

УДК: 556.18: 626/62

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ АДАПТИВНЫХ МНОГОПРОЦЕССНЫХ СХЕМ ВОДОПОДГОТОВКИ

Николенко И.В.¹, Сафонов А.Н.² Герасимов М.М.,³ Беляк А.А.⁴, Свердликов А.А.⁵

¹ Институт «Академия строительства и архитектуры»,
ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»
295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская 181
e-mail: energia-09@mail.ru

² Государственное унитарное предприятие «Вода Крыма»,
295013, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 1а
^{3,4,5} АО «НИИ ВОДГЕО»

119435, Россия, г. Москва, Б. Саввинский пер., 9, стр. 1
e-mail: ³vodgeo@mail.ru; ⁴reddbear2002@yahoo.com; ⁵wodgeo@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены подходы к обеспечению надежного водоснабжения Республики Крым. Показано, что для вододефицитных периодов Крымского полуострова, связанных с цикличностью и изменениями режимов осадков, для гарантированной подачи воды, соответствующей действующим нормативным требованиям, сохраняется проблема поиска методов обеспечения водной безопасности на основе современных водных технологий. Рассмотрено понятие устойчивости системы водоснабжения, которое применяется для описания стабильности процессов подачи воды требуемого качества и последовательности состояний по его достижению. Для обеспечения надежной и устойчивой работы систем централизованного водоснабжения рассмотрены условия создания внедрения многопроцессорных схем водоподготовки, которые могут обеспечить такие условия. Для существующих и проектируемых станций водоподготовки централизованных систем водоснабжения Республики Крым обоснована необходимость повышения барьерной роли путем создания адаптивных многопроцессных схем водоподготовки.

Предмет исследования. Устойчивость централизованных систем водоснабжения и анализ причин потери устойчивости, которые связаны с существенными изменениями концентрации загрязняющих веществ, в том числе выявление новых видов загрязнений, на устранение которых не приспособлены существующие схемы водоподготовки.

Материалы и методы исследования. Методологические подходы к исследованию сложных систем на устойчивость на основе классической теории устойчивости А.М. Ляпунова. Оценка условий устойчивости сложных технических систем при различных условиях применительно к системам водоснабжения.

Результаты. Для сложного и нестационарного состава воды р. Салгир в точке предполагаемого ее отбора установлена необходимость модификации существующей схемы водоподготовки, которая по основному набору регентов и состава сооружений были запроектированы для выполнения роли по удалению из воды наиболее легкоизвлекаемых и легкоокисляемых загрязнений. Предложены модификации проектной схемы на основе адаптивных многопроцессных схем водоподготовки для достижения требуемых показателей качества питьевой воды.

Выводы. Показана целесообразность решения проблем обеспечения надежного водоснабжения населенных пунктов Крыма с учетом внешних воздействий, выводящих эти системы из состояния устойчивого равновесия на основе применения адаптивных многопроцессных схем водоподготовки

Ключевые слова: водоснабжение Крыма, устойчивость систем водоснабжения, очистные сооружения, повышение барьерной роли, многопроцессные схемы

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее важным природным ресурсом на Земле является пресная вода, которая соответствуя санитарно-гигиеническим и эпидемиологическим требованиям, становится одним из неперенных условий жизнедеятельности, а также обеспечения и сохранения здоровья людей. Потребности в воде для хозяйственной деятельности в мире непрерывно растут, увеличивая антропогенные воздействия на водные ресурсы и экосистемы в целом. Это обуславливается ростом численности населения и мировой экономики, которое приводит к увеличению объемов сельскохозяйственного и промышленного производства, сопутствующие этому изменения климата, а также повышению антропогенной нагрузки на экосистемы и природные водные объекты. Во многих регионах мира все чаще происходят катастрофические паводки, наступают длительные периоды отсутствия осадков, а в некоторых местностях эти

чрезвычайные природные явления чередуются, что приводит к нарушению возможности надежного функционирования централизованных систем водоснабжения, то есть потере их устойчивости.

