

НТД

НАИЛУЧШИЕ
ДОСТУПНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ



Водоснабжение: проблемные
вопросы и внедрение
современных технологий

(подборка из журнала “Наилучшие Доступные
Технологии водоснабжения и водоотведения”)

Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации в 2014-2015 гг. во исполнение постановления Правительства Российской Федерации от 20.09.2014 № 961 осуществляет разработку справочника о наиболее эффективных технологиях, применяемых при модернизации (строительстве, создании) объектов коммунальной инфраструктуры.

В соответствии с нормативными требованиями справочник будет регулярно актуализироваться и пополняться.

Журнал «Наилучшие Доступные Технологии водоснабжения и водоотведения» публикует информацию о современных технологиях, проводит экспертный анализ практики их применения на предмет включения в справочник, осуществляет популяризацию справочника.

Данный сборник **«Водоснабжение: проблемные вопросы и внедрение современных технологий»** содержит профессионально подготовленную журналом информацию, позволяющую специалистам ознакомиться с технологическими, техническими и экономическими аспектами внедрения НДТ.

Приглашаем профильные подразделения администраций субъектов Федерации и органов местного самоуправления, предприятия водопроводно-канализационного хозяйства использовать журнал «Наилучшие Доступные Технологии водоснабжения и водоотведения» в своей работе, в том числе при планировании строительства и модернизации объектов водоснабжения и водоотведения.

Предлагаем направлять в экспертную группу журнала «НДТ» (info@vodexp.com) информацию о применяемых эффективных технологических решениях и лучших практиках в сфере водоснабжения и водоотведения.

СОДЕРЖАНИЕ

Состояние и перспективные направления развития технологий и средств очистки природных вод	3
Современные методы конструирования новых и модернизации находящихся в эксплуатации сооружений водоподготовки.....	19
Интенсификация проведения процесса коагуляционной очистки воды.....	24
Опыт использования инфильтрационных сооружений в Красноярске.....	33
ДИКЛАР – инновационная технология XXI века для очистки природных и сточных вод	37
Очистка питьевой воды от трихорэтилена и тетрахлорэтилена на водоканале города Троицка.....	48
Отечественное оборудование в сфере импортозамещения электролизных установок крупнотоннажного производства гипохлорита натрия для обеззараживания питьевых и сточных вод	54
Внедрение инновационных технологий на объектах водоснабжения города Новосибирска.....	64
Стратегия управления потерями воды	74
Выбор места установки и монтаж регуляторов давления на основе результатов гидравлического моделирования.....	83

Состояние и перспективные направления развития технологий и средств очистки природных вод

Журба М.Г.
ЦЕНТР ИННОВАЦИЙ
В ОБЛАСТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ
И ВОДООТВЕДЕНИЯ
ОАО «Мосводоканал-
НИИПРОЕКТ»

Большинство отечественных систем водоснабжения крупных и средних населенных пунктов и промышленных предприятий в последние десятилетия проектировались и создавались, в первую очередь, на базе более доступных водозаборов из открытых водоисточников. В начале массового строительства этих систем не всегда прогнозировалась вероятность относительно быстрого во времени ухудшения качества поверхностных вод, связанного с интенсивным развитием химических, горнодобывающих, металлургических, лесоперерабатывающих и других производств.

Существенный вред качеству природных вод, используемых в системах водоснабжения, нанесла в свое время реализация широкомасштабных планов по химизации и мелиорации сельскохозяйственных земель. Отрицательную роль сыграло недостаточное соблюдение природоохранных мероприятий, которые требовалось осуществлять одновременно с использованием гербицидов, пестицидов, сбросом дренажных засоленных стоков с полей орошения, строительством прудов-накопителей. Чрезмерное зарегулирование русел рек на равнинных территориях, сброс в водотоки и водоемы в больших количествах недостаточно очищенных бытовых и промышленных сточных вод, диффузные стоки с полей и городских территорий, чрезвычайные ситуации и аварийные выбросы токсичных элементов (включая радиоактивные) – все это также привело к значительному ухудшению качества вод в источниках хозяйственно-питьевого водоснабжения. Действующий в настоящее время ГОСТ 2761-84 «Источники централизованного питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора» морально устарел и нуждается в серьезной переработке. На сегодняшний день отсутствует научно-обоснованная и аргументированная должным образом методология оценки качества исходной воды в местах водозаборов применительно к выбору технологической схемы ее очистки и обеззараживания. Эта задача существенно

БОЛЬШИНСТВО ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СИСТЕМ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ КРУПНЫХ И СРЕДНИХ
НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ И ПРОМЫШЛЕННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ В ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ
ПРОЕКТИРОВАЛИСЬ И СОЗДАВАЛИСЬ, В ПЕРВУЮ
ОЧЕРЕДЬ, НА БАЗЕ БОЛЕЕ ДОСТУПНЫХ
ВОДОЗАБОРОВ ИЗ ОТКРЫТЫХ ВОДОИСТОЧНИКОВ.

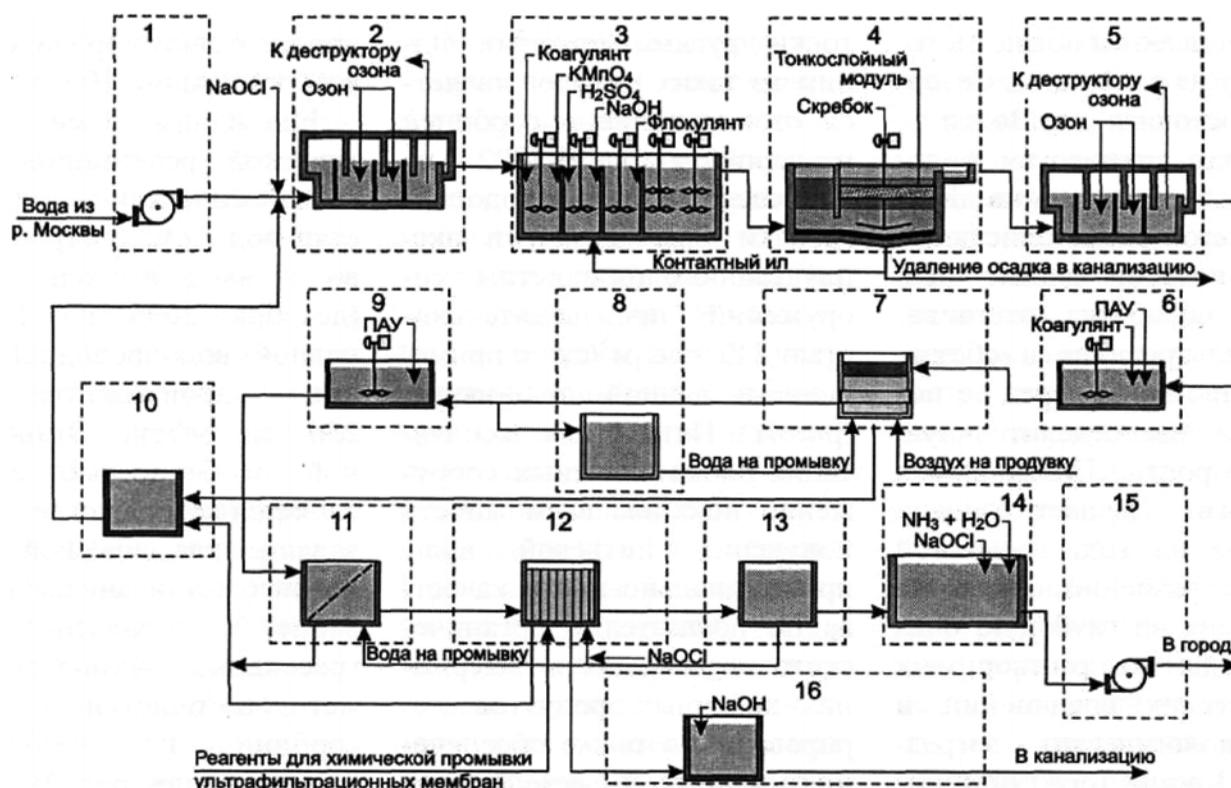
усложнилась в связи с периодическим или постоянным присутствием в воде в местах водозаборов ингредиентов антропогенного происхождения, диапазон изменения концентраций которых в течение года может быть весьма значительным.

Большей защищенностью от антропогенных загрязнений характеризуются подземные воды. Однако при величине разведанных и утвержденных запасов подземных вод в России около $20 \text{ км}^3/\text{год}$ на нужды питьевого водоснабжения используется $8\text{--}10 \text{ км}^3/\text{год}$. Их распределение по регионам России весьма неравномерно. Большое количество от общего их числа требует предварительного снижения в воде содержания железа, марганца, фтора, агрессивного диоксида углерода, сероводорода, бора, брома, стабильного стронция, солей жесткости и других ингредиентов.

В связи с тем, что проблеме охраны источников питьевого водоснабжения в течение длительного времени на практике не уделялось должного внимания, их загрязнение

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПОДГОТОВКИ ВОДЫ ДЛЯ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ, БАЗИРУЮЩАЯСЯ НА ОЗОНО-СОРЕЦИИ И УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ НА ЮГО-ЗАПАДНОЙ СТАНЦИИ ВОДОПОДГОТОВКИ г. МОСКВЫ

- 1 – НАСОСНАЯ СТАНЦИЯ ПЕРВОГО ПОДЪЕМА;
- 2, 5 – КОНТАКТНЫЙ БАССЕЙН;
- 3 – СМЕСИТЕЛЬ С КАМЕРОЙ ХЛОПЬЕОБРАЗОВАНИЯ;
- 4 – ОТСТОЙНИК;
- 6, 9 – КОНТАКТНАЯ КАМЕРА;
- 7 – ДВУХСЛОЙНЫЙ ФИЛЬТР, ЗАГРУЖЕННЫЙ ПЕСКОМ И ГИДРОАНТРАЦИТОМ;
- 8, 13 – РЕЗЕРВУАР-НАКОПИТЕЛЬ ВОДЫ ПОСЛЕ ПРОМЫВКИ;
- 10 – ТО ЖЕ ПОСЛЕ ПРОМЫВКИ;
- 11 – ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ФИЛЬТР;
- 12 – ФИЛЬТР С УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННЫМИ МЕМБРАННЫМИ МОДУЛЯМИ;
- 14 – РЕЗЕРВУАР ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ;
- 15 – НАСОСНАЯ СТАНЦИЯ ВТОРОГО ПОДЪЕМА;
- 16 – РЕЗЕРВУАР НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ВОДЫ ПОСЛЕ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫВКИ



ГЛАВНЫЙ КРИТЕРИЙ

и истощение привело к тому, что забираемая из них вода не может считаться натуральным продуктом, безопасным для здоровья людей.

Ввод с 2001 года в действие новых СанПиН 2.1.4.1074-01, регламентирующих качество питьевых вод, ужесточил требования к санитарно-гигиенической надежности станций водоподготовки. В то же время, существующие в настоящее время станции очистки и обеззараживания поверхностных вод, реализующие в основном реагентную обработку воды в отстойниках и скорых фильтрах с первичным и вторичным хлорированием, оказались не всегда способными обеспечить требуемую санитарную безопасность и надлежащие вкусовые качества подаваемой потребителям воды.

**Озонаторная
на Юго-Западной
станции
водоподготовки
г. Москвы**



Положение усугубляется вторичным загрязнением уже очищенной воды в разводящей водопроводной сети, 70–80 % которой по России требует замены или капитального ремонта. По данным Роспотребнадзора России, в 2011 году 22 % проб по санитарно-химическим показателям и 18 % по микробиологическим показателям воды, отобранных из водных объектов первой категории, не отвечают гигиеническим нормативам по санитарно-гигиеническим показателям, свыше 4 % проб воды представляют эпидемиологическую опасность.

В таких условиях, по нашему убеждению, нет альтернативы экологически и экономически обоснованному техническому перевооружению и интенсификации существующих водоочистных технологий на станциях централизованных и локальных систем питьевого водоснабжения. Бытовые водоочистительные приборы, широко рекламируемые разработчиками, не в состоянии решить основные задачи водоподготовки в масштабах отдельных регионов и страны в целом.



Оценка современного состояния качества воды в вод источнике и существующих технологий и технических средств очистки природных вод, анализ нормативно-правовой базы в области охраны водных ресурсов и обеспечения населения высококачественной питьевой водой позволяет сформулировать основные стратегические принципы требуемого технического перевооружения систем водоочистки. Их реализация на практике предусматривает:

- системный подход к оценке качества воды в водозаборе с учетом современных антропогенных нагрузок на них (постоянных или периодических) и определении на расчетный период приоритетных видов загрязнителей и их определяющих концентраций с учетом временного фактора присутствия их в местах водозаборов, фазово-дисперсного состояния примесей и их агрегативной и кинетической устойчивости;
- выбор и технических средств водоочистки с учетом не только их достаточной санитарно-гигиенической надежности, но и экономного использования дорогостоящего оборудования, реагентов, материалов, обладающих достаточной экологичностью; обоснование интенсифицированных и новых технологий и технико-экономическое сравнение на стадиях проектирования и внедрения альтернативных технологий и сооружений при их одинаковой водоочистной способности;
- создание структурных и математических моделей для решения оптимизационных задач, как по водоочистным комплексам (станциям) в целом, так и по отдельным блокам и сооружениям водоподготовки;
- разработка и реализация программных средств оперативного управления в оптимальных режимах технологическими процессами на водоочистных станциях при изменяющемся качестве воды, поступающей в «голову» очистных сооружений.



