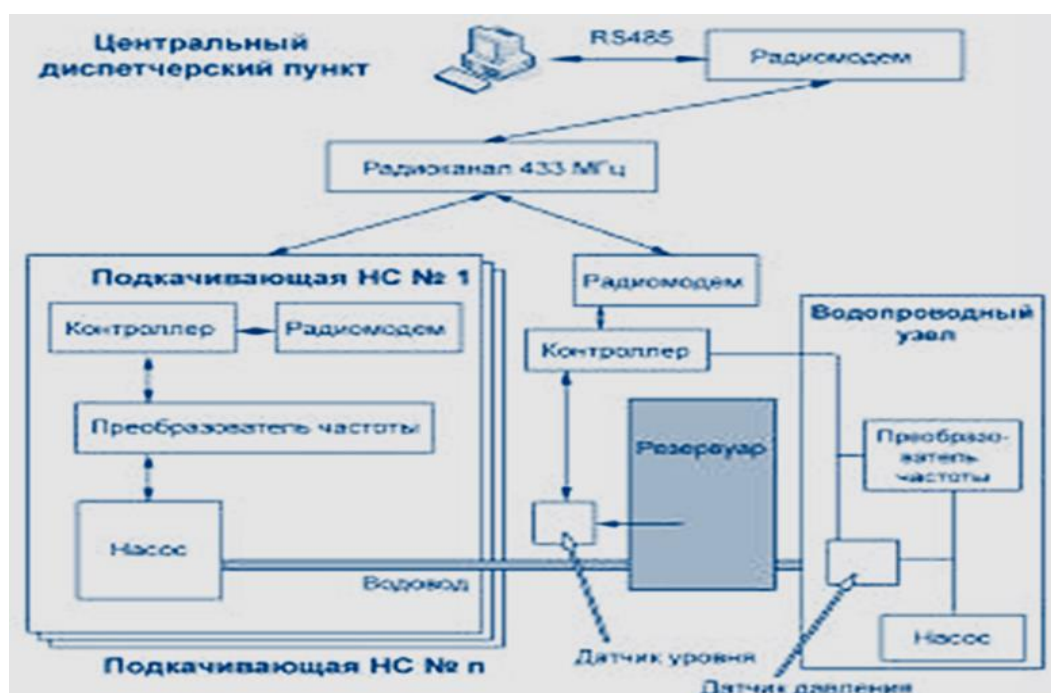


Рисунок 3. Схема автоматизированной системы управления водозаборной станции

Необходимо отметить, что узловым звеном новейших цифровых IoT-платформ являются онлайн-анализаторы качества воды [14]. Современные многопараметрические зонды способны одновременно измерять до 12 различных показателей; базовый набор включает температуру, pH, электропроводность, мутность, концентрацию растворенного кислорода и окислительно-восстановительный потенциал. Кроме того, для контроля органических токсикантов применяются анализаторы биохимического потребления кислорода гидроресурсов. Дополнительные ионоселективные электроды онлайн-анализаторов позволяют скоординированно определять точные концентрации ионов аммония, нитратов, хлоридов, кальция и фторидов в воде. Качественное управление функционированием технологической линии водоснабжения с использованием современных датчиков [15] позволяют более корректно выполнять онлайн-анализы.

Многопараметрическая автоматическая система аналитической проверки нормативного качества воды «АСАК КВ» позволяет определять синхронно 18 групповых показателей в автоматическом режиме: без оператора и без дополнительных операций подготовки аликвотных проб к измерениям.

Следует также отметить, что на российском рынке многопараметрических зондов качества воды представлено оборудование как зарубежных, так и отечественных производителей. Например, модульная платформа «АКВА МП-900» позволяет возможность

подключения аналитических мультисенсорных датчиков: от чувствительных измерителей взвешенных компонентов ила до анализаторов катионов и анионов (рис. 4).