Крымский полуостров – один из наиболее воднодефицитных районов РФ. Наряду с малым количеством собственных водных ресурсов сопутствующая проблема высокая годовая и сезонная неравномерность их распределения, а также по регионам полуострова. С другой стороны, в многоводные годы на реках Крыма происходят экстремальные паводки, в результате которых создаются обширные затопления населенных пунктов, активизируются опасные эрозионные и русловые процессы, что нарушает водную безопасность полуострова [1, 2]. Важным критерием водной безопасности регионов является качество воды, а также общее экологическое состояние водосборных территорий и областей питания поверхностных и подземных водных объектов. При этом на химический состав природных вод, которые

являются источниками в централизованных системах водоснабжения сильное влияние оказывают природноклиматические и местные литологические особенности, режим формирования стока и строение гидрографической сети. С учетом указанных факторов на устойчивость централизованных систем водоснабжения существенное влияние оказывают схемы водоподготовки структура, которых должна обеспечить нормативные требования по качеству воды в том числе с учетом антропогенного воздействия в условиях избытка и дефицита водных ресурсов. Для обеспечения надежной и устойчивой работы систем централизованного водоснабжения необходимо создавать и внедрять многопроцессорные схемы водоподготовки, которые могут обеспечить такие условия.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Проблема антропогенного воздействия в виде распространения отходов и стоков хозяйственной и промышленной деятельности человека, в том числе фармацевтических препаратов и дезинфицирующих средств гигиены и санитарии в окружающей среде, в последнее время стала одной из приоритетных, так как эти вещества обнаруживаются в различных природных средах (вода, почва, донные отложения), и влияют на целостность водных экосистем. Другим антропогенным источником загрязнений водных ресурсов является сельское хозяйство, в частности, растениеводство из-за вносимых на поля органических и неорганических удобрений, а также животноводство, где основным источником являются ветеринарные и стимулирующие рост препараты. Основная часть этих веществ вместе со сточными водами попадает на очистные сооружения, где, в зависимости от их свойств и методов очистки воды, они в той или иной степени подвергаются разложению. В результате того, что разложение может быть не полным, образовавшиеся побочные продукты также представляют опасность для водных ресурсов. Несмотря на высокие степени разбавления и поглощения образующиеся побочные продукты могут попадать в поверхностные источники и водоносные горизонты, что необходимо учитывать.

Анализ результатов гидрохимического мониторинга рек Крыма показывает, что в их воде могут присутствовать загрязнения тяжелыми металлами, в частности свинцом, кадмием и медью, концентрации которых превышают рыбохозяйственные ПДК [3]. Особенно высокие их концентрации наблюдаются в пределах селитебных территорий и ниже мест сбросов с канализационных очистных сооружений. В длительные периоды без дождей загрязнение рек Крыма растет, особенно в приустьевых створах. Также возможны загрязнения рек нитратами и ионами аммония, имеющие смешанное происхождение – в результате сбросов неочищенных сточных вод, а также сельскохозяйственных стоков [3].

При использовании водных ресурсов для целей водоснабжения, должны обеспечиваться нормативные требования СП 31.13330.2021 (СНиП 2.04.02-84*), а по качеству воды, подаваемой на хозяйственно-питьевые нужды требования СанПиН 1.2.3685-21, СанПиН 2.1.3684-21. В частности, установлены категории по степени обеспеченности подачи воды в зависимости от характеристики населенного пункта, а при оценке возможности использования водных ресурсов устанавливается обеспеченность минимальных среднемесячных расходов, водохозяйственный баланс и расходный режим по источникам водоснабжения с прогнозом до 50 лет. При анализе качественной характеристики воды в источнике указывается ее агрессивность и прогноз возможных изменений ее качества с учетом поступления сточных вод, и антропогенного воздействия.

Крымский полуостров в вододефицитном 2020 году столкнулся с серьезной проблемой нехватки пресной, в том числе и питьевой воды, что привело к потере устойчивости системы водоснабжения (СВ) части населенных пунктов включая города Симферополь, Ялту, Алушту, а также более 20 малых населенных пунктов), которые были переведены на график подачи воды [4]. В крупных вододефицитных городах в этот период, также была прекращена централизованная подача горячей воды. К объективным факторам возникновения этого дефицита водных ресурсов на полуострове относятся циклические изменения климатических условий по атмосферным осадкам, глобальные изменения климата, испарения с открытых поверхностей водных объектов, нерациональное использование водных ресурсов, а также невозможности получения воды из Северо-Крымского канала (СКК).