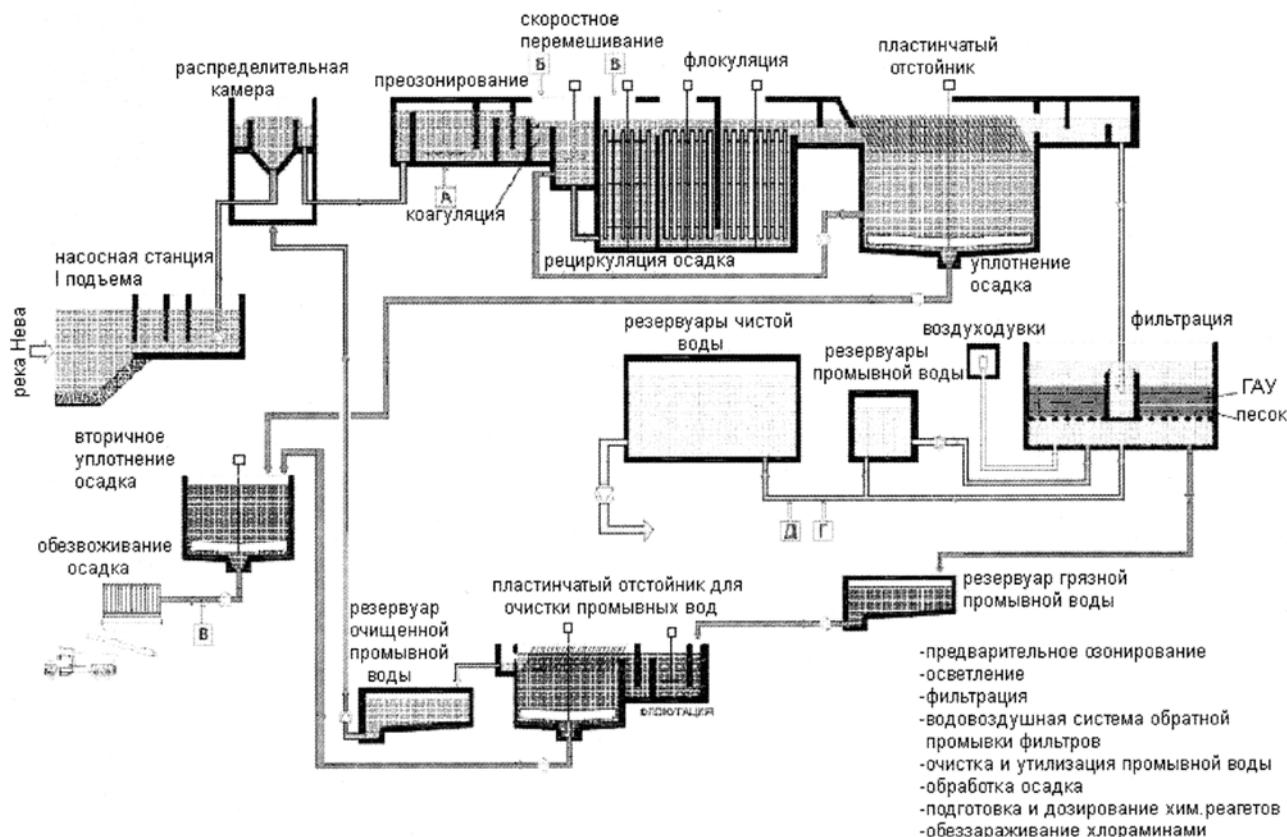
**Юго-Западная станция
водоподготовки г. Москвы
МЕМБРАННЫЕ ФИЛЬТРЫ**

ГЛАВНЫЙ КРИТЕРИЙ

Одной из главных составляющих в общей проблеме получения высококачественной питьевой воды для нужд населения и промпредприятий является выбор надежных технологических схем очистки и кондиционирования воды при изменяющихся под воздействием факторов природного и техногенного происхождения условиях водоотбора из поверхностных и подземных водоисточников, а также качества исходной воды.

Разработанные в 2000–2002 годах классификаторы технологий очистки природных вод и методология их системного обоснования, значительно облегчают решение задач, связанных с проектированием новых, и реконструкцией существующих станций водоочистки. Интенсификация основных процессов водоподготовки из открытых поверхностных водоисточников на ее различных стадиях в мировой и отечественной практике осуществляется в настоящее время в следующих направлениях.

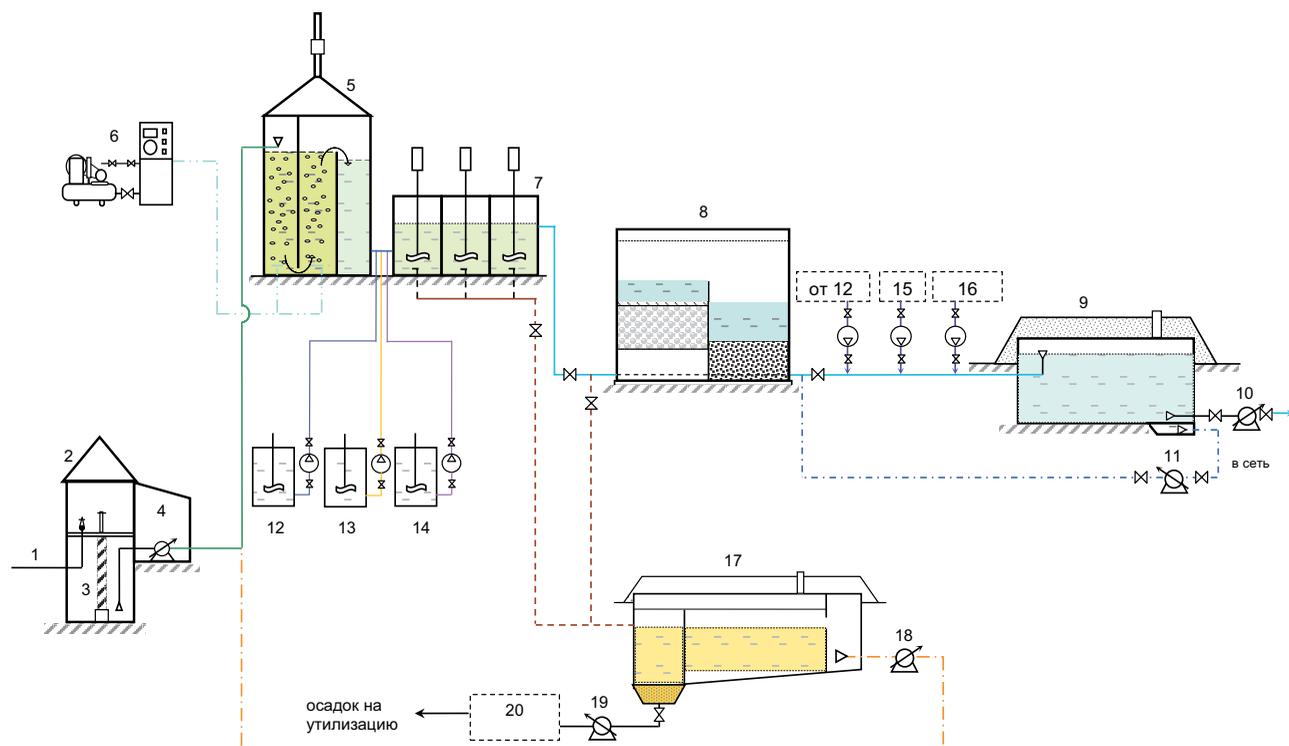
**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА
ПОДГОТОВКИ ВОДОПРОВОДНОЙ
ВОДЫ НА НОВОМ БЛОКЕ К-6
ЮЖНОЙ ВОДОПРОВОДНОЙ
СТАНЦИИ Г. САНКТ-
ПЕТЕРБУРГА**



Реагентное хозяйство. В последние годы в России наблюдается тенденция к расширению ассортимента типов коагулянтов, флокулянтов и реагентов для обеззараживания воды. Все большее практическое применение находит оксихлорид алюминия, положительные качества которого были установлены еще более 40 лет тому назад. Из внедряемых на отечественных станциях, следует отметить применяемые в процессе интенсификации водоочистки коагулянты типа СА, КФ, AVR, PAX, ALG и флокулянты типа ВПК-402, С-577 фирм «Штокхаузен», «Сайтек» и др. Сочетание различных вариантов их применения, мест ввода в соответствии с сезонным изменением устойчивости коллоидов в природных водах и появлением в них специфических загрязняющих веществ позволяют во многих случаях достигать более глубокого извлечения трудноокисляемых и высокодисперсных примесей на последующих стадиях обработки, сокращать продолжительность хлопьеобразования, исключать повышенное содержание остаточного алюминия в очищенной воде.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ОЧИСТКИ ВОДЫ С ПЕРВИЧНЫМ ОЗОНИРОВАНИЕМ, РЕАГЕНТНОЙ ОБРАБОТКОЙ И КОМБИНИРОВАННЫМ ФИЛЬТРОМ С ПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНО-ГРАНИТНОЙ ЗАГРУЗКОЙ (РАЗРАБОТКА ООО НТЦ «ФОНСВИТ»)

- 1 – ТРУБОПРОВОД ПОДАЧИ ВОДЫ ОТ ВОДОЗАБОРА;
- 2 – БЕРЕГОВОЙ КОЛОДЕЦ;
- 3 – ФИЛЬТРУЮЩИЕ КАССЕТЫ; 4 – НС-I;
- 5 – КОНТАКТНЫЙ РЕЗЕРВУАР ПЕРВИЧНОГО ОЗОНИРОВАНИЯ;
- 6 – ОЗОНАТОР;
- 7 – СМЕСИТЕЛЬ-ВОЗДУХОРАЗДЕЛИТЕЛЬ С ЛОПАСТНЫМИ МЕШАЛКАМИ;
- 8 – КОМБИНИРОВАННЫЙ ФИЛЬТР С ПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНО-ГРАНИТНОЙ ЗАГРУЗКОЙ;
- 9 – РЧВ;
- 10 – НС-II;
- 11 – ПРОМЫВНОЙ НАСОС;
- 12-16 – БЛОКИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ РЕАГЕНТОВ: Na_2CO_3 , КОАГУЛЯНТА, ФЛОКУЛЯНТА, NaF , NaOCl ;
- 17 – РЕЗЕРВУАР-ОТСТОЙНИК ПРОМЫВНЫХ ВОД;
- 18 – НАСОС ОСВЕЩЕННОЙ ВОДЫ;
- 19 – НАСОС ОСАДКА;
- 20 – СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ И УПЛОТНЕНИЯ ОСАДКА



ГЛАВНЫЙ КРИТЕРИЙ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПОДГОТОВКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ИЗ ПОВЕРХНОСТНОГО ИСТОЧНИКА TANAL GROUP

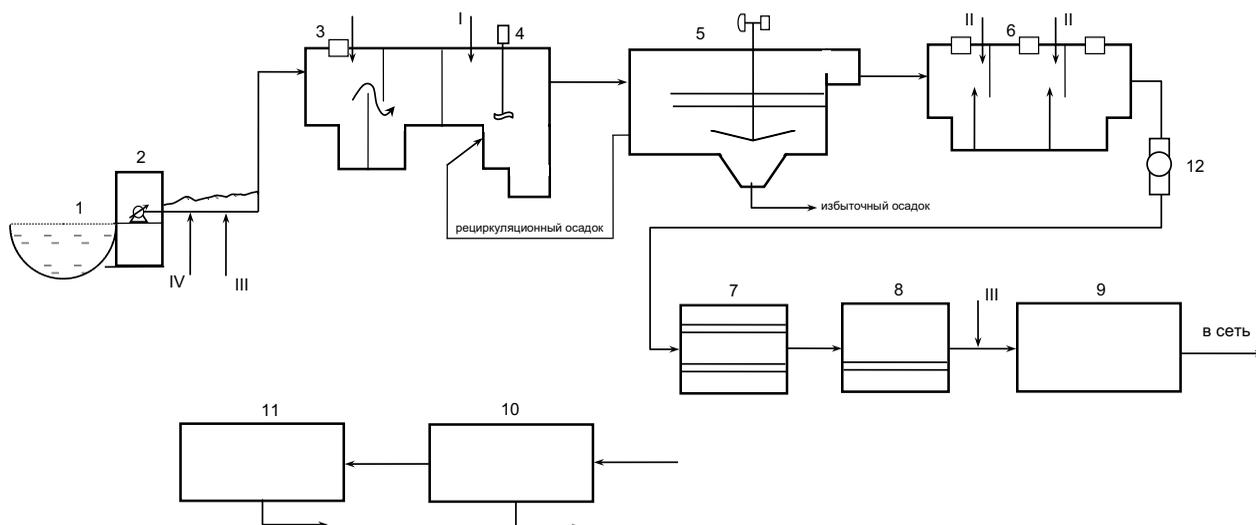
- 1 – ВОДОИСТОЧНИК (РУКАВ «КАЛАНЧА» Р. ДОН);
- 2 – БЕРЕГОВОЙ КОЛОДЕЦ НС-I;
- 3 – КОНТАКТНЫЙ РЕЗЕРВУАР ПЕРВИЧНОГО ОЗОНИРОВАНИЯ;
- 4 – СМЕСИТЕЛЬ С ЛОПАСТНЫМИ МЕШАЛКАМИ;
- 5 – МОДЕРНИЗИРОВАННЫЙ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЙ ОСВЕТИТЕЛЬ СОВЗВЕШЕННЫМ ОСАДКОМ;
- 6 – КОНТАКТНЫЙ РЕЗЕРВУАР ВТОРИЧНОГО ОЗОНИРОВАНИЯ;
- 7 – ДВУХСЛОЙНЫЕ ПЕСЧАНО-АНТРАЦИТОВЫЕ ФИЛЬТРЫ;
- 8 – СОРБЦИОННЫЙ ФИЛЬТР С ГАУ;
- 9 – РЧВ;
- 10 – РЕЗЕРВУАР-НАКОПИТЕЛЬ ПРОМЫВНЫХ ВОД;
- 11 – РЕЗЕРВУАР-НАКОПИТЕЛЬ ДЛЯ ПРОМЫВКИ;
- 12 – НАСОСЫ ПОДКАЧКИ;
- I – КОАГУЛЯНТ;
- II – ОЗОНО-ВОЗДУШНАЯ СМЕСЬ;
- III – ГИПОХЛОРИТ НАТРИЯ;
- IV – УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ

Для станций небольшой производительности при обработке холодных высокоцветных вод является перспективным применение электрокоагуляционных и электрокоагуляционно-флотационных методов. Повышение эффективности реагентного хозяйства достигается магнитной активацией растворов коагулянтов, что способствует более высокому выходу активной части по Al_2O_3 из товарного продукта, а, следовательно, и сокращению эксплуатационных расходов.