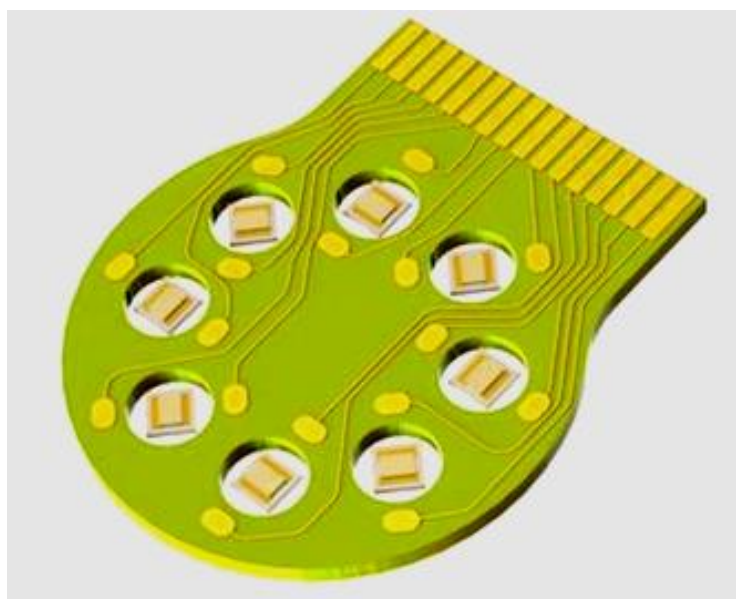


Рисунок 4. Чувствительные сенсоры, скомпонованные в мультисенсорные аналитические многопараметрические системы

Многопараметрическая система автоматического установления качества воды позволяет: обнаружить токсичные биоорганические загрязнения; проводить раскрытие вредных соединений хлора, анионов: нитратов, сульфатов и ряд других мутагенов [16]; осуществлять дефиницию физических параметров водных растворов: цветность и мутность. Обнаружение токсичных и других примесей в воде проводится с помощью газометрического анализа – контроля насыщенного пара, где в качестве заключительных преобразователей использованы полупроводниковые мультисенсоры.

На всех этапах управляемой подачи качественной воды потребителям – жителям мегаполиса питьевая вода должна соответствовать регламентируемым показателям качества: органолептическим, микробиологическим, паразитологическим, химико-аналитическим и радиационным характеристикам [17], [18]. К органолептическим характеристикам воды относятся прозрачность, запах, вкус и т.п. Например, полный анализ питьевой воды на МУП «Уфаводоканал» проводят по 5 органолептическим показателям, неорганических веществ – по 52, органических соединений (галогенуксусных кислот, многоядерных полиароматических углеводородов, производных фенола; триазиновых, хлор- и фосфорорганических пестицидов) – по 35 показателям. В рамках расширенных исследований качества водоснабжения мегаполиса Уфимской агломерации также определяют концентрации: кишечной палочки

(*Escherichia coli*); ротавирусов и энтеровирусов; видовой состав водорослей, их численность, биомасса.

Заключение

Подводя итоги отметим, что существенное улучшение водоснабжения населения мегаполисов и промышленных предприятий в Российской Федерации сегодня возможно только при условии внедрения инновационных технологий и скоординированного управления качественным водоснабжением крупных городов. Прогрессивные направления будущих исследований должны быть основаны на согласованных ресурсосберегающих технологиях использования гидроресурсов и эффективных механизмов взаимодополняющей координации всех звеньев снабжения потребителей нормативной водой.

Список литературы

1. Арсеньев Г.С. Основы управления гидрологическими процессами: водные ресурсы. СПб.: Изд-во РГГМУ, 2005. 231 с. EDN QNLZOP.
2. Музалевская Г.Н. Инженерные сети городов и населенных пунктов. М.: Изд-во АСВ, 2006. 148 с. EDN QNMNZP.
3. Веницианов Е.В., Аджиенко Г.В. Современные проблемы управления качеством поверхностных вод // Труды Института биологии внутренних вод. 2019. № 85. С.7-16. EDN VKUYQX.
4. Khodorovskaia N., Yachmenev V., Kravtsova A. et al. Ecological well-being of water sources as a factor of an industrial city sustainable development / // E3S Web of Conferences. Chelyabinsk, 2021. P.08007. EDN EFPOMU.
5. Халиков Р.М. Влияние естественных и антропогенных факторов на гидрохимический состав подземных вод // Актуальные вопросы совр. хим. и биохим. материаловедения: Сб. V Международ. конф. Уфа: БашГУ, 2018. С. 292-296. EDN XSWZBJ.
6. Душенко Н.А., Головачева М.М., Капустин М.В. и др. Применение нейросетевого моделирования для идентификации водоемов в бассейнах рек по данным дистанционного зондирования Земли // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2025. № 3. С. 74-94. EDN XFFMVA.
7. Данилов-Данильян В.И., Хранович И.Л. Управление водными ресурсами. Согласование стратегий водопользования. М.: Научный мир, 2010. 232 с. EDN: QUHDKX.

