

И. Л. Капустин¹, А. В. Дубровский²

Инновационные методы водообеспечения мегаполисов на примере города Новосибирска

¹МУП г. Новосибирска «ГОРВОДОКАНАЛ»,

²Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация,
e-mail: avd5@ssga.ru

Аннотация. В статье рассмотрены современные технологии водоподготовки, внедрённые на насосно-фильтровальных станциях г. Новосибирска. Проанализирована многобарьерная схема очистки поверхностных вод реки Обь, включающая применение оксихлорида алюминия, современных флокулянтов, автоматизированных систем промывки фильтров и ультрафиолетового обеззараживания. Показано, что внедрение инновационных решений позволило снизить расход реагентов в 3–4 раз, повысить эпидемиологическую безопасность и оптимизировать эксплуатационные затраты. Приведено сравнение с лучшими отечественными и зарубежными практиками.

Ключевые слова: водоподготовка, многобарьерная очистка, ультрафиолетовое обеззараживание, оксихлорид алюминия, автоматизация, гидравлическое моделирование

I. L. Kapustin¹, A. V. Dubrovskiy²

Innovative methods of water supply in megalopolises on the example of Novosibirsk city

¹Municipal Unitary Enterprise of Novosibirsk «GORVODOKANAL»

²Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation,
e-mail: avd5@ssga.ru

Abstract. The article discusses modern water treatment technologies implemented at the pumping and filtration stations of Novosibirsk. The multi-barrier purification scheme for surface waters of the Ob River is analyzed, including the use of aluminum oxychloride, modern flocculants, automated filter washing systems, and ultraviolet disinfection. The implementation of innovative solutions has reduced reagent consumption by 3–4 times, improved epidemiological safety, and optimized operating costs. A comparison with the best domestic and foreign practices is provided.

Keywords: water treatment, multi-barrier purification, ultraviolet disinfection, aluminum oxychloride, automation, hydraulic modeling

Введение

Современные мегаполисы сталкиваются с комплексной проблемой обеспечения населения качественной питьевой водой на фоне устойчивого загрязнения поверхностных водоисточников. Подавляющее большинство поверхностных источников воды в последнее время подвергается нарастающему воздействию вредных антропогенных факторов. Питьевая вода является необходимым элементом жизнеобеспечения населения, и от её качественных показателей зависит здоровье человека [1–2].

Снабжение мегаполиса чистой водой не только повышает комфортность проживания населения и санитарно-эпидемиологическую безопасность, но и увеличивает финансовую привлекательность недвижимости города для жителей и инвесторов. Как показывает практика, надежное водоснабжение является одним из факторов, повышающих рыночную стоимость недвижимости в городе. Для Новосибирска, использующего в качестве источника водоснабжения реку Обь, проблема качества воды стоит особенно остро в связи с сезонными колебаниями состава речной воды и возрастающей антропогенной нагрузкой [3]. Целью статьи является выполнение системного анализа современных методов и технологий водоподготовки, внедрённых на объектах МУП «Горводоканал» г. Новосибирска, с оценкой их эффективности и сравнением с передовыми отечественными и зарубежными аналогами.

Методы и средства

Централизованным источником питьевого водоснабжения г. Новосибирска является поверхностный водоисточник – река Обь. Водоподготовка осуществляется на двух насосно-фильтровальных станциях – НФС-1 и НФС-5, общей проектной производительностью 950 тыс. м³/сут. Современная концепция водоподготовки основана на принципе многобарьерной очистки, которая включает следующие этапы [1–3].

Реагентная обработка. В технологии очистки применяется коагулянт нового поколения – оксихлорид алюминия, который по сравнению с традиционным сернокислым алюминием обладает рядом существенных преимуществ: хлопьеобразование не зависит от водородного показателя и температуры воды; устраняется стадия предварительного подщелачивания; снижается кислотная коррозия коммуникаций; отмечается более высокая скорость хлопьеобразования. Применение оксихлорида алюминия позволило снизить потребление товарного реагента в 3–4 раза. Использование современных флокулянтов обеспечило сокращение их расхода в 20–25 раз.

Осветление и фильтрация. Технологическая схема включает смесители мгновенного действия, горизонтальные отстойники и скорые фильтры. Внедрённая система автоматизации промывки фильтров позволяет увеличить продолжительность фильтроцикла, сократить расход воды на промывку, контролировать рабочие характеристики фильтров и исключить человеческий фактор.