Интенсификация процессов смешения растворов реагентов с исходной водой и хлопьеобразования достигается путем внедрения лопастных механических мешалок с регулируемым приводом вращения лопастей, трубных смесителей мгновенного действия, камер хлопьеобразования с контактной зернистой средой с плотностью зерен больше и меньше плотности воды, с псевдо сжиженным зернистым слоем из легких полимерных материалов.

Аэрирование цветных маломутных вод, содержащих органические вещества природного и техногенного происхождения, и их предварительная флотация, также могут привести к существенной экономии коагулянтов и флокулянтов за счет снижения их необходимых доз перед контактным фильтрованием.

Для сокращения расходов реагентов, предотвращения образования хлорорганических соединений в воде при первичном ее хлорировании, уменьшения содержания остаточного алюминия в фильтрате (при «вялой» коагуляции цветных холодных вод в зимне-осенний период) в последние годы в НИИ ВОДГЕО, ИКХ и ХВ Академии наук Украины, Нижегородском ГСУ предложены и исследованы биореакторы с волокнисто-гранульными насадками для иммобилизованной микрофлоры и биосорберы со взвешенным сорбционным слоем из активированного угля.



Придание водозаборным устройствам и сооружениям более значимых водоочистных функций, является также весьма перспективным направлением повышения экономичности работы традиционных станций водоочистки.

Интенсификация процессов отстаивания и осветления поверхностных вод в слоях со взвешенным осадком достигается применением отстойников со встроенными камерами хлопьеобразования, с дискретным отбором осадка по длине сооружений, с перекрестной или обратной схемой тонкослойного отстаивания, с рециркуляцией части осадка в зоне его накопления и осветления воды.

Для высокомутных вод эффективно использование первичного отстаивания в модернизированных отстойниках, близких по своему назначению к отстойникам Айрапетова. Одним из необходимых условий эффективности работы отстойных сооружений, особенно при отстаивании больших объемов высокомутных речных вод, обработанных предварительно реагентами, является своевременное и качественное удаление осадка из зоны его накопления и уплотнения при больших площадях промышленных отстойников.

Традиционно интенсификация процессов фильтрования малоцентрированных суспензий, образующихся после реагентной обработки и отстаивания с мутностью до 20–50 мг/л и цветностью до 50–150 град, осуществляется путем применения фильтрующих материалов с большой удельной поверхностью зерен, с периодическим и дискретным вводом поочередно коагулянтов и флокулянтов перед слоями крупногранульной загрузки, усовершенствованием технологических процессов водо-воздушных промывок фильтрующих загрузок.

При фильтровании полидисперсных примесей с содержанием 100–150 мг/л, рациональным является применение комбинированных многослойных фильтровальных сооружений с фильтрованием в направлении уменьшения крупности гранул и с регулируемым межпоровым пространством гранульно-волокнутой плавающей загрузки.

Увеличение антропогенных нагрузок на водоисточники обусловило необходимость решать на водоочистных станциях не только задачи по удалению взвешенных веществ, цветности, водорослей, но и нефтепродуктов, фенолов, ПАВ, солей тяжелых металлов, азотных соединений. Решение этих задач осуществляется в ряде случаев дополнением

**ДЛЯ СТАНЦИЙ НЕБОЛЬШОЙ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ
ПРИ ОБРАБОТКЕ ХОЛОДНЫХ
ВЫСОКОЦВЕТНЫХ ВОД ЯВЛЯЕТСЯ
ПЕРСПЕКТИВНЫМ ПРИМЕНЕНИЕ
ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИОННЫХ
И ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИОННО-
ФЛОТАЦИОННЫХ МЕТОДОВ.**

традиционных технологий озонированием в несколько ступеней и сорбцией на активированных углях. По такому пути идут последние три-четыре десятилетия специалисты стран Западной Европы и США. В последние годы интенсифицировались эти работы и в России.

С нашей точки зрения, такой путь оправдан в том случае, когда в местах водозаборов в воде наблюдается постоянное присутствие техногенных загрязнений, а экологическая обстановка в данном районе особо неблагоприятна.

Необходимость крупных капиталовложений (150–200 тыс. долларов США на производство 1 кг/ч озона и 2,5–3 тыс. долларов США на приобретение 1 т высококачественного активированного угля), нерешенность на практике задач, связанных с регенерацией через 1–3 года эксплуатации больших объемов отработанных сорбентов, включение в большинстве случаев в технологическую цепь дополнительной станции подкачки (из-за осуществления процессов окисления в 4–6 м по высоте контактных резервуарах озонирования после скорых фильтров), повышенные требования к технике безопасности при эксплуатации озонаторного оборудования – основные причины ограниченного внедрения этих технологий в практику водоснабжения.

Частичная замена озонирования совместной комбинированной обработкой воды ультразвуком с ультрафиолетом возможна лишь в узкой области, ограниченной качественными показателями исходной воды и экономическими факторами.

Заслуживают внимания работы, направленные на комплексную обработку воды озонем, УФ-излучением, атомарным кислородом и радикалами ОН, выполняемые в НИИ высоких напряжений Томского политехнического института.

В тех же случаях, когда период повышенных антропогенных нагрузок на водоисточники ограничен 2–3 месяцами в году, первичное хлорирование воды, вызывающее опасность образования хлорорганических канцерогенных соединений в обрабатываемой и питьевой воде, может быть заменено в некоторых случаях биологической и биосорбционной предочисткой или периодическим вводом более дешевых сорбентов, (например, цеолитов), в крупногранульные слои контактных осветлителей специальной конструкции.

**Значительно
уменьшить дозы
хлора, в том
числе и благодаря
оптимизации
режимов и мест
ввода реагента
во всей системе
распределения
и подачи
воды – вполне
осуществимая
задача.**

Интенсификация и повышение безопасности систем обеззараживания воды осуществляется путем более широкого применения вместо традиционного хлорирования растворов гипохлорита натрия, полученных химическим и электрохимическим путем; УФ-облучения и его комбинацией с озонированием и ультразвуком; более совершенных устройств и приборов для дозирования обеззараживающих агентов в очищенную исходную воду; более надежных способов транспортировки, хранения и разлива жидкого хлора на станциях большой производительности. К сожалению, из-за недостаточной бактериальной чистоты водопроводных сетей, отказаться от хлорирования на заключительной стадии обработки воды в существующих системах (за исключением небольших систем) пока не представляется возможным. Однако значительно уменьшить дозы хлора, в том числе и благодаря оптимизации режимов и мест ввода реагента во всей системе распределения и подачи воды – вполне осуществимая задача.

До настоящего времени в практике водоподготовки не уделяется должного внимания эколого-экономическим аспектам эксплуатации самих водоочистных станций. Прежде всего, речь идет о необходимости более тщательного и обоснованного подхода к проблеме очистки промывных вод, их повторном использовании для технических нужд водопроводных станций

или более глубокой очистки, к продувке емкостей и хранилищ реагентного хозяйства, обезвоживанию и утилизации осадков. Представляется очевидным, что допускаемая в настоящее время технология периодической дозированной подкачки отстойной в резервуарах промывной воды после контактных осветлителей или скорых фильтров в «голову» очистных сооружений морально себя изжила. Недопустимо с экологической точки зрения сбрасывание промывных вод без глубокой их очистки в водотоки ниже места водозабора, особенно с учетом исчерпанной для большинства водотоков и водоемов их способности к самоочищению.

Особое место занимает проблема эксплуатации водоочистных станций в аварийных ситуациях, например, на случай опасного загрязнения воды в местах водоисточников, расположенных выше водозаборов. Эта проблема приобретает особую остроту, когда объект водоснабжения не имеет резервного подземного или поверхностного водоисточника. В этом случае заслуживает внимания создание в районе действующих водозаборов и водоочистных станций регулируемых (иногда аэрируемых) водохранилищ (водоемов) с периодическим водообменом, обеспечивающих 20–30 суточный запас воды для нормального снабжения водой объекта водоснабжения. В этот период забор воды из загрязненного водоисточника не производится. В нормальном режиме эксплуатации такой водоем может служить нейтрализатором токсичного воздействия перехлорирования или вынужденного ввода больших доз коагулянтов на первой стадии водообработки.

**ТЕХНОЛОГИИ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ
ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОТЛИЧАЮТСЯ ОТ
ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ
ВОД БОЛЬШИМ РАЗНООБРАЗИЕМ ПО
РЕАЛИЗУЕМЫХ В НИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ
И БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.**

Технологии кондиционирования подземных вод отличаются от технологий очистки поверхностных вод большим разнообразием по реализуемым в них физико-химическим и биологическим процессам. Обусловлено это спецификой формирования качества вод в подземных горизонтах и характером антропогенных загрязнений, вызванных в большинстве случаев недостатками, допущенными при тампонировании затрубного пространства скважин и несоблюдении режимов хозяйствования в зонах санитарной охраны водозаборов.

Выполненные в Центре инноваций в области водоснабжения и водоотведения ОАО «МосводоканалНИИпроект» анализы и обобщение количественных и качественных показателей загрязнений подземных вод по регионам России (Центральный, Западная Сибирь, Южный Урал), показали, что из фоновых загрязнителей подземных вод наиболее представительными являются железо (до 25 мг/л), марганец (до 3 мг/л), агрессивный углерод (до 120 мг/л), общая минерализация (до 2,0 г/л), фтор (до 8 мг/л), стабильный стронций (до 40 мг/л). Для вод районов Западной Сибири характерны также низкая минерализация, незначительное содержание в воде кальция и магния, присутствие железа в комплексах с гуминовыми фульвокислотами, пониженным содержанием рН (6,2–6,7).

Распространение антропогенных загрязнений в подземных водах коррелирует с районированием мест размещения предприятий промышленной и сельскохозяйственной индустрии. Из органических загрязнителей в нефтегазодобывающих районах наиболее распространенными являются нефтепродукты (~ 1–2 мг/л) и фенолы (~ 10–20 мкг/л).

В сельскохозяйственных районах страны наблюдаются загрязнения подземных вод нитратами (~ 50–200 мг/л), азотом аммонийным (~ 1–5 мг/л). Из тяжелых металлов в подземных водах наиболее часто встречаются свинец, кадмий, медь, никель, хром.

Специфика выбора оптимальных и надежных технологий кондиционирования подземных вод заключается в последовательном или одновременном осуществлении предварительных технологических процессов, которые направлены, в первую очередь, на удаление из воды газов, смещение углекислотного равновесия, придания воде стабильных свойств по отношению к металлическим водам, железобетонным конструкциям, и других методов, способствующих на последовательных стадиях водообработки извлечению лимитирующих загрязнителей из воды и доведение их концентраций до норм СанПиН 2.1.4.1074-01.

В практике дегазации подземных вод наиболее часто удаляют диоксид углерода, кислород, сероводород, реже – метан. В основу методов дегазации воды положены физические процессы воздействия (изменение температуры воды или парциального давления удаленного газа), химические (связывание растворенных в воде газов путем добавления в основном щелочных реагентов), биохимические (использование окислитель-

ной способности микроорганизмов), сорбционно-обменные (с использованием зернистых ионнообменных материалов).

Свободную углекислоту необходимо удалять при катионитовом умягчении, ионообменном обессоливании, обезжелезивании, стабилизации. Для удаления CO_2 и O_2 используют пленочные, вакуумные и пенные дегазаторы различных конструкций.

Для глубокого извлечения сероводорода помимо аэрации воды приходится применять ее подкисление или осуществлять процесс в цикле Н–Na катионирование.

Используя озон, перекись водорода, двуокись марганца и другие окислители перед аэрацией, можно окислить сероводородные соединения до свободной серы, тиосульфатов, сульфидов и сульфатов.

Наибольшее распространение удаления из воды взрывоопасного метана получил метод вакуумной дегазации с принудительным насыщением обрабатываемой воды воздухом или диоксидом углерода.

В современной практике очистки подземных вод широкое внедрение нашли методы обезжелезивания и деманганации подземных вод упрощенным или усиленным насыщением воды кислородом воздуха для окисления двухвалентных форм железа в трехвалентные с последующим фильтрованием через зернистую среду. Области применения других методов (усиленная вакуумно-эжекционная обработка, известкование, катионирование, обработка сильными окислителями типа O_3 , KMnO_4 и др.) с последующим отстаиванием и фильтрованием зависят от содержания железа в карбонатной, бикарбонатной или сернокислой форме, марганца, щелочности, pH, окисляемости, присутствия в воде CO_2 и H_2S . В последние годы в Центре инноваций в области

Распространение антропогенных загрязнений в подземных водах коррелирует с районированием мест размещения предприятий промышленной и сельскохозяйственной индустрии.

водоснабжения и водоотведения ОАО «Мосводоканал-НИИпроект» разрабатываются и внедряются методы, основанные на применении на первой ступени биореакторов-окислителей, комбинированного воздействия ультразвука и ультрафиолета, известкования с последующим отстаиванием и контактным фильтрованием через неоднородную полимерную загрузку с ее гидроавтоматической промывкой. Для небольших производительностей в лаборатории улучшения качества воды разработаны и внедрены мембранные технологии и установки.

При отсутствии альтернативы подземным источником с жесткой и солоноватой водой, подготовка вод питьевого качества может осуществляться известными в промышленном водоснабжении методами ионного обмена, ультрафильтрации и обратного осмоса.