К числу наиболее вододефицитных регионов Российской Федерации относится Крымский полуостров, по территории которого водные ресурсы распределены неравномерно, что объясняется сложными, формами рельефа, высотной поясностью Крымских гор, разнообразием климатических зон, сочетанием южного географического положения полуострова, и влиянием моря, а также ограниченность регулирующих возможностей водохранилищ для удовлетворения ресурсной потребности всех видов потребителей; недостаточная комплексность использования водных ресурсов на отдельных водохозяйственных участках [5]. Для вододефицитных периодов Крымского полуострова, связанных с циклическостью и изменениями режимов осадков, сохраняется проблема поиска методов обеспечения водной безопасности на основе современных подходов по геоинформационным, и современным водным технологиям, в том числе для обеспечения устойчивости систем водоснабжения.

Разблокирование СКК в марте 2022 года и восстановление подачи на полуостров Крым днепровской воды позволяет получать

значительные объемы водных ресурсов. Система водопользования Крымского полуострова на основе использования днепровской воды, подаваемой по СКК, разрабатывалась и создавалась на основе водных технологий середины и конца прошлого века. Поэтому в настоящее время для основного источника водоснабжения маловодных регионов Республики Крым необходимо выполнение комплексной оценки возможности использования воды СКК, которая подвержена значительным антропогенным воздействиям, в том числе преднамеренного характера. Такая оценка должна быть выполнена на основе экономически обоснованных рекомендаций по способам обеспечения устойчивости систем водоснабжения для выполнения реконструкции водопроводных очистных сооружений, с учетом новых документов территориального планирования, новой нормативной базы Российской Федерации по вопросам водоснабжения и водоотведения.

В систему водоснабжения (СВ) традиционно входят следующие функциональные части: водозаборы различного типа, сооружения очистки воды со своей технологической схемой, узлы подачи воды в виде насосных станций, и распределения потоков воды по населенным пунктам и предприятиям.

Устойчивость систем водоснабжения (СВ) во многих исследованиях и на практике принимаются как условие отсутствия перебоев в подаче воды требуемого качества потребителям с обеспечением эксплуатационного уровня количественных параметров на сооружениях подачи и распределения воды по давлению и расходу [5-8]. Понятие устойчивости систем используется для описания их стабильности, процессов или последовательности состояний, как свойства и способности противостоять внешним естественным и антропогенным воздействиям, а также внутренним процессам, которые нарушают структуру и нормальное функционирование как всей системы или процесса, так и отдельных их частей в течение определенного отрезка времени.

Устойчивость систем в общем виде рассматривается как два взаимосвязанных свойства:

- возможность системы сопротивляться воздействиям внешней среды и работать в нормальном режиме с заданными допускаемыми отклонениями;

- способность процесса возвращаться к исходному состоянию после прекращения воздействия, которое нарушило это состояние.

Выполнение действующих нормативных требований в условиях происходящих изменений стабильности природно-климатических условий, растущей антропогенной нагрузки на водные ресурсы не могут гарантировать обеспечение устойчивости систем водоснабжения. К примеру, обеспечение высоких показателей надежности СВ и всех ее элементов: водозаборов, сооружений очистки и подачи, при дефиците воды в источниках водоснабжения, при существенном изменении ее

показателей качества, не могут обеспечить устойчивость системы, и требует принятия специальных дополнительных технических, технологических и организационных решений. Это отражено в ГОСТ 2761-84 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения», где указана возможность применения дополнительных методов при очистке воды уже 2-го класса, и тем более необходимость использования дополнительных методов для воды 3-го класса. Поэтому необходимо оценивать способы обеспечения качественного и устойчивого функционирования СВ, которые характеризуются открытостью, изменчивостью и стохастичностью, в виду действия различных объективных и субъективных факторов.

Под устойчивой работой системы водоснабжения понимается бесперебойная подача воды потребителям с ее поддержанием в работоспособном состоянии. Это обеспечивается количественными показателями, а главное, показателями качества воды в соответствии с требованиями действующих нормативных документов, в условиях возможных различных отклонений природно-климатических условий от проектных.

Наибольшие риски потери устойчивости СВ проявляются в вододефицитных регионах, как по причине снижения доступных объемов водных ресурсов, так и в связи с изменением показателей качества исходной воды, что обусловлено воздействиями внешней среды и антропогенных факторов. Для преодоления этих рисков необходима оценка способов адаптации к возможным диапазонам внешних воздействий на СВ с целью обеспечения их устойчивости.