8. Иванова О.В., Халиков Р.М., Короткова Л.Н. Результативное управление электротехническим оборудованием технологической схемы производства качественной воды // Электротехнич. и информ. комплексы и системы. 2018. № 2. С. 21-27. EDN YSAXPN.
9. Nikanorov A.M., Khoruzhaya T.A., Mironova T.V. Analysis of the effect of megalopolises on water quality in surface water bodies by ecological-toxicological characteristics // Water Resources. 2011. V.38, № 5. P. 621-628. EDN PEAQDL.
10. Журавлева М.И., Иванова О.В., Короткова Л.Н. и др. Управление качеством функционирования нанокерамических мембранных фильтров в локальных установках очистки питьевой воды // Сб. VIII Международ. конф. «Водоснабжение, водоотведение и системы защиты окружающей среды». Уфа: ЦИТО, 2019. С. 22-26. EDN XWAXYS.
11. Гарифуллин Б.А., Мартяшева В.А., Важаев К.В. и др. Особенности проектирования систем водоснабжения с применением BIM-технологий // Проблемы строительного комплекса России: Материалы XXVIII Всерос. конф. Уфа: УГНТУ, 2024. С. 353-356. EDN ELLKKK.
12. Мирасбеков Р., Ялалетдинова А.В., Ялалетдинов Р.Ф. и др. Моделирование временных изменений цветности воды водоисточника // Водоснабжение и санитарная техника. 2024. № 10. С. 17-22. EDN APKDOV.
13. Аникин Ю.В., Крутикова К.В., Шилков В.И. Менеджмент систем водоснабжения и водоотведения. Екатеринбург: Изд-во Уральского университ., 2023. 114 с. EDN JWKYMI.
14. Новикова Ю.А., Копытенкова О.И. К вопросу использования онлайн-анализаторов при производственном контроле качества питьевой воды // Безопасность жизнедеятельности. 2020. № 10(238). С. 42-46. EDN WJUUFU.
15. Важаев К.В., Иванова О.В., Халиков Р.М. и др. Управление качеством функционирования технологической линии водоснабжения с использованием современных датчиков // Строительство и техногенная безопасность. 2018. № 13(65). С. 127-132. EDN SOLZBP.
16. Саркисов С.В., Эль С.С.З., Игнатьев А.А. и др. Многопараметрическая система определения качества воды // Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2020. № S8(9). С. 50-62. EDN OWMBLC.
17. Зеленковская Е.Е., Важаев К.В., Фазлыева А.С. и др. Обеззараживание питьевой воды в городе Уфе // Актуальные проблемы технических, естественных и гуманитарных наук: Материалы Международ. конф. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2021. С. 152-154. EDN IGOAHN.
18. Гаврикова А.А., Дементьев А.А., Соловьев Д.А. и др. Гигиенические особенности качества питьевой воды централизованной системы водоснабжения по органолептическим показателям // Российский вестник гигиены. 2024. № 4. С. 22-27. EDN TXUPGD.

COMPLEMENTARY MANAGEMENT HIGH-QUALITY WATER SUPPLY IN THE METROPOLIS

Vazhdaev Konstantin Vladimirovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of «Water Supply and Sanitation»
Ufa State Petroleum Technical;

Associate Professor of the Department of «Electronics and Physics of Nanostructures»
Ufa University of Science and Technology
Ufa, Russian Federation

Zainullin Salavat Safuanovich

Research Engineer
Ufa State Petroleum Technical University
Ufa, Russian Federation

Khalikov Rauf Muzagitovich

PhD, Associate Professor
Associate Professor of the Department of «Water Supply and Sanitation»
Ufa State Petroleum Technical University
Ufa, Russian Federation

Abstract. Throughout its existence, humanity has faced the need to solve problematic water supply problems. The Ufa agglomeration has a population of about 1.5 million people; extensive water supply networks represent an important infrastructure of the metropolis. Flexible and high-quality management of the optimally functioning infrastructure of the city's water management complex is relevant. High wear of water supply engineering networks causes water losses of up to 25-35%, and the traditional fragmentation of departmental management responsible for water supply, sanitation, storm sewers, etc. prevents effective solutions to the problems of resource conservation of drinking water. The complementary and coordinated implementation of a set of technical and organizational measures to optimize water supply systems can economically stimulate the rational use of water resources. Automatic control and measuring devices, various sensors in the megalopolis water supply system ensure uninterrupted water supply. Reliable management of high-quality water supply in large cities includes technological modernization, flexible centralized management; control of hydrochemical, microbiological and organoleptic water quality. Further improvement of water supply for the population of Russian megacities is possible only if innovative technologies are introduced and effective water supply is managed in a coordinated manner.