НИИ ВОДГЕО разработано оборудование для проведения процесса скоростной декарбонизации воды известкованием, альтернативное осветлителям со слоем взвешенного осадка. Процесс осуществляется в вихревых реакторах, имеющих гидравлическую нагрузку в несколько раз выше, чем у осветлителей со слоем взвешенного осадка. Образующийся в вихревом реакторе осадок имеет влажность не выше 25 % и не подлежит последующему обезвоживанию. Разработаны ТУ и техническая документация на их изготовление с единичной производительностью от 10 до 100 м³/ч.

При отсутствии альтернативы подземным источником с жесткой и солоноватой водой, подготовка вод питьевого качества может осуществляться методами ионного обмена, ультрафильтрации и обратного осмоса.

В связи с обострением диоксиновой проблемы в ряде районов страны, на протяжении последних лет исследовались процессы сорбционной очистки воды от полихлорбифенилов (ПХБ), полихлордибензофуранов (ПХДФ) и полихлордибензодиоксинов (ПХДД). Разработанная технология сорбционной очистки воды с использованием порошковых сорбентов типа СПДК-27Д, обеспечивающих удаление до 95 % ди- и тетра-изомеров диоксинов, и до 70–90 % изомеров ПХДД внедряется с 1994 г. на водопроводах Уфы и Москвы.

Даже столь краткий анализ современного состояния, проблем и перспектив развития в области очистки природных вод в стране показывает сколь важным является переработка, дополнение и утверждение новой редакции СНиП «Водоснабжение. Наружные сети сооружения», издание обновленных учебников и справочно-учебных пособий по проектированию, строительству и эксплуатации систем и сооружений водоснабжения. В последнее десятилетие переизданы такие важные материалы как «Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации», «Методические указания по внедрению и применению СанПиН 2.1.4.1074-01» и др. Интенсивное продолжение работ в этом направлении – назревшая необходимость.

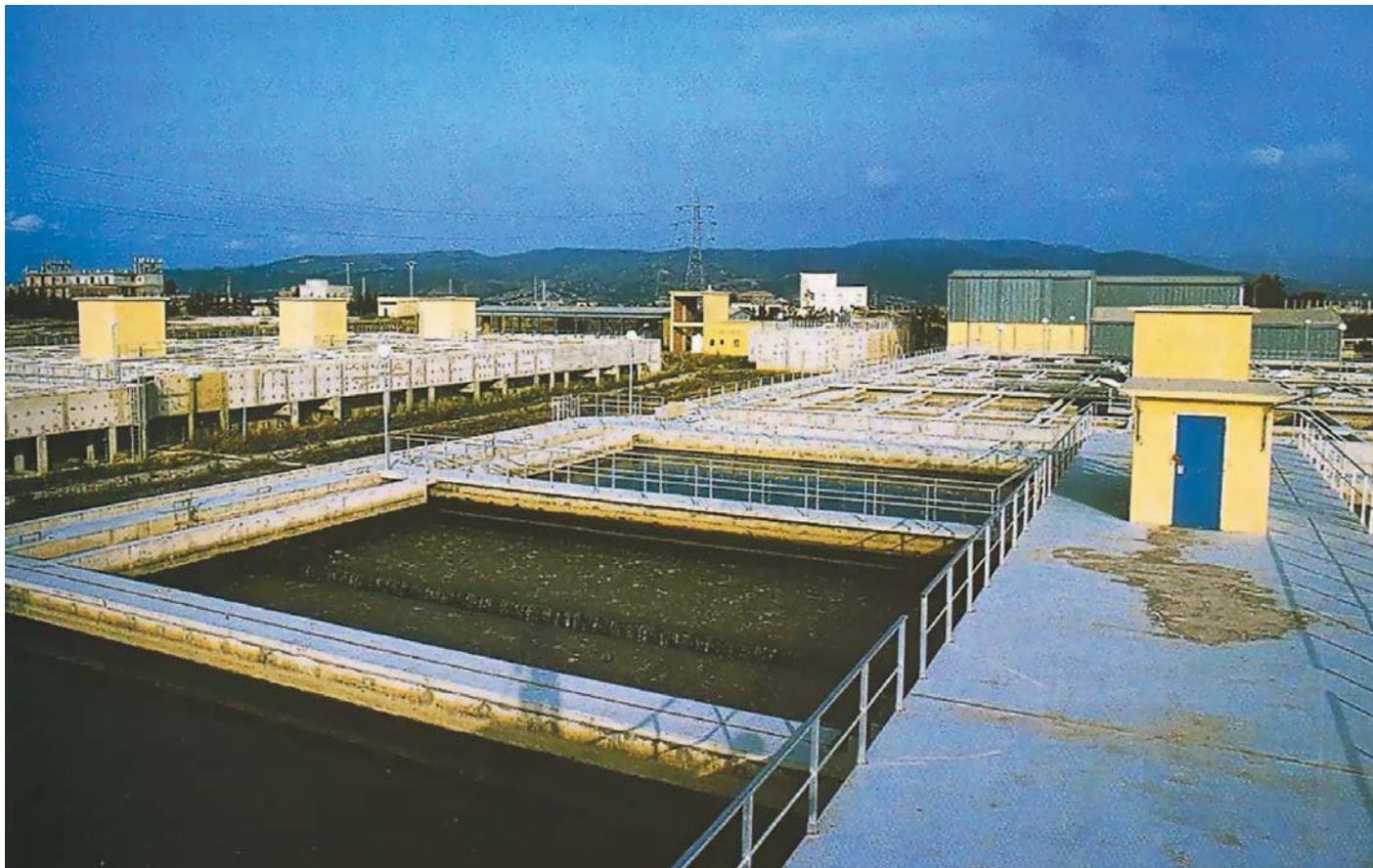
ГЛАВНЫЙ КРИТЕРИЙ

Не менее важным фактором в улучшении общего состояния отечественных систем водоподготовки является возобновление работы испытательных станций, повышение роли ведомственных и межведомственных комиссий для оценки и приемки в производство вновь разрабатываемых технологий и сооружений очистки воды перед их внедрением в проекты, строительство новых и реконструкция существующих станций очистки. Особое внимание заслуживает технико-экономический отбор альтернативных водоочистных технологий и сооружений. Правильный выбор методов технико-экономического обоснования, базирующегося на минимуме приведенных затрат или максимуме чистого дисконтного дохода с максимальным учетом экологических факторов помогут инвесторам избежать ошибок и стратегических просчетов при проведении тендеров и определении сферы вложения капиталов.

Отметим еще одну значимую составляющую развития отрасли – подготовка инженерных кадров и специалистов высшей квалификации для отрасли. Застой в развитии экспериментальной базы научно-исследовательских лабораторий многих ВУЗов и НИИ, сложная экономическая ситуация в сфере образования – острейшие социальные проблемы, угроза будущему нашей науки и отрасли. Решения этих проблем настоятельно требует отечественное водоснабжение.

**Станция подготовки
воды из загрязненных
поверхностных
вод с доочисткой
озонированием и сорбцией
на ГАУ в Графхеме
(Великобритания)
производительностью
360 000 м³/сут.**





ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАНАХ

Говоря о зарубежном опыте известных и модернизируемых в настоящее время технологий и технических средств водоснабжения вообще, следует отметить, что принципиального отличия их применения на практике по сравнению с нашей страной нет. Особенностью можно считать более высокий уровень их производства и технического оснащения, качества изготовления, а также степень применения автоматизации процессов.

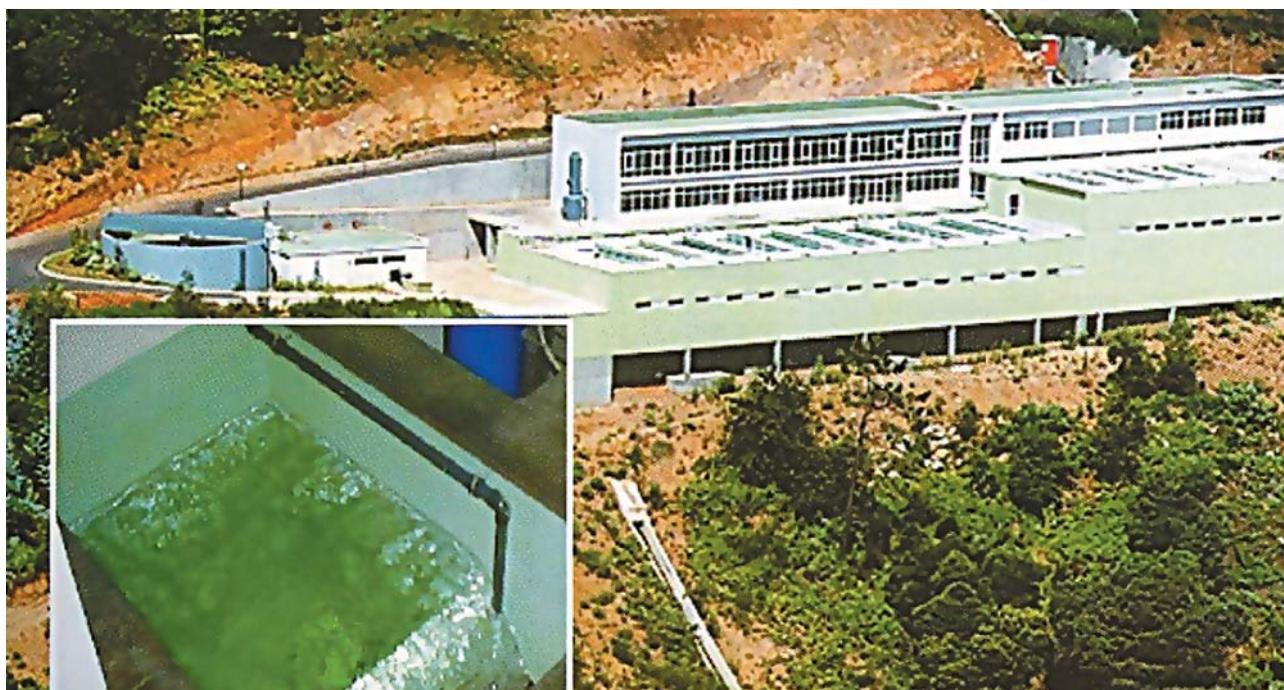
Как везде в мире, в странах Европы основной проблемой водоснабжения является сейчас сохранение имеющихся водоисточников, их пополнение водными ресурсами и рациональное использование. Основным компонентом, влияющим на подбор той или иной технологии, является качество воды и его изменение в течение года.

**Станция в Будау (Алжир)
производительностью
540 000 м³/сут
с применением
контактных
и пластинчатых
отстойников
с предварительным
процеживанием воды
и фильтров**

Как везде в мире, в странах Европы основным компонентом, влияющим на подбор той или иной технологии, является качество воды и его изменение в течение года.

В странах, где хорошо развита отрасль производства станков для бурения скважин на нефть (Норвегия, США, Англия) естественно нет проблем с бурением скважин на воду. Международные корпорации «охватывают» в этих странах и отрасль водоснабжения при создании новых масштабных подземных водозаборов в других странах. Фирмы, имеющие научные испытательные центры, технологию производства новых композитных материалов и труб из них разного назначения и размеров, естественно освоили давно и продолжают усовершенствовать и повышать ассортимент производства трубопроводов для водоснабжения. В них же разрабатываются и комплектующие к ним фланцевые части, арматуры и средства автоматики. К таким фирмам относятся «Scott Bader» Англия, «Banninger» Германия и др.

Установка биологической деферризации в Вест-Пинчбеке (компания «ANGLIAN WATER», Великобритания) производительностью 36 000 м³/сут.



**Станция «Alé
GRIA» с двойной
фильтрацией (Азорские
острова, Португалия)
производительностью
86 000 м³/сут.**



За рубежом продолжают усиленно функционировать на основе кооперации государства и частной собственности Агентства и институты по охране и рациональному использованию водных ресурсов (США, Япония, Франция, Германия), что позволяет решать задачи и объективной экспертизы, и получения значимых достижений в совместных исследованиях теоретического плана в кооперации с учеными государственных и частных университетов. Как и в России, технологии водоподготовки для вод северо-западного региона зарубежных стран предусматривают флотацию с широким набором реагентов, подмешивание осадка в механические камеры хлопьеобразования, сорбцию на финишной стадии улучшения вкусовых качеств воды (Финляндия, Швеция, Дания). В Нидерландах, несмотря на ограниченную территорию, и в Соединённых Штатах Америки важнейшее внимание уделяется зарегулированию имеющихся водных ресурсов. В странах, где отсутствуют источники пресной воды преимущественное развитие получают методы обессоливания с применением полволоконных и плоских мембран для ультра- и нанофильтрации, обратного осмоса (ОАЭ, Саудовская Аравия, Гонконг, Австралия).

В последние годы заметна тенденция расширения сотрудничества отечественных производителей питьевой воды с зарубежными производителями технических средств: мешалок для камер хлопьеобразования (Sulzer), водоприемников (Johnson), дренажных систем для скорых фильтров, флотаторов (Rictor AquaDAF), фильтров-прессов (Bellmer) и центрифуг (Sharples) для обезвоживания осадка, тонкослойных модулей для отстойников (TUBEdek), новых типов фильтрующих материалов, особенно сорбентов и ионообменных материалов, мембранных фильтров для глубокой доочистки питьевой воды (Sartorius).

Анализ рынков сбыта и демонстраций новой техники и технологий на международных выставках последних лет свидетельствует о том, что аналогичная тенденции развития водоснабжения в мире сохранится и в ближайшее десятилетие. ●

Современные методы конструирования новых и модернизации находящихся в эксплуатации сооружений водоподготовки

Вольфтруб Л.И.,
главный технолог
Группы Компаний
«ЭКОХОЛДИНГ», к.т.н.