Несмотря на то, что пресная вода является частью глобальной системы природопользования, в ней основное влияние имеют региональные или локальные системы водопользования, то есть то, как водные ресурсы используются и управляются на местном и региональном уровнях [3, 9, 10]. Поэтому основные проблемы обеспечения устойчивости систем водоснабжения также необходимо разрабатывать для регионального или локального уровня, и в первую очередь для вододефицитных регионов.

Для анализа устойчивости любой технической системы, необходимо определять, какие действующие на нее внешние и внутренние факторы, постоянство каких ее свойств и диапазонов изменения параметров, существенны, и в какой мере. Следует также охарактеризовать внешние факторы, а также область допустимых их изменений относительно которых система будет считаться неизменной. В качестве примеров потери устойчивости систем водоснабжения, которые связаны с состоянием водных объектов, можно привести следующие [5, 7]:

- отсутствие заданного уровня воды в источнике водоснабжения не может обеспечить требуемую подачу водозаборных сооружений;

- увеличение ряда характеристик качества исходной воды в паводковый период вне «проектной зоны» очистных сооружений может вызывать нарушение технологического процесса ее очистки;

- существенные изменения концентрации загрязняющих веществ, в том числе выявление новых видов загрязнений, на устранение которых не приспособлены существующие схемы водоподготовки;

- нарушение работоспособного состояния основных элементов системы водоснабжения, функционально связанных с водными объектами.

Все эти условия потери устойчивости требуют перевода системы водоснабжения на другой источник или режим работы, в том числе и в чрезвычайных ситуациях. Это соответствует общему принципу Ле-Шателье-Брауна: «при внешнем воздействии, выводящем систему из состояния устойчивого равновесия, это равновесие смещается в сторону противодействия изменению, то есть в направлении, при котором эффект внешнего воздействия ослабляется». Сложность анализа устойчивости СВ состоит в том, что сохранение, либо нарушение их свойств и режимов может быть вызвано как естественными причинами, так и антропогенным воздействием. Это требует учета и тех, и других в оценочных исследованиях.

Исследования сложных систем на устойчивость в общем виде представляются как решения двух основных задач на определенном временном интервале функционирования:

- оценка устойчивости системы при заданном значении параметров, то есть определение значений параметров, которые приводят к нарушению работоспособности;

- определение диапазонов изменения параметров системы, которые не нарушают ее устойчивость.

Для централизованных систем водоснабжения рассмотрена задача устойчивости, связанная с обеспечением нормативных требований по качеству воды, подаваемой на хозяйственно-питьевые нужды при условиях существенных различий показателей исходной воды, которые обусловлены различными факторами на примере сложного и нестационарного состава воды реки Салгир – самой крупной на Крымском полуострове.

ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ

Главной и решающей частью систем водоснабжения являются водопроводные очистные сооружения (ВОС). Используемые в практике водоподготовки технологические схемы можно классифицировать следующим образом: реагентные и безреагентные; по эффекту осветления; по числу технологических процессов и числу ступеней каждого из них. Процессы обработки воды с применением реагентов протекают интенсивнее и значительно эффективнее, чем безреагентные.

По числу технологических процессов и по числу ступеней каждого из них технологические схемы подразделяют на одно-, двух-, и многопроцессные. Количество технологических процессов и число ступеней каждого из них зависит от требований, предъявляемых к воде потребителем, и качества исходной воды.

Известны основные критерии для выбора технологической схемы и состава сооружений для подготовки питьевой воды в зависимости от мутности и цветности исходной воды водоисточника, а также от требуемой производительности сооружений. Это касается традиционных классических одно- и двухпроцессных схем водоподготовки для вод поверхностных источников второго класса.

В связи с вводом новых СанПиНов в 2021 году появились ограничения по новым показателям качества питьевой воды: общий органический углерод (ООУ), и ХПК, которые никогда ранее не использовались для оценки эффективности очистки поверхностных и подземных вод. Достигнуть этих нормативных показателей при очистке воды оказалось достаточно сложно даже в технологических схемах очистки воды источников второго класса, поэтому появилась необходимость применения дополнительных процессов (методов) в качестве адаптивных многобарьерных схем, в том числе с учетом не стационарности процессов загрязнений.