Key words: water supply, water resources, water treatment, water quality management, sensor.

References

1. Arsenyev G.S. Fundamentals of hydrological process management: water resources. St. Petersburg: Publ. the RSMU, 2005. 231 p. EDN QNLZOP.
2. Muzalevskaya G.N. Engineering networks of cities and settlements. Moscow: Publ. the ABU, 2006. 148 p. EDN QNMNZP.
3. Venitsianov E.V., Adzhienko G.V. Modern problems of surface water quality management // Proceedings of the Institute of Biology of Inland Waters. 2019. № 85. P. 7-16. EDN VKUYQX.
4. Khodorovskaya N., Yachmenev V., Kravtsova A. et al. Ecological well-being of water sources as a factor of an industrial city sustainable development // E3S Web of Conferences. Chelyabinsk, 2021. P.08007. EDN EFPOMU.

5. Khalikov R.M. The influence of natural and anthropogenic factors on the hydrochemical composition of groundwater // Current issues of modern chemistry and biochemistry materials science: Collection of the V International. Ufa: BashSU, 2018. P. 292-296. EDN XSWZBJ.
6. Dushenko N.A., Golovacheva M.M., Kapustin M.V. et al. Application of neural network modeling for identification of reservoirs in river basins based on remote sensing data // Russian Water Industry: problems, technologies, management. 2025. № 3. P.74-94. EDN XFFMVA.
7. Danilov-Danilyan V.I., Khranovich I.L. Water resources management. Coordination of water use strategies. Moscow: Scientific World, 2010. 232 p. EDN: QUHDKX.
8. Ivanova O.V., Khalikov R.M., Korotkova L.N. Effective management of electrotechnical equipment of the technological scheme for the production of high-quality water // Electrotechnical and information complexes and systems. 2018. № 2. P. 21-27. EDN YSAXPN.
9. Nikanorov A.M., Khoruzhaya T.A., Mironova T.V. Analysis of the effect of megalopolises on water quality in surface water bodies by ecological-toxicological characteristics // Water Resources. 2011. V.38, № 5. P. 621-628. EDN PEAQDL.
10. Zhuravleva M.I., Ivanova O.V., Korotkova L.N. et al. Quality management of functioning of nanoceramic membrane filters in local drinking water purification plants // Collection of VIII International conf. «Water supply, sanitation and environmental protection systems». Ufa: CITO, 2019. P. 22-26. EDN XWAXYS.
11. Garifullin B.A., Martyasheva V.A., Vajdaev K.V. et al. Features of designing water supply systems using BIM technologies // Problems of the Russian construction complex: Materials of the XXVIII All-Russian Conference Ufa: UGNTU, 2024. P. 353-356. EDN ELLKKK.
12. Mirasbekov R., Yalaletdinova A.V., Yalaletdinov R.F. et al. Modeling of temporary changes in the color of water in a water source // Water supply and sanitary equipment. 2024. № 10. P. 17-22. EDN APKDOB.
13. Anikin Yu.V., Krutikova K.V., Shilkov V.I. Management of water supply and sanitation systems. Yekaterinburg: Publishing house of the Ural University, 2023. 114 p. EDN JWKYMI.
14. Novikova Yu.A., Kopytenkova O.I. On the issue of using online analyzers for industrial quality control of drinking water // Safety of life. 2020. № 10(238). P. 42-46. EDN WJUUFU.
15. Vazhdaev K.V., Ivanova O.V., Khalikov R.M. et al. Quality management of the functioning of the technological water supply line using modern sensors // Construction and technogenic safety. 2018. № 13(65). P. 127-132. EDN SOLZBP.
16. Sarkisov S.V., El S.S.Z., Ignatiev A.A. et al. A multiparametric system for determining water quality // Actual problems of military scientific research. 2020. № S8(9). P. 50-62. EDN OWMBLC.
17. Zelenkovskaya E.E., Vazhdaev K.V., Fazlyeva A.S. et al. Disinfection of drinking water in Ufa // Actual problems of technical, natural and humanitarian sciences: Proceedings of the International. Ufa: Publ. of USNTU, 2021. P. 152-154. EDN IGOAHN.
18. Gavrikova A.A., Dementyev A.A., Soloviev D.A. et al. Hygienic features of drinking water quality of a centralized water supply system according to organoleptic indicators // Russian Bulletin of Hygiene. 2024. № 4. P. 22-27. EDN TXUPGD.