Ультрафиолетовое обеззараживание. В системе водоснабжения города внедрена современная мультибарьерная технология, предусматривающая комбинированное применение УФ-излучения и хлорирования. С 2010 года на НФС-1, а затем на НФС-5 были введены в эксплуатацию станции УФ-обеззараживания. Цеха оснащены отечественным оборудованием с амальгамными лампами повышенной мощности со сроком службы не менее 16 000 часов. По четыре установки горизонтального типа в каждом цехе позволяют обрабатывать до 40 тыс. м³/час воды. Общая проектная производительность станций УФ-обеззараживания составляет 1 млн. м³/сут. [4].

Управление водопроводной сетью. Для управления распределением воды в городской сети установлено более 30 регуляторов давления, позволяющих исключить значительные колебания давления и повысить надёжность работы водопроводной сети. Все изменения в работе системы (отключения участков, подключение новых потребителей, изменение режима работы насосных станций) предварительно просчитываются с использованием гидравлической модели сети.

Результаты

Внедрение комплекса инновационных технологий позволило достичь следующих результатов.

Снижение расхода реагентов: потребление оксихлорида алюминия снизилось в 3–4 раза, флокулянтов – в 20–25 раз по сравнению с традиционными схемами [4].

Повышение эпидемиологической безопасности: УФ-обеззараживание в комбинации с хлорированием обеспечивает эффективную инактивацию вирусов (в том числе COVID-19) и цист патогенных простейших, устойчивых к химическому воздействию. Создан надёжный барьер в отношении распространения массовых инфекционных заболеваний в водопроводной сети [3].

Оптимизация эксплуатационных затрат: автоматизация процессов промывки фильтров и дозирования реагентов позволила снизить эксплуатационные расходы, уменьшить трудоёмкость операций и сократить расход воды на собственные нужды станций.

Повышение надёжности сетей: применение регуляторов давления и гидравлического моделирования обеспечило бесперебойность подачи воды конечным потребителям в необходимом объёме и с гарантированным напором.

По данным официальных источников, Новосибирск стал одним из крупнейших городов России, где вся питьевая вода проходит обработку ультрафиолетом, а затем хлором. МУП «Горводоканал» г. Новосибирска является одним из самых развитых коммунальных предприятий России.

Обсуждение

Сравнение новосибирской схемы водоподготовки с лучшими отечественными и зарубежными практиками позволяет выделить несколько ключевых аспектов.

Санкт-Петербург был первым мегаполисом России, который отказался от использования жидкого хлора для обеззараживания воды. Комплекс УФ-систем города общей проектной производительностью свыше 5,5 млн м³/сут на момент запуска в 2008 году стал крупнейшим в мире. Как и в Новосибирске, в Северной столице применяется многобарьерная схема обеззараживания на основе преамонизации, хлорирования на базе безопасного гипохлорита натрия и УФ-технологии. По итогам перехода на эту схему Управление Роспотребнадзора по Санкт-Петербургу констатировало снижение заболеваемости гепатитом А со 124 случаев на 100 тыс. человек в 2004 году до 3,3 случаев к 2011 году. Новосибирский опыт отличается применением первичного и вторичного хлорирования в

сочетании с УФ-облучением, что создаёт дополнительный барьер на этапе транспортировки воды по распределительной сети [5].

Исследования, проведённые в Кузбассе, подтвердили эффективность оксихлорида алюминия по сравнению с сульфатом алюминия: уменьшение дозы реагента по Al_2O_3 на 15–30 %, повышение качества очищенной воды по мутности и цветности, снижение коррозии водопроводных труб, сокращение объёма образующегося осадка в 2–3 раза. Новосибирский опыт демонстрирует сопоставимые результаты, при этом снижение расхода реагента в 3–4 раза превосходит показатели других регионов.

Использование гидравлических моделей для управления водопроводными сетями является современной мировой практикой. Как показывает опыт Санкт-Петербурга, гидравлические модели используются для решения сложных инженерных задач, включая многовариантные расчёты, определение диктующих точек для формирования системы управления насосными станциями и повышение достоверности результатов. В Новосибирске данный подход дополнен установкой регуляторов давления, что обеспечивает комплексное решение проблемы гидравлических режимов [6].