В начале 2022 года была запущена вода в систему СКК, а комплексная оценка качества, а также состава загрязнений его воды находится только в начальной стадии. В качестве подхода к разработке возможных технологических схем водоподготовки, с учетом экстраординарных и аварийных ситуаций, а также с учетом необходимости достижения норм по ООУ и ХПК, можно использовать результаты работы по очистке воды р. Салгир. Данные исследовательские работы проводились в 2021 году институтом ВОДГЕО, как альтернатива использования воды СКК, в рамках реализации Комплексного плана по обеспечению надежного водоснабжения Республики Крым и г. Севастополя.

Учитывая достаточно сложный и нестационарный состав воды р. Салгир в точке предполагаемого ее отбора для подачи на Водоочистные сооружения Межгорного гидроузла (ВОС МГУ), высокую микробиологическую загрязненность и наличие трудноокисляемых загрязнений, требовалась модификация существующей схемы ВОС. Как было показано в работе [11], основной набор реагентов и состав сооружений были запроектированы для выполнения роли по удалению наиболее легкоизвлекаемых и легкоокисляемых загрязнений из воды, подаваемой по системе СКК р. Салгир.

Таким образом, основной упор в работе предлагалось делать на корректировку реагентной обработки вод. В качестве ключевых показателей, требующих более глубокого снижения, были

выбраны: перманганатная окисляемость (ПМО), бихроматная окисляемость (ХПК), и показатель общих колиформных бактерий (ОКБ).

Для решения задач глубокого снижения в очищенной воде ПМО и ХПК специалистами были предложены следующие решения для модификации проектной схемы:

- введение повышенных доз ПАУ в голове схемы;
- дробное введение ПАУ в схеме очистки;
- сравнительная оценка эффективности различных марок ПАУ;
- использование бесхлорного окислителя.

В качестве альтернативного (бесхлорного) окислителя может быть рассмотрен перманганат калия ($KMnO_4$), выпускаемый в промышленных масштабах. В плане эксплуатации он имеет определенные ограничения и более жесткие правила по обеспечению безопасности в процессе работы и учёта, но в настоящее время эти вопросы решаемы. По практическому опыту проектирования и длительному опыту работы подобных систем, например на водоканале г. Ижевска, система приготовления и дозирования раствора перманганата калия реализуется, как обычное реагентное хозяйство со своими специфическими особенностями [12].

Вторым предпочтительным окислителем для решения целевой задачи является озон. Однако, строительство нового блока озонирования – это совсем другой уровень затрат, чем строительство реагентного хозяйства. Для генерации озона потребуются и значительные энергозатраты, поэтому такое решение должно рассматриваться всегда применительно к местным условиям. Для решения задач глубокого снижения в очищенной воде ОКБ было предложено дооснащение схемы в голове блоком УФ-обеззараживания воды. Несмотря на то, что в традиционных и наиболее распространённых схемах водоподготовки используют УФ на хвосте схемы, то в случае с речной водой реки Салгир, для которой зафиксированный уровень ОКБ доходил до 200 тыс. КОЕ/100мл, данное решение не совсем подходит. Так как сооружения ВОС будут находиться в неудовлетворительном санитарном состоянии, и исключить первичное хлорирование не получится. Кроме того, при таких уровнях микробиологической загрязнённости речной воды, могут возникнуть сложности о признании данного источника, пригодным для питьевого водоснабжения, без предварительного снижения величины ОКБ.

Подача воды СКК в МГУ в вододефицитные периоды создает потенциальную возможность повышения устойчивости централизованных систем водоснабжения населенных пунктов центральной части Крымского полуострова. Для разработки схем водоподготовки, в том числе адаптивных многопроцессорных, при очистке воды СКК на ВОС МГУ необходимо определение марок и дозировок сорбента, типа окислителя, мест УФО в

технологической схеме. Для такой разработки очевидна необходимость проведения систематических пилотных испытаний для получения исходных данных, которые бы гарантировали создание устойчивости и эффективности проектируемой технологии водоподготовки с использованием воды СКК, как на существующих, так и на новых сооружениях.

ВЫВОДЫ

Рассмотрен вопрос устойчивости систем водоснабжения населения, и показаны возможности решения проблем обеспечения надежного водоснабжения населенных пунктов Крыма с учетом внешних воздействий, выводящих эти системы из состояния устойчивого равновесия.

Показана роль системы станций и технологий водоподготовки в общей системе централизованного водоснабжения для обеспечения ее надежного функционирования.