Корабельников Л.В.,
генеральный директор
Группы Компаний
«ЭКОХОЛДИНГ»

Сомов Д.М.,
ведущий инженер Группы
Компаний «ЭКОХОЛДИНГ»

Специалистам, работающим в области очистки природных поверхностных вод, известно, что в настоящее время наибольшее распространение получили станции водоочистки, работающие по двухступенчатой схеме. В качестве сооружений первой ступени очистки воды используются отстойники или осветлители со слоем взвешенного осадка. В качестве второй ступени – скорые фильтры, загруженные песком или другими фильтрующими материалами.

В отличие от одноступенчатых схем с контактными осветлителями, водопроводные станции, имеющие в своём составе не только фильтровальные, но и отстойные сооружения, являются более гибкими и надёжными в эксплуатации.

В то же время, совершенно очевидно, что традиционные отстойные сооружения обладают рядом существенных недостатков (низкие коэффициенты объёмного использования, неустойчивый турбулентный режим осаждения в высоких слоях воды и ряд других).

Поэтому за прошедшие годы как в нашей стране, так и за рубежом, были разработаны различные методы, направленные на модернизацию традиционных отстойных сооружений и на улучшение гидродинамических условий проходящих в них процессов хлопьеобразования и осаждения.

Разработанные способы модернизации сооружений первой ступени обработки воды основаны на результатах многолетних научно-исследовательских работ, выполненных нами в периоды работы в ВНИИ ВОДГЕО и НИИ КВОВ. Разработанные технические решения являются оригинальными современными разработками, защищенными патентами РФ (Патент № 38634 и № 40297). В то же время каждое из предлагаемых решений прошло многолетние производственные испытания на станциях водоподготовки, расположенных в различных регионах Российской Федерации, стран СНГ и Балтии, работающих в условиях качественного разнообразия природных вод и методов их обработки.

Накопленный производственный опыт показал технологическую эффективность разработанных технических решений, простоту и доступность их реализации как при реконструкции

старых, так и при строительстве новых сооружений, а также отсутствие дополнительных сложностей при эксплуатации.

Совершенно очевидно, что при модернизации отстойников и осветлителей необходим комплексный подход к одновременной интенсификации всех процессов, проходящих в этих сооружениях, включая процессы хлопьеобразования, осаждения, распределения и сбора воды, а также удаления накопившегося осадка.

В частности, одним из наиболее распространенных, легко реализуемых и доступных методов повышения эффективности работы отстойников и осветлителей является оборудование их тонкослойными элементами, в которых процесс осаждения взвеси протекает в наклонных слоях небольшой высоты (5–10 см) при устойчивом, близком к ламинарному, режиме движения воды. Наличие тонкослойных элементов обеспечивает наиболее благоприятные условия для осаждения и выделения из воды содержащихся в ней примесей. Небольшая высота осаждения позволяет выделить из воды более мелкую взвесь с небольшой гидравлической крупностью, а создание спокойного, близкого к ламинарному, режима движения воды увеличивает эффективность осаждения. Для обеспечения постоянного сползания выпавшего в тонкослойных элементах осадка они устанавливаются под углом 60° к горизонту воды.

Наличие тонкослойных блоков не только повышает эффективность процессов осаждения, но и оказывает положительное влияние на повышение концентрации слоя взвешенного осадка и, соответственно, на процесс дополнительной флокуляции образующихся хлопьев. Это связано с тем, что на нижних гранях тонкослойных элементов происходит гравитационное уплотнение и, соответственно, обезвоживание выпавшего осадка. Поэтому сползающий из тонкослойных элементов осадок имеет принципиально другую структуру, чем отдельные частицы взвеси при ее осаждении в свободном объеме отстойников. Сползающий из тонкослойных элементов осадок является адгезионно активной средой для поступающих на осаждение хлопьев.

Поток обрабатываемой воды, движущийся навстречу сползающему из тонкослойных элементов осадку, частично возвращает более мелкие фракции взвеси с прилипшими к ней и укрупнившимися хлопьями. Другая часть сползающего осадка с большей гидравлической крупностью попадает на дно отстойника, в зону его гравитационного уплотнения и обезвоживания. Более высокая концентрация выпавшего осадка, по сравнению с традиционными отстойниками, (при наличии гидравлической системы его удаления), обеспечивает снижение расходов воды на собственные нужды.

Следует особенно подчеркнуть, что характерной особенностью тонкослойных сооружений является их материалоемкость, связанная с повышенным расходом материалов, идущих на изготовление отстойных элементов и определяющих технико-экономические характеристики этих сооружений.

Поэтому, несмотря на то, что идея тонкослойного осаждения была высказана еще в 1904 г. американским ученым Хейзенем, свою практическую реализацию она смогла получить только в конце 60-х годов, когда в наиболее промышленно развитых странах начался широкий выпуск полимеров – конструктивных, легких и дешевых материалов.

Подтвердив практическими исследованиями высокую технологическую эффективность метода тонкослойного осаждения и актуальность его промышленного использования, мы провели соответствующий комплекс работ, направленный на разработку достаточно простых и надежных конструкций тонкослойных блоков, выбор материалов и способов их изготовления. В основу этих исследований были положены требования, обуславливающие необходимость создания такой конструкции блоков, которая характеризовалась бы минимальным весом, транспортабельностью, удобством монтажа и, в случае необходимости, демонтажа. При этом используемые для изготовления материалы должны быть достаточно распространенными, дешевыми, не подвергаться коррозии под действием воды и вводимых в нее реагентов, долговечными, конструктивными, то есть способными свариваться,

склеиваться, нарезать. Материалы блоков, в случае их использования в коммунальных водопроводах, должны иметь разрешение санитарных органов. При этом технология изготовления блоков разрабатывалась также на основе имеющегося отечественного оборудования.

На первом этапе исследований нами была разработана конструкция блоков самонесущего типа, по аналогии выпускаемых за рубежом, из полужесткой винипластовой и поливинилхлоридной пленок толщиной 0,5–0,6 мм. Технологические испытания самонесущих блоков из винипластовой пленки подтвердили прочность и надежность конструкции. Однако, дальнейшие наши исследования показали, что менее материалоемкими и более пригодными для транспортировки и монтажа являются блоки из мягких полимерных пленок, преимущества которых в наибольшей степени могут быть реализованы в сотовых конструкциях блоков (сотоблоках). Сотоблоки, нашедшие широкое распространение в различных отраслях промышленности, представляют собой сочетание каркаса и расположенного внутри него сотового заполнителя. Внешние обшивки или растягивающие рамы (каркас) воспринимают и равномерно распределяют нагрузку, поэтому общая устойчивость сотовых конструкций значительно превышает устойчивость входящих в них листов заполнителя. Одним из главных достоинств сотовых конструкций является удобство и экономичность их транспортировки и монтажа: сотоблоки могут быть доставлены в сложенном виде и затем быстро собраны на месте.

При выборе полимерных пленок для изготовления тонкослойных блоков были оценены не только их конструктивные, но и физико-механические свойства, показатели химической и биологической стойкости, долговечности, изучен также отечественный и зарубежный опыт использования полимерных материалов в гидротехническом строительстве. Наиболее распространенной и дешевой является полиэтиленовая пленка, которая обладает также высокими прочностными характеристиками, незначи-

тельным водопоглощением, морозостойкостью. По результатам лабораторных и натурных испытаний полиэтиленовой пленки, а также теоретической оценки ее долговечности, было установлено, что гарантированные сроки службы полиэтиленовой пленки в водной среде составляют 20–25 лет. Полиэтиленовая пленка быстро разрушается под действием ультрафиолетовой части излучения солнца, так как происходит деструкция ее молекулы, усиливающаяся под влиянием ветра. Поэтому в складских помещениях и в водной среде, учитывая также небольшую толщину полимерных пленок, их «старение» происходит крайне медленно.

При определении сроков службы полиэтиленовой пленки большое внимание многими авторами было уделено вопросу ее химической и биологической стойкости. Для рассматриваемой проблемы особенно важным является то, что в этих исследованиях была установлена химическая стойкость полимера в таких средах, как речная и морская вода, раствор сульфата алюминия концентрацией 10 %, растворы соляной и азотной кислоты, концентрированная хлорная вода, газ сероводород, а также концентрированные растворы солей железа, калия, кальция, магния, натрия, цинка. Наряду с химической стойкостью полиэтилена, длительный опыт эксплуатации в различных средах подтвердил также его биологическую стойкость и отсутствие на поверхности микробиальной коррозии.

Как видно из приведенных данных, полиэтиленовая пленка по своим физико-химическим свойствам, химической и бактериологической стойкости, долговечности отвечает требованиям, предъявляемым к материалам для изготовления тонкослойных блоков.

Для промышленного изготовления нами разработана конструкция сотоблоков из полиэтиленовой пленки толщиной 250–300 мкм. Из имеющихся в нашей стране методов сварки пластмасс (контактный нагрев, токи высокой частоты, ультразвук, экструдированная присадка) наиболее простым и надежным является метод экструдированной присадки с применением экструдера

для сварки термопластов. К достоинствам экструзионного метода сварки следует отнести также возможность получения дополнительного внутреннего каркаса, создаваемого полиэтиленовым прутком, и увеличивающего прочность и жесткость конструкции блоков. Разработанная нами последовательность соединения полиэтиленовой пленки в сотовую конструкцию позволяет изготавливать сотоблоки любого размера в зависимости от геометрических параметров отстойного сооружения. При монтаже тонкослойных сотоблоков требуется их плотное прилегание, как между собой, так и к стенкам сооружения. Полиэтиленовая пленка при изготовлении сотоблоков сваривается в такой последовательности, чтобы обеспечить его наибольшую пространственную устойчивость, а при растяжении на рамы – ровную, гладкую поверхность для сползания по ней осадка.

Существенным достоинством блоков из полиэтиленовой пленки, по сравнению с самонесущими блоками из жестких материалов, является более низкий коэффициент трения и наличие микроколебаний поверхности тонкослойных элементов, обеспечивающих постоянное сползание выпавшего осадка и препятствующих его накоплению в объеме каждой ячейки, включая тяжелые известковые осадки. Кроме того, в отличие от самонесущих блоков из жестких материалов, блоки из полиэтиленовой пленки подвешиваются с помощью разработанных нами подвесок к опорам, устанавливаемым на стенках отстойников или осветлителей.

Разработанная конструкция блоков отвечает требованиям надежности, долговечности, прочности, транспортабельности, простоты монтажа и демонтажа, характеризуется небольшой массой, химической и биологической стойкостью.

Производственные испытания таких блоков проведены на станциях водоподготовки промышленного и коммунального назначения, расположенных в различных регионах России и стран СНГ. Тонкослойные сотоблоки из полиэтиленовой пленки установлены в вертикальные и горизонтальные отстойники, а также осветлители со слоем взвешенного осадка различных конструкций, расположенные на коммунальных станциях водоподготовки, в промышленных цехах различных предприятий и химических цехах энерготехнических объектов, в городах: Киров, Великий Новгород, Айхал, Мирный, Кашира, Рязань, Глазов, Конаково, Новомосковск, Саранск, Суворов, Казань, Ярославль, Нижнекамск, Барнаул, Дорогобуж, Нарва (Эстония) и др.

Многолетние испытания тонкослойных сооружений подтвердили высокую эффективность метода осаждения взвеси в слоях небольшой высоты, а также прочность, надежность и долговечность разработанной конструкции блоков, простоту их монтажа и эксплуатации.

В то же время, опыт эксплуатации этих станций водочистки показал, что эффективность работы тонкослойных



Сотоблок

отстойных сооружений, также как и традиционных, зависит от качества подготовки хлопьевидной взвеси, существенную роль играет также равномерность сбора и распределения воды по площади отстойника, а также наличие надёжной системы удаления выпавшего в тонкослойных элементах осадка.

Важно подчеркнуть, что необходим комплексный подход к решению всех технологических процессов, связанных с хлопьеобразованием, осаждением, удалением взвеси, а также гидравлическим режимом работы всего тонкослойного отстойного сооружения.

Поэтому, наряду с разработкой способов по оборудованию отстойных сооружений тонкослойными блоками, нами разработаны также для различных типов природных вод несколько модификаций камер хлопьеобразования, в которых усовершенствованы гидродинамические условия проведения процессов коагуляции.

В частности, наиболее универсальными являются тонкослойно-рециркуляционные камеры хлопьеобразования, которые эффективно могут быть использованы при очистке природных вод любого качества.

Принцип работы тонкослойно-рециркуляционных камер хлопьеобразования заключается в следующем: исходная вода, смешанная с реагентами, подается в нижнюю часть камер по системе трубопроводов, сконструированных по принципу работы эжекторов, и затем поступает в тонкослойные блоки, расположенные над эжекторами. При этом создаются наиболее благоприятные условия для укрупнения, обезвоживания и частичного осаждения скоагулированной взвеси. Наиболее крупные и осевшие хлопья сползают из тонкослойных элементов и, смешиваясь со встречным потоком обрабатываемой воды, являются центрами кристаллизации, способствующими увеличению плотности и гидравлической крупности об-

разующихся хлопьев. Одновременно с этим часть наиболее тяжелой взвеси, осаждающейся на дно камеры, поступает с помощью рециркуляторов в поток обрабатываемой воды, способствуя увеличению в 2–3 раза массовой и объемной концентрации слоя взвешенного осадка.

В камерах хлопьеобразования эжекторы устанавливаются таким образом, чтобы сопло было направлено вниз. Такое положение сопла нужно для того, чтобы наиболее тяжелая взвесь, осевшая на дно камеры, была возвращена в осветляемую воду, являясь при этом контактной средой для интенсификации процессов хлопьеобразования. Для активного участия эжектируемой взвеси в процессе коагуляции и укрупнения коллоидных и взвешенных веществ важно избежать ее диспергирования при прохождении через эжектор. Поэтому для рассматриваемых целей могут быть использованы только низкоскоростные и низконапорные гидравлические эжекторы, рассчитанные на скорость подачи воды в диапазоне 1–5 м/с и развивающие полный напор до 1 м.