Экономическое сравнение двух методов обеззараживания (гипохлорит натрия и УФ-облучение) показывает, что годовая экономия эксплуатационных расходов при внедрении УФ-обеззараживания составляет 50% и более при сопоставимых капитальных затратах. Кроме того, УФ-технология исключает образование токсичных хлорорганических соединений и загрязнение окружающей среды. Новосибирский опыт комплексного перехода на современные реагенты и УФ-обеззараживание демонстрирует высокую экономическую эффективность при обеспечении стабильного качества питьевой воды.

Таким образом, технологическая схема водоподготовки г. Новосибирска соответствует мировым тенденциям и является одной из наиболее прогрессивных в Российской Федерации.

Заключение

Основными достижениями применения инновационных методов водообеспечения города Новосибирска, является:

- внедрение многобарьерной схемы водоподготовки на насосно-фильтровальных станциях г. Новосибирска обеспечивает высокое качество питьевой воды, соответствующее современным санитарным нормам, включая требования СанПиН 1.2.3685–21 [7];
- применение оксихлорида алюминия и современных флокулянтов позволяет снизить расход реагентов в 3–4 раза, уменьшить коррозионную активность воды и сократить объём образующихся осадков;
- комбинированное использование УФ-обеззараживания и хлорирования создаёт надёжный барьер против всех типов микроорганизмов, включая вирусы и цисты простейших, устойчивые к химическому воздействию; – автоматизация процессов промывки фильтров и дозирования реагентов в сочетании с гидра-

влическим моделированием сети обеспечивает оптимизацию эксплуатационных затрат и надёжное водоснабжение потребителей;

– опыт Новосибирска сопоставим с лучшими мировыми и отечественными практиками (Санкт-Петербург, Кузбасс) и может быть рекомендован для внедрения в других городах с аналогичными условиями водоснабжения;

– созданы комфортные условия жизнедеятельности населения города Новосибирска, заключающиеся в качественном водоснабжении питьевой водой и эффективной системе водоочистки, при этом повышается привлекательность объектов недвижимости на территории города, не испытывающего проблем с качественной питьевой водой [8–9].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Похил Ю.Н., Новошинцев В.Н., Костюченко С.В., Волков С.В., Ткачев А.А. Комплексное решение проблем обеззараживания природных и сточных вод в современных условиях в масштабах г. Новосибирска // Водоснабжение и санитарная техника. 2024. № 4. С. 5–10. DOI: 10.35776/VST.2024.04.01.
2. Похил Ю.Н., Новошинцев В.Н. и др. Применение УФ-обеззараживания в системах водоснабжения и водоотведения г. Новосибирска // Водоснабжение и санитарная техника. 2019. № 4. С. 32–35
3. Похил Ю.Н., Багаев Ю.Г. и др. Подготовка воды высокого качества в г. Новосибирске // Водоснабжение и санитарная техника. 2017. № 7. С. 18–24
4. Баронова А.В., Игнатова А.Ю. Очистка промышленных сточных вод коагулянтom оксихлоридом алюминия // Материалы научной конференции. Кузбасский государственный технический университет, 2019
5. Мельник Е.А. и др. Гидравлическая модель в системе управления водопроводной сетью Санкт-Петербурга // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. № 3. С. 20–23
6. Федоров С.В., Столбихин Ю.В., Новикова А.М. Моделирование резервуарного парка на площадке водопроводных очистных сооружений // Вестник гражданских инженеров. 2018. Т. 23. № 4. С. 27–33
7. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. СанПиН 1.2.3685-21. – М.: Роспотребнадзор, 2021.
8. Анализ ценообразующих факторов, оказывающих влияние на кадастровую стоимость недвижимости / А. В. Дубровский, А. Л. Ильиных, О. И. Малыгина, В. Н. Москвин, А. В. Вишнякова. – Вестник СГУГиТ. – Том 24, № 2, 2019. – С. 150–170.
9. Дубровский, А. В. К вопросу влияния чрезвычайных ситуаций на кадастровую стоимость недвижимости / А. В. Дубровский, Я. К. Мишустина. – Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр., 17–21 апреля 2017 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» : сб. материалов в 2 т. Т. 2. – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – С. 117–122.

© И. Л. Капустин, А. В. Дубровский, 2026