Обоснована необходимость повышения барьерной роли существующих и проектируемых станций водоподготовки централизованных систем водоснабжения Республики Крым путем создания адаптивных многопроцессных схем водоподготовки.

Рассмотрены подходы к разработке возможных технологических схем водоподготовки при использовании воды СКК, с учетом экстраординарных и аварийных ситуаций, а также с учетом необходимости достижения норм на ООУ и ХПК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Багров Н.В., Вахрушев Б.А. К вопросу об активизации неблагоприятных природных процессов в Крыму в начале XXI века // Изменения состояния окружающей среды в странах содружества в условиях текущего изменения климата. М.: Медиа Пресс, 2008. – 232 с.
2. Ермакова Г.С. Экстремальные паводки на реках Крыма в 2021 году / Г. С. Ермакова, О. В. Горелица, К. К. Жбакова, И. В. Землянов, И. Ю. Милютин // Водные ресурсы. 2022, том 49, № 4, С. 460-472.
3. Данилов-Данильян В.И. Научное обеспечение водной безопасности Крыма: проблемы и решения / В. И. Данилов-Данильян, М. А. Козлова, В. О. Полянин, И. В. Чеснокова // Водные ресурсы. 2022, том 49, № 4, С. 363-371.
4. Николенко И.В., Копачевский А.М. Основные направления разработки комплекса мер по решению проблем дефицита воды в Крыму // Строительство и техногенная безопасность. 2021. №21(73). С. 147-160.
5. Василенко С.Л. Устойчивость систем водоснабжения // Интегрированные технологии промышленности. 2006, №3. С. 85-90.
6. Гальперин Е.М. Определение сниженных минимально-допустимых значений параметров

функционирования системы водоснабжения // Вода и экология: проблемы и решения. – 2003. – № 4. – С. 11–16.

7. Бивалькевич А.И., Похил Ю.Н., Никитин А.М. Принципы устойчивого и надежного обеспечения работы систем водоснабжения и водоотведения // Водоснабжение и санитарная техника. 2004. № 3. С. 4–6.

8. Храменков С.В. Принципы обеспечения надежности водопроводной сети в условиях сокращения водопотребления // Водоснабжение и санитарная техника. 2003. № 5, ч. 2. С. 27–31.

9. Postel S. The last oasis. Facing water scarcity. – London: Earthscan Publications Ltd., Worldwatch Institute, 1992. – 226 p.

10. Николенко И.В. Анализ наполнения водохранилищ естественного стока для обоснования путей решения проблем обеспечения водной безопасности Республики Крым и города Севастополя/И. В. Николенко, А. М. Копачевский, Э. А. Каримов// Водные ресурсы. 2022. том 49, № 4, С. 407-422.

11. Смирнов А.Д. Оценка возможности повышения барьерной роли сооружений очистки природных вод в периоды экстраординарных ситуаций/ А.Д. Смирнов, А.А. Беляк, М.М. Герасимов, А.А.Свердлик // Водоснабжение и санитарная техника. 2022. № 3. С. 4-14.

12. Герасимов М.М. Проблемы обеспечения населения качественной питьевой водой в условиях работы водоканалов крупных городов/ Герасимов М. М., Смирнов А. Д., Беляк А. А. и др. // Материалы региональной научно-практической конференции. Ижевск, 28-29 июня 2006 г. С. 32-34.

REFERENCES

1. Bagrov N.V., Vakhrushev B.A. On the issue of activation of unfavorable natural processes in the Crimea at the beginning of the XXI century//Changes in the state of the environment in the CIS countries under the conditions of current climate change. Moscow: Media Press, 2008. – 232 p

2.Ermakova G.S. Extreme floods on the rivers of Crimea in 2021/ G.S. Ermakova, O.V. Gorelitsa, K.K. Zhabkova, I. V. Zemlyanov, I.Yu. Milyutina // Water Resources. 2022, volume 49, No. 4, Pp. 460-472.

3. Danilov-Danilyan V.I. Scientific provision of water security of Crimea: problems and solutions / V.I. Danilov-Danilyan, M. A. Kozlova, V.O. Polyanin, I.V. Chesnokova// Water Resources, 2022, volume 49, № 4, Pp. 363-371.