Отличительной, технологической и конструктивной особенностью разработанной конструкции эжекторов является то, что для их устройства можно использовать традиционно расположенные продольные распределительные трубы, подняв их на высоту не менее 1 м. над днищем камеры и дооборудовав их соответствующими насадками и системой патрубков.

Важной особенностью проведенных нами исследований является получение теоретических зависимостей, позволяющих рассчитать эжекторы с минимальными потерями напора, (не более 0,25–0,3 м.) что позволяет их использовать при существующей традиционной высотной схеме расположения сооружений станции водоочистки, т.е. смеситель – отстойник – фильтр. ●

Интенсификация проведения процесса коагуляционной очистки воды

Обследования, проведенные сотрудниками НИИ КВОВ на многих водопроводных станциях с целью оценки их технической и технологической возможности получения питьевой воды, соответствующей современным требованиям, показали, что для выполнения требований СанПиН практически на каждой станции должны быть проведены мероприятия, направленные на повышение эффективности очистки воды. Связано это в основном с тем, что большинство водопроводных станций запроектировано и построено еще в 60–70-е годы прошлого века, оборудование морально устарело, техническое состояние очистных сооружений не удовлетворительное. В ряде случаев применяемая на водопроводной станции технология очистки воды не соответствует качеству воды водоисточника.

Причин неудовлетворительной работы той или иной водопроводной станции может быть много, в данной статье будут рассмотрены проблемы и пути их решения при очистке воды коагулированием.

Алексеева Л. П.,
канд. техн. наук,
руководитель
лаборатории
ОАО «НИИ КВОВ»¹

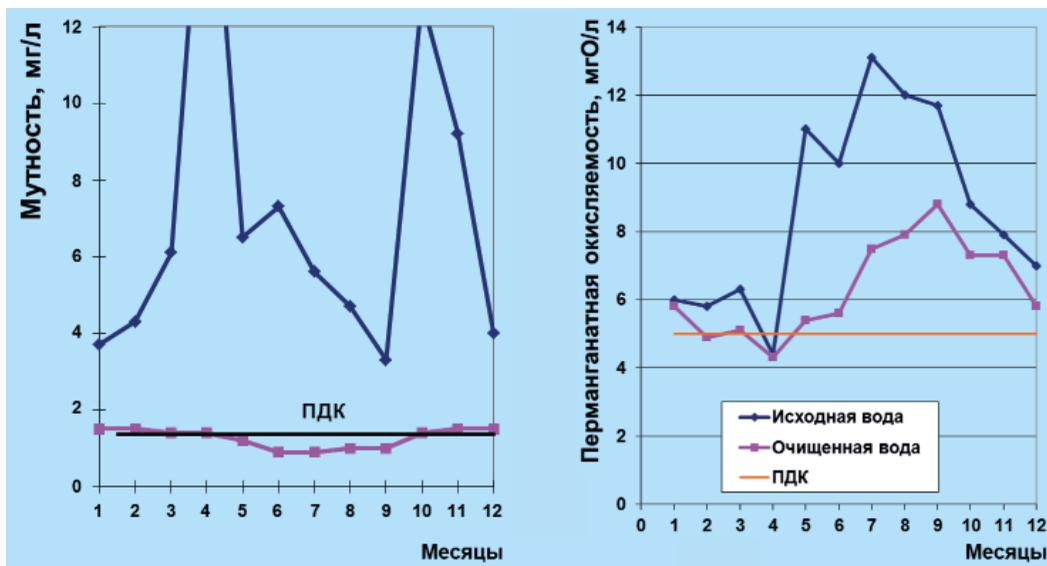
Технология водоподготовки, применяемая в настоящее время практически на всех водопроводных станциях, которые используют поверхностные водоисточники, основана на процессе коагуляции и последующего осветления воды с применением одно- и двухступенных схем очистки.

При правильно проведенном процессе коагуляции и осветления воды можно полностью удалить взвешенные вещества, снизить цветность воды до необходимого уровня, уменьшить концентрацию общих органических загрязнений на 60–75 %. С разной степенью эффективности из воды извлекаются СПАВ, фенолы, амины, нефтепродукты, пестициды и радиоактивные вещества, а также ионы тяжелых металлов.

Например, при использовании для коагулирования в качестве реагентов извести и солей железа концентрация мышьяка уменьшается на 98 %, кадмия – на 95 %, ртути – на 60–90 %, бария, радия и селена – на 60 %, молибдена – на 80–90 %.

Качество воды поверхностных водоисточников существенно изменяется в течение года, а традиционная технология очистки воды инертна и не может одинаково хорошо работать во все периоды. Практически на всех водопроводных станциях возникают те или иные трудности с обеспечением необходимого качества питьевой воды.

¹ Алексеева Любовь Павловна, тел.: (495) 491-20-41, 491-12-02, e-mail: vodcom@mail.cnt.ru.



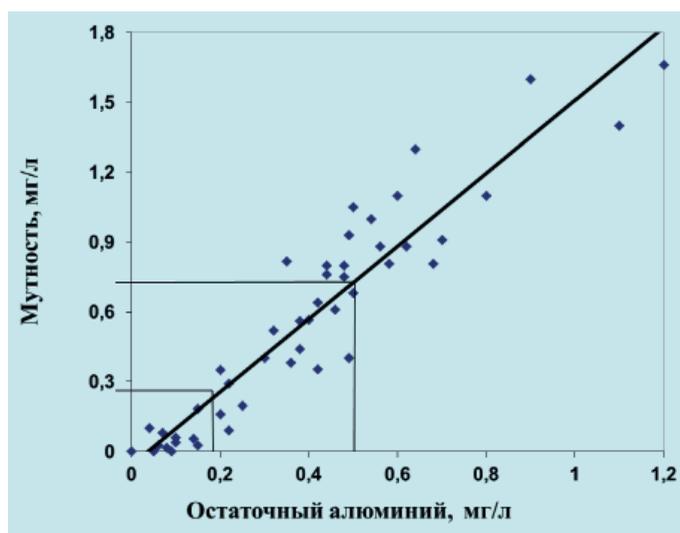
Основные показатели качества очищенной воды

Как правило, основные проблемы возникают в паводковый период, когда в воде резко возрастает количество загрязнений, соответственно увеличивается нагрузка на очистные сооружения. Кроме того, ухудшение процесса коагуляции наблюдается при очистке маломутных цветных вод в холодное время года. В результате во многих случаях качество питьевой воды не отвечает нормативным требованиям по основным показателям (рис. 1).

В тоже время, с учетом современных требований к качеству питьевой воды выполнение норматива по мутности на уровне 1,5 мг/л не может гарантировать обеспечение ПДК по остаточному алюминию и бактериальным загрязнениям, эффективность удаления которых зависит от остаточной мутности очищенной воды. На рис. 2 показана зависимость концентрации остаточного алюминия от мутности очищенной воды. Как видно из представленных данных, с увеличением мутности воды, т.е. содержания в ней нерастворенных частиц гидроксида алюминия, увеличивается концентрация остаточного алюминия. Значения мутности очищенной воды большую часть года изменяются в пределах от 0,3 до 1,2 мг/л и не превышают ПДК, однако концентрация остаточного алюминия при этом составляет 0,2–0,8 мг/л, что выше современных требований по данному показателю (0,2 мг/л).

Рис. 1. Изменение качества речной и очищенной воды в различные периоды года

Рис. 2. Влияние мутности очищенной воды на концентрацию остаточного алюминия



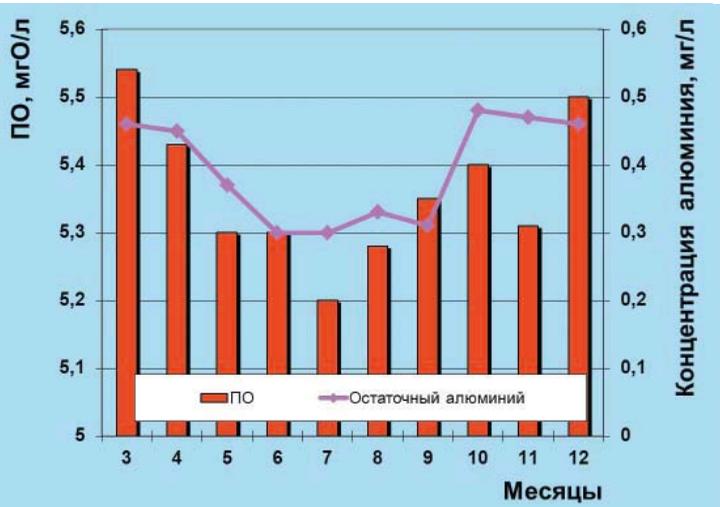


Рис. 3. Влияние ПО очищенной воды на концентрацию остаточного алюминия

РН ЯВЛЯЕТСЯ ДОМИНИРУЮЩИМ ФАКТОРОМ В ПРОЦЕССЕ КОАГУЛИРОВАНИЯ

Также при цветности питьевой воды порядка 20 град. нельзя достичь необходимой степени очистки воды от органических загрязнений, и в некоторых случаях при этом не обеспечивается ПДК по перманганатной окисляемости. А при недостаточно глубоком снижении концентрации органических загрязняющих веществ в очищенной воде возможно присутствие повышенных концентраций комплексных и растворенных соединений алюминия (рис. 3). Таким образом, для того, чтобы обеспечить качество очищаемой воды по ряду показателей, следует существенно повысить эффективность очистки воды от мутности, цветности и перманганатной окисляемости до значений, которые в большинстве случаев должны быть ниже установленного норматива.

Очистка воды коагулированием и флокулированием представляет собой сложный физико-химический процесс, эффективность протекания которого зависит от многих факторов. Прежде всего, от качества исходной воды, от наличия в ней взвешенных и коллоидных частиц, ионного состава, pH и щелочности, количества растворенных органических соединений и температуры. Также на этот процесс существенное влияние оказывают условия его проведения (вид и дозы реагентов, место и порядок их применения, интенсивность смешения реагентов с водой).

Условия успешного протекания процесса коагулирования

Учитывая, что показатель pH является доминирующим фактором в процессе коагулирования, важно при очистке воды поддерживать его значения в интервале 6,5–7,5. Исследования по очистке воды ряда водоисточников показали, что в случаях проведения процесса коагулирования при оптимальных значениях pH существенно уменьшается концентрация остаточного алюминия (рис. 4), повышается качество очищенной воды по цветности и перманганатной окисляемости, значительно уменьшается расход коагулянта.

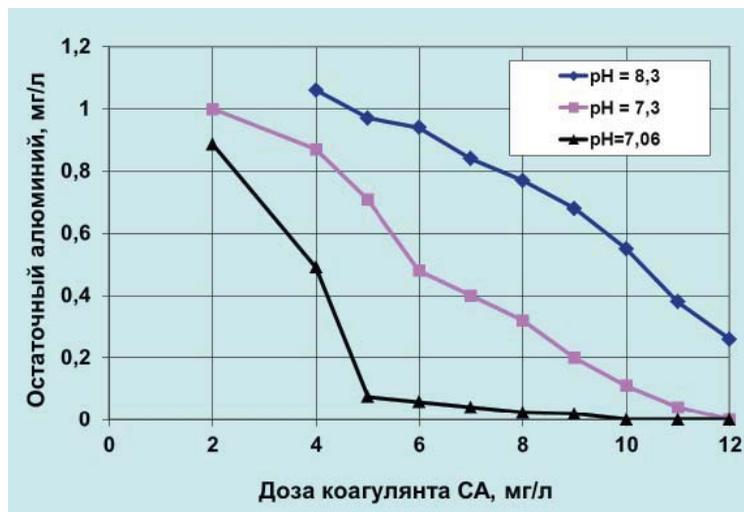


Рис. 4.
Изменение концентрации остаточного алюминия в зависимости от pH исходной воды и дозы коагулянта

Другим важным условием успешного протекания процесса коагулирования является обеспечение необходимого *щелочного резерва*, особенно в холодное время года при низких температурах воды с целью повышения степени гидролиза коагулянта, в первую очередь, сульфата алюминия. При этом необходимо правильно установить вид, дозу и место ввода подщелачивающего реагента.

Отметим, например, что качество речной воды в паводковый период на одной из исследованных водопроводных станций характеризовалось низкой величиной щелочности (не более 0,6 мг-экв/л) и высокой цветностью (до 240 град.). Для ее очистки требовались дозы коагулянта порядка 16–20 мг/л по окиси алюминия. Без подщелачивания при дозе коагулянта 16 мг/л показатель pH воды снижался до 4,6. Цветность воды уменьшалась до 23 град, показатель перманганатной окисляемости был ниже ПДК, мутность – равна нулю. Однако концентрация остаточного алюминия составляла 0,67 мг/л.

Пробное подщелачивание воды содой показало, что существует оптимальная доза соды для конкретных условий, при которой все определяемые показатели качества воды достигают минимальных значений (см. табл.).