4.Nikolenko I.V., Kopachevsky A.M. The main directions of the development of a set of measures to solve the problems of water scarcity in the Crimea// Construction and technogenic safety. 2021 №21(73). Pp. 147-160.

5. Vasilenko S.L. Stability of water supply systems// Integrated industrial technologies. 2006. № 3. Pp. 85-90.

6. Galperin E.M. Determination of the reduced minimum permissible values of the parameters of the functioning of the water supply system // Water and ecology: problems and solutions. 2003. № 4. Pp. 11-16.

7. Bivalkevich A.I., Pokhil Yu.N., Nikitin A.M. Principles of sustainable and reliable operation of water supply and sanitation systems // Water supply and sanitary equipment. 2004. № 3. Pp. 4-6.

8. Khramenkov S.V. Principles of ensuring the reliability of the water supply network in conditions of reduced water consumption // Water supply and sanitary equipment. 2003. № 5, part 2. Pp. 27-31.

9. Postel S. The last oasis. Facing water scarcity. – London: Earthscan Publications Ltd., Worldwatch Institute, 1992. – 226 p.

10. Nikolenko I.V. Analysis of the filling of natural runoff reservoirs to substantiate ways to solve the problems of ensuring water security of the Republic of Crimea and the city of Sevastopol / I.V. Nikolenko, A.M. Kopachevsky, E.A. Karimov // Water Resources. 2022. Volume 49, № 4. Pp. 407-422.

11. Smirnov A.D. Assessment of the possibility of increasing the barrier role of natural water treatment facilities in periods of extraordinary situations / A.D. Smirnov, A.A. Belyak, M.M. Gerasimov, A.A. Sverdlikov//Water supply and sanitary equipment. 2022. № 3. Pp. 4-14.

12. Gerasimov M.M. Problems of providing the population with high-quality drinking water in the conditions of operation of water utilities in large cities/ Gerasimov M. M., Smirnov A.D., Belyak A. A. et al.// Materials of the regional scientific and practical conference. Izhevsk, June 28-29, 2006. Pp. 32-34.

ENSURING RELIABLE WATER SUPPLY OF THE REPUBLIC OF CRIMEA THROUGH THE INTRODUCTION OF ADAPTIVE MULTI-PROCESS WATER TREATMENT SCHEMES

Nikolenko I.V., Safonov A.N., Gerasimov M.M., Belyak A.A., Sverdlikov A.A.

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Academy of construction and architecture,
181, Kievskaya str., Simferopol, 295050, Russian Federation

Abstract. The article presents approaches to ensuring reliable water supply in the Republic of Crimea. It is shown that for the water-deficient periods of the Crimean Peninsula associated with cyclical and changes in precipitation regimes, the problem of finding methods to ensure water safety based on modern water technologies remains for guaranteed water supply that meets current regulatory requirements. The concept of stability of the water supply system is considered, which is used to describe the stability of water supply processes of the required quality and the sequence of states to achieve it. To ensure reliable and stable operation of centralized water supply systems, the conditions for creating and implementing multiprocessor water treatment schemes that can provide such conditions are considered. For existing and projected water treatment plants of centralized water supply systems of the Republic of Crimea, the need to increase the barrier role by creating adaptive multi-process water treatment schemes is justified.

Subject of study: Stability of centralized water supply systems and analysis of the causes of loss of stability, which are associated with significant changes in the concentration of pollutants, including the identification of new types of pollution, for the elimination of which existing water treatment schemes are not adapted.

Materials and methods: Methodological approaches to the study of complex systems for stability based on the classical theory of stability by A.M. Lyapunov. Assessment of the stability conditions of complex technical systems under various conditions in relation to water supply systems.

Results. For the complex and non-stationary composition of the Salgir River water, at the point of its intended selection, the need for modification of the existing water treatment scheme was established, which, according to the main set of reagents and the composition of structures, were designed to perform the role of removing the most easily recoverable and easily oxidized pollutants from the water. Modifications of the design scheme based on adaptive multi-process water treatment schemes to achieve the required indicators of drinking water quality are proposed.

Conclusions. The expediency of solving the problems of providing reliable water supply to settlements in the Crimea, taking into account external influences that bring these systems out of a state of stable equilibrium based on the use of adaptive multi-process water treatment schemes, is shown.

Key words: Crimean water supply, stability of water supply systems, sewage treatment plants, increasing the barrier role, multi-process schemes