Таблица.
Влияние дозы соды на качество очищенной воды коагулированием Дк=16 мг/л

Доза соды, мг/л	Показатели качества воды					
	мутность, мг/л	цветность, град.	ПО, мгО ₂ /л	pH	щелочность, мг-экв/л	остаточный алюминий, мг/л
Исх. вода	0,8	240	25,4	7,02	0,4-0,6	—
0	0	22	4,18	4,6	0,02	0,67
10	0	15	3,52	4,97	0,1	0,2
20	0	15	4,16	5,49	0,16	0,01
30	0	20	4,32	5,8	0,26	0,04
40	0	22	4,96	6,06	0,4	0,12
50	0	25	4,64	6,23	0,54	0,16

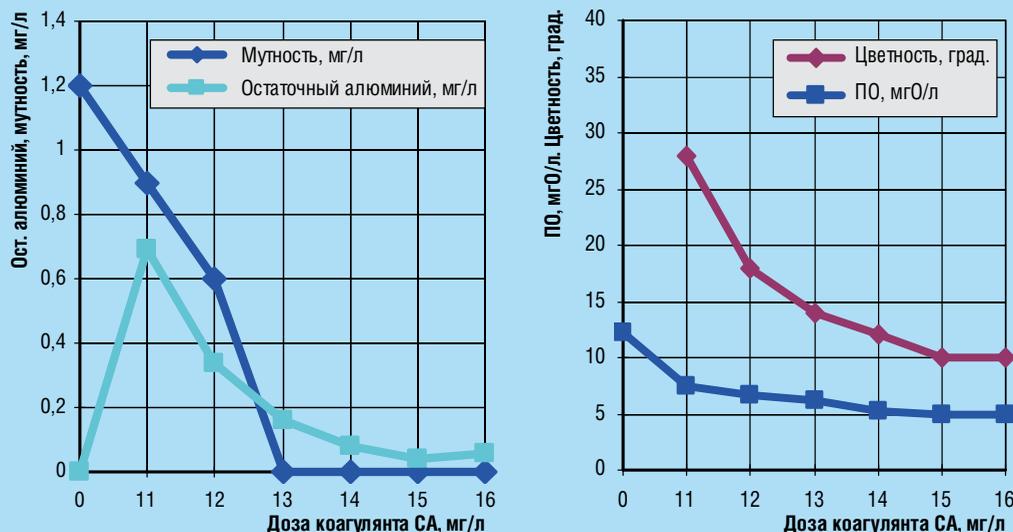
В тоже время, из полученных данных видно, что с повышением дозы соды более, чем 20 мг/л повышаются щелочность и рН воды, отмечается ухудшение качества очищенной воды по цветности и перманганатной окисляемости. Концентрация остаточного алюминия также увеличивается с ухудшением показателей качества воды.

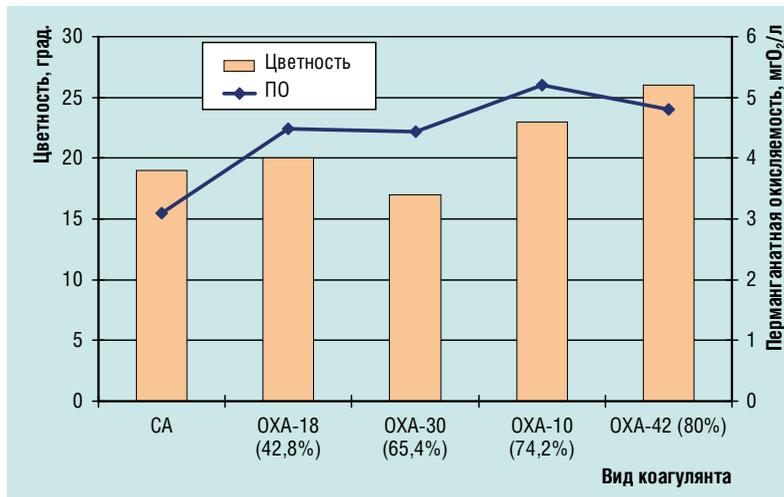
При изменении качества воды поверхностных водоисточников по сезонам года, единственной возможностью регулирования процесса очистки воды на водопроводных станциях является тщательный подбор необходимых доз реагентов, так как от этого зависит качество очищенной воды. В ряде случаев оптимальная доза коагулянта по Al_2O_3 может изменяться в течение года 0,5–20 мг/л и более. Соответственно изменяются условия проведения коагулирования и осветления воды, существенно меняется нагрузка на очистные сооружения.

На рис. 5 показано, как изменяются основные показатели качества очищенной воды в зависимости от дозы *сульфата алюминия*. Например, для обеспечения необходимых значений показателя мутности доза коагулянта составляет – 11 мг/л, цветности – 12 мг/л, остаточного алюминия – 13 мг/л. Для достижения ПДК по перманганатной окисляемости необходимая доза коагулянта повышается до 15–16 мг/л, т.е. диктующим показателем для выбора дозы коагулянта, в данном случае, является перманганатная окисляемость. При этом значения показателей качества воды по мутности и цветности существенно ниже ПДК (мутность – 0, цветность – 10 град.).

В каждом конкретном случае оптимальной дозой коагулянта будет та, при которой все контролируемые показатели ниже нормируемых значений. В зависимости от качества исходной воды и условий ее обработки контрольные показатели, по которым выбирается необходимая доза коагулянта, для водоисточников могут отличаться и меняться при изменении качества воды в течение года. В тоже время не всегда можно получить требуемое качество очищаемой воды только за счет увеличения дозы коагулянта.

Рис. 5.
Изменение качества очищенной воды в зависимости от дозы сульфата алюминия



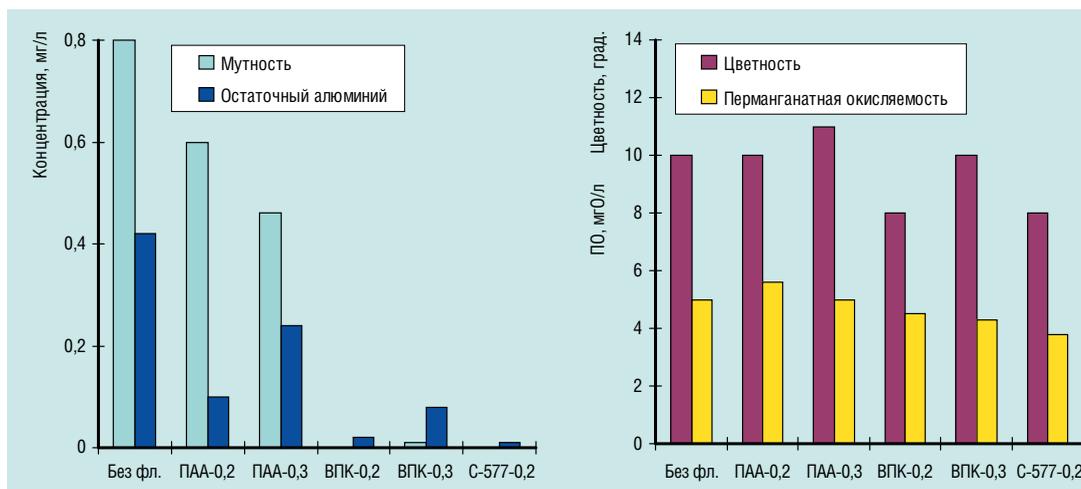


ВЫБОР РЕАГЕНТОВ

Многочисленные исследования показывают, что для проведения процесса коагулирования важно правильно определить наиболее эффективные реагенты при очистке воды конкретного водоемисточника. От этого зависит как качество очищенной воды, так и расход реагентов. В настоящее время для очистки воды предлагается огромное количество различных коагулянтов и флокулянтов, отличающихся не только качеством, но и различными флокулирующими свойствами, эффективность которых зависит от условий применения. Выбор тех или иных реагентов осуществляется в процессе, проведения технологических изысканий с последующей проверкой в производственных условиях. На рис. 6 и 7 показано изменение качества очищенной воды одного из исследованных водоемисточников в зависимости от вида коагулянтов и флокулянтов. При очистке воды иного водоемисточника, эффективность рассматриваемых реагентов может быть иная. Все зависит от качества исходной воды и от технологического процесса, применяемого для ее очистки.

Рис. 6.
Влияние вида коагулянта СА и ОХА на качество очищенной воды (Дк = 8 мг/л)

Рис. 7.
Влияние вида флокулянта на качество очищенной воды



ГЛАВНЫЙ КРИТЕРИЙ

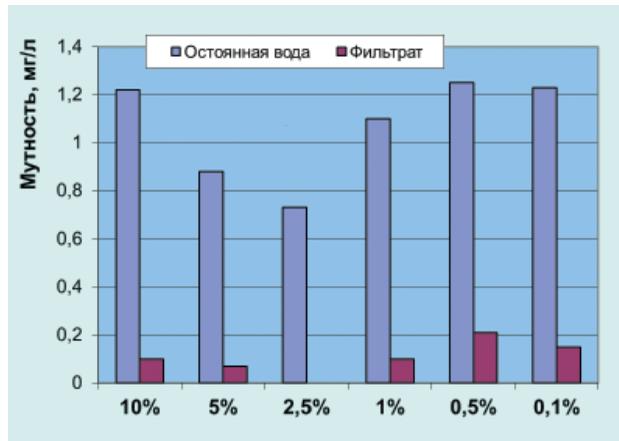
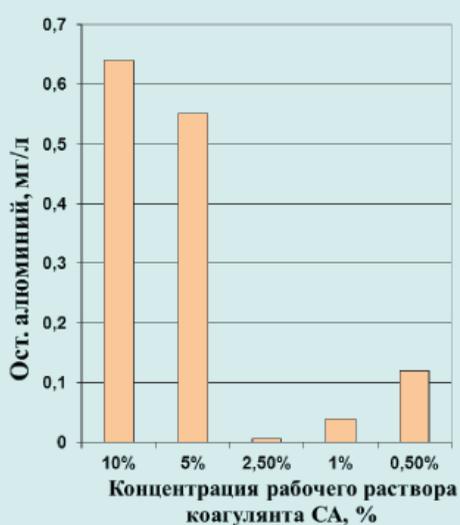
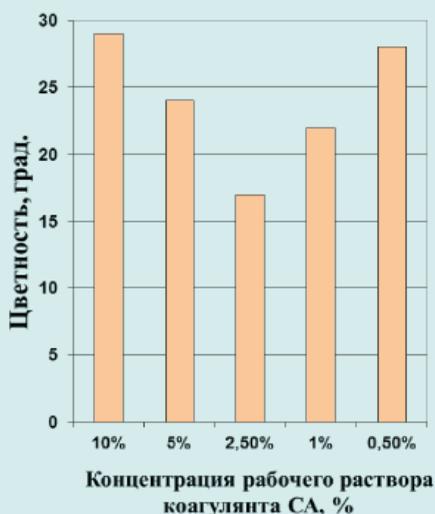


Рис. 8.
Влияние различных концентраций рабочих растворов коагулянта СА на качество очищенной воды

Рис. 9.
Влияние концентрации рабочего раствора коагулянта на качество очищенной воды (Дса = 9 мг/л)

На рисунках 8 и 9 показано изменение показателей качества очищенной воды в зависимости от концентрации, применяемого рабочего раствора коагулянта. Установлено, что при коагуляционной обработке воды данного водоисточника оптимальная концентрация рабочего раствора коагулянта составляет 2,5 %. Увеличение или уменьшение концентрации раствора приводит к существенному ухудшению качества воды по всем показателям. Очевидно, что процесс гидролиза и хлопьеобразования при очистке воды проходит лучше при рабочей концентрации раствора 2,5 %, а отклонение от этого значения приводит к его нарушению.

При использовании рабочих растворов коагулянта оптимальной концентрации, можно или существенно уменьшить необходимую дозу коагулянта, или повысить качество очищенной воды. В зависимости от состава исходной воды, ее температуры оптимальная концентрация растворов коагулянта может отличаться, как для разных водоисточников, так и в различные периоды года.



РЕЖИМ СМЕШЕНИЯ

Важным условием проведения процессов коагуляции и осветления воды является обеспечение быстрого и интенсивного смешения реагентов с водой в смесителе и медленное равномерное в камере хлопьеобразования. Повсеместное использование на водопроводных станциях России малоэффективных гидравлических смесителей и камер хлопьеобразования не позволяет оперативно изменять режим смешения при постоянном изменении качества воды, и тем самым не обеспечивает необходимых условий для проведения эффективного хлопьеобразования и дальнейшего осветления воды.

В лучшем случае гидравлические смесители и камеры неплохо работают в летний период года при температуре воды 15–25 °С. Как правило, недостаточную интенсивность смешения коагулянта с водой в смесителе и камере хлопьеобразования приходится компенсировать путем увеличения дозы коагулянта.

Эффективность и целесообразность применения механических смесителей и камер хлопьеобразования подтверждается опытом работы зарубежных водоочистных станций и многолетними результатами исследований, выполненных НИИ КВОВ. При прочих равных условиях качество воды, обработанной реагентами в смесителях и камерах хлопьеобразования, оборудованных механическими устройствами, значительно выше, чем при очистке воды с использованием гидравлических смесителей и камер (рис. 10 и 11).

**ВАЖНЫМ УСЛОВИЕМ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССОВ
КОАГУЛЯЦИИ И ОСВЕТЛЕНИЯ ВОДЫ ЯВЛЯЕТСЯ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЫСТРОГО И ИНТЕНСИВНОГО СМЕШЕНИЯ
РЕАГЕНТОВ С ВОДОЙ В СМЕСИТЕЛЕ И МЕДЛЕННОЕ
РАВНОМЕРНОЕ В КАМЕРЕ ХЛОПЬЕОБРАЗОВАНИЯ**

Рис. 10.
Влияние режима перемешивания
на качество очищенной воды

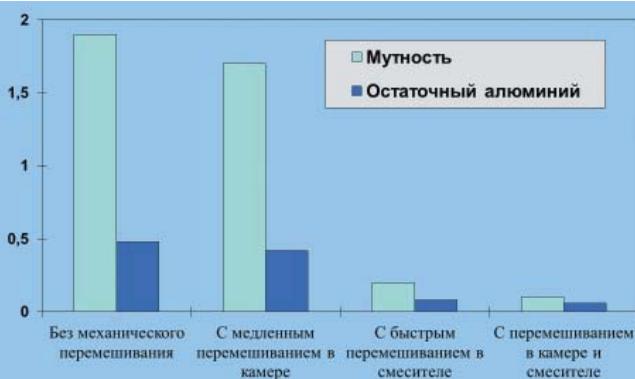
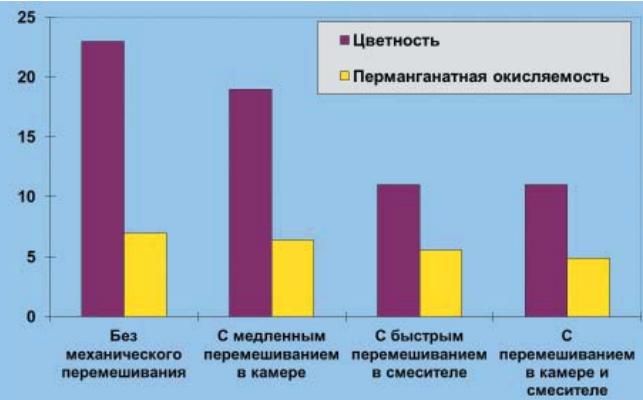


Рис. 11.
Влияние режима перемешивания
на качество очищенной воды



В общем случае применение механических устройств в смесителях и камерах хлопьеобразования позволяет повысить эффективность процесса осветления воды на 70 %. Причем от 20 до 50 % обеспечивается за счет быстрого перемешивания лопастной мешалкой в смесителе и до 20–30 % – за счет медленного перемешивания объемными мешалками в камере хлопьеобразования. Кроме того, использование механического перемешивания улучшает качество очищенной воды по мутности, цветности и содержанию остаточного алюминия, сокращает расход коагулянта на 10–20 %, а также повышает надежность и стабильность процесса очистки воды во все периоды года.

Выводы

Проведенные исследования в области интенсификации проведения процесса коагуляционной очистки воды с целью достижения высоких современных требований, предъявляемых к качеству питьевой воды, выявили не требующие существенных финансовых затрат эффективные приемы:

- поддержание pH на необходимом уровне;
- обеспечение необходимого щелочного резерва;
- тщательный подбор вида и доз реагентов;
- поддержание оптимальной концентрации рабочего раствора коагулянта;
- обеспечение оптимальных условий смешения реагентов с водой.

Состав и необходимость применения данных технологических мероприятий устанавливается на основании анализа работы водопроводной станции и проведения технологических изысканий, при этом определяются основные параметры процесса коагуляционной очистки воды данного водисточника, а также оценивается эффективность и целесообразность применения тех или иных мероприятий.

Опыт использования инфильтрационных сооружений в Красноярске



**Халкова М.Г.,
ЗАМЕСТИТЕЛЬ
НАЧАЛЬНИКА ЦЕХА
ВОДОЗАБОРНЫХ
СООРУЖЕНИЙ –
ТЕХНОЛОГ
ООО «КрасКом»**

Прогрессирующее ухудшение качества воды заставляет обращать особое внимание на выбор типов водозаборных сооружений и во многих случаях отдавать предпочтение инфильтрационным водозаборам, дающим чистую воду питьевого качества без применения сложных и дорогостоящих очистных сооружений. К этому следует добавить, что инфильтрационные водозаборы в летнее время дают воду пониженной температуры, что имеет большое значение для целого ряда промышленных производств. Водоприёмники инфильтрационного типа имеют весьма большие преимущества. Во-первых, получаемая вода почти полностью освобождается от взвеси; во-вторых, фильтрация через грунт значительно повышает санитарные качества воды; в-третьих, исключаются затруднения, связанные с приёмом воды из шугоносных рек. Кроме того, инфильтрационные водозаборы позволяют успешно забирать воду из рек малой глубины, а также с неустойчивыми и изменяющимися руслами [1; 2; 6].

К настоящему времени инфильтрационные водозаборы широко распространены как в России, так и за рубежом, например в Германии и Польше, где для этого имеются благоприятные гидрологические условия в виде песчаных напластований в долинах Эльбы, Вислы, Рейна и других рек. Проектированию и строительству водозаборов инфильтрационного типа всё больше отдаётся предпочтение в Болгарии, Венгрии и других странах [4; 6; 9].

Инфильтрационные водозаборы (вертикальные скважины и колодцы, горизонтальные береговые и подрусовые дрены и галереи) имеют большое распространение. Красноярск, Абакан, Кызыл, Улан-Удэ, Большекаменск, Бикин, Сучан и многие другие сибирские и дальневосточные города снабжаются хозяйственно-питьевой водой исключительно за счёт подземного стока русловых отложений [7; 8].

Как показывает опыт эксплуатации инфильтрационных водозаборов, им свойственно сезонное изменение производительности и динамических уровней подземных вод. Причиной этого является своеобразные климатические и гидрогеологические условия, степень влияния которых зависит от конкретных гидрогеологических условий фильтрации подземных вод.

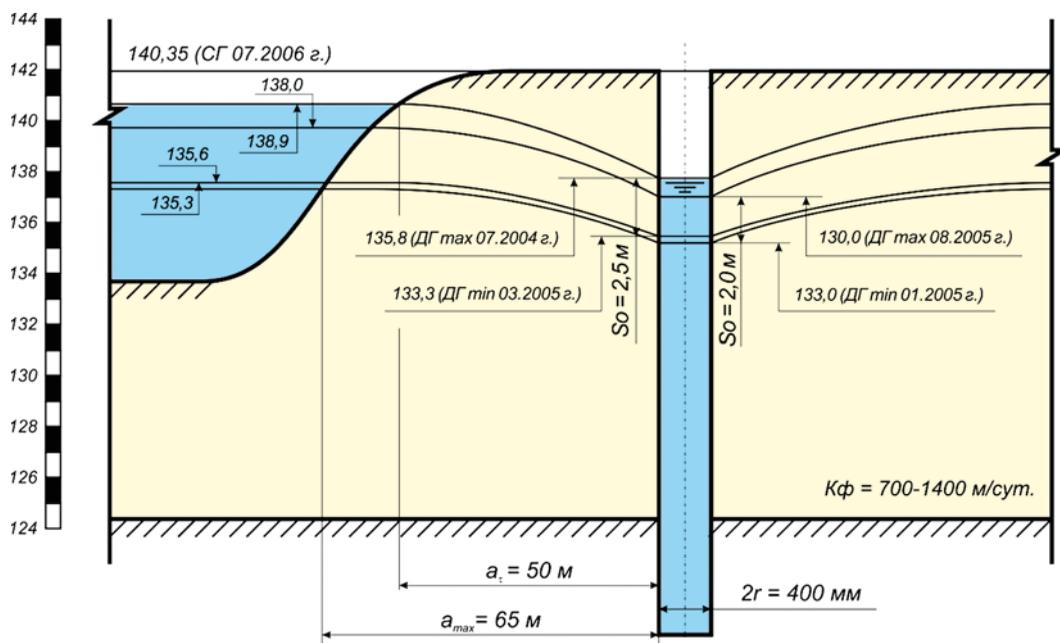
Общеизвестно, что физическая картина работы водозаборов заключается в балансе между притоком воды в водоприёмные устройства и расходом воды, откачиваемой насосными агрегатами.

Приток к конкретному водоприёмнику зависит от температуры и уровня воды в реке и уровня воды в водоприёмнике. Расход воды, откачиваемой насосными агрегатами, определяется нагрузкой на электродвигатель, развиваемым насосом напором.

При эксплуатации и проектировании инфильтрационных водозаборов возникает необходимость в определении начального поступления поверхностных вод из реки в общий дебит инфильтрата, стекающего в сборные колодцы. Большинство инфильтрационных водозаборов в Сибири и на Дальнем Востоке, за единичными исключениями, являются близкорасположенными от уреза воды сооружениями, для которых характерно подсосывание поверхностных вод в русловой аллювий. Вместе с тем многие из сооружений в течение длительного времени показывают хорошие результаты работы, и дебит их уменьшается, что происходит при незначительном понижении уровня воды в сборном колодце [3]. Эффективность применения инфильтрационных водозаборов при устойчивости их дебитов зависит от кольматации при прочих равных условиях. Например, при одинаковых коэффициентах фильтрации русловых отложений или одинаковом водном режиме рек-водоисточников эффективность зависит от степени откачки инфильтрата из сборных колодцев, определяемой отношением рабочих дебитов к максимально возможным в данных условиях, которые устанавливаются по пробным откачкам или гидравлическим расчётам.

Потребность Красноярска в водопроводной воде питьевого качества в количестве более чем 33600 м³/ч удовлетворяется семью водозаборными сооружениями, из которых шесть – инфильтрационного типа. Инфильтрационные водозаборы расположены на островах Казачий, Посадный, Татышев, Отдыха, Верхнеатамановский, Нижнеатамановский.

**Гидравлическая
схема совершенной
скважины
в условиях
безнапорного
неустановившегося
движения**



Уникальность «красноярского» качества водопродной воды обеспечивается ещё и таким фактором, как поступление воды в водопродную сеть в летний период с пониженной температурой (не выше 13–14 °С), что благоприятно сказывается на сохранении безопасного санитарного режима. Низкотемпературный режим реки Енисей обусловлен глубинным водозабором в плотине Красноярской ГЭС (40 м ниже уровня воды) из водохранилища, где вода не успевает нагреваться в летний период.

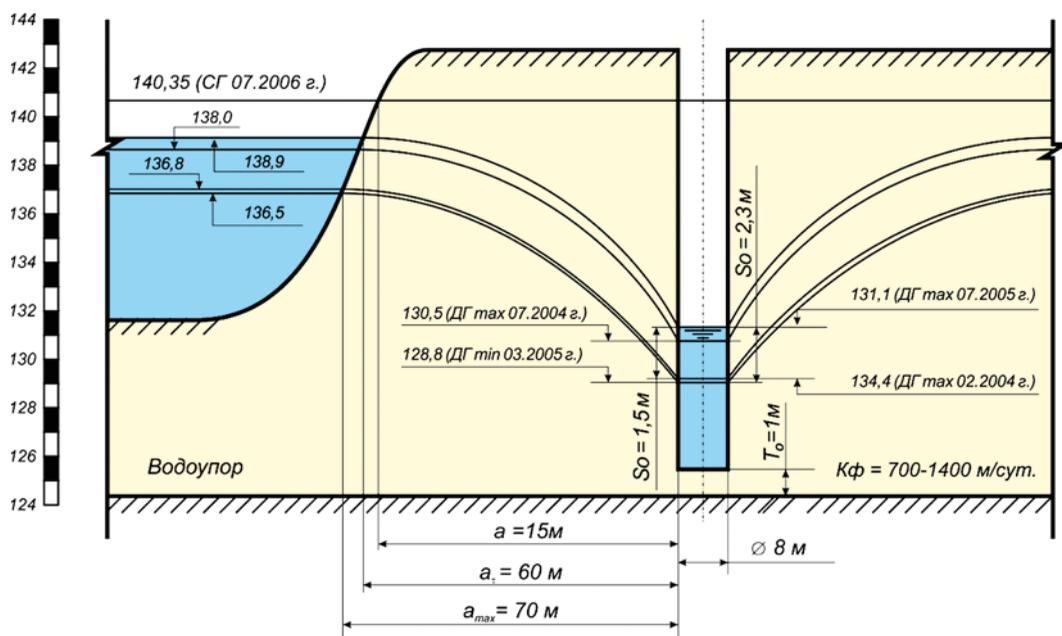
Анализ уровня режима подземных вод показывает, что он характеризуется чёткой сезонной изменчивостью с неуклонным понижением уровня в течение холодного периода и его подъёмом с наступлением тёплого периода, в то время как уровень воды в реке остается относительно постоянным в связи с зарегулированностью реки Енисей.

На сезонные колебания накладываются суточные колебания небольшой амплитуды уровня воды в реке, связанные с режимом работы Красноярской ГЭС (изменения расхода реки по часам суток, а также по рабочим и нерабочим дням недели) [5].

Водозаборные скважины выполнены совершенными* по степени вскрытия водоносного горизонта и имеют однотипную конструкцию. Фильтровая часть скважины выполнена из стальных труб диаметром 400 мм, перфорированных круглыми отверстиями диаметром 16–22 мм. Степень перфорации стенок труб равна 20–25 %.

Глубина бурения скважин изменяется в пределах 20–23 м, фактическая глубина земляных скважин 0,5–3,0 м. Вода из водозаборных скважин, расположенных вдоль русла реки Енисей и соединенных между собой сифонными водоводами диаметром 400–500 мм, поступает в водопримные камеры шахтных вакуум-колодцев.

**Гидравлическая
схема шахтного
колодца в условиях
безнапорного
неустановившегося
движения**



* Совершенная водозаборная скважина – это скважина, которая полностью вскрыла водоносный слой, то есть совершенная скважина проходит сквозь весь водоносный слой и упирается в следующий за ним водоупорный слой.

Шахтные вакуум-колодцы по степени вскрытия водоносного пласта являются несовершенными с приёмом воды через дно. Максимально возможное понижение пьезометрического уровня воды в водосборной камере ограничивается допустимой величиной вакуума в сифонно-всасывающих водоводах.

После включения в работу насосов насосных станций I-го подъёма происходит поступление воды в водосборную камеру через дно колодца. Из водосборной камеры вода забирается насосными агрегатами и по напорным водоводам подаётся в резервуары чистой воды.

В резервуарах чистой воды осуществляется обеззараживание воды путём обеспечения 30-минутного контакта с хлором. Подача воды во всасывающую линию насосных агрегатов насосной станции II-го подъёма осуществляется по водоводам из резервуаров чистой воды. Насосная станция II-го подъёма водозабора предназначена для подачи питьевой воды потребителю.

Исследования условий взаимосвязи подземных и поверхностных вод на участках инфильтрационных водозаборов в районах Восточной Сибири показывают, что сезонные изменения инфильтрации определяются главным образом температурным и уровенным режимами поверхностных и подземных вод, образованием поверхностного льда на прибрежных и мелководных участках, сезонным промерзанием грунтов в зоне береговой фильтрации, сопротивлением на границе контакта подземных и поверхностных вод в период шугохода.

Уменьшение температуры фильтрующейся из реки воды вызывает увеличение её вязкости, а, следовательно, и уменьшение коэффициента фильтрации грунтов водоносного горизонта. При образовании поверхностного льда на мелководных и прибрежных участках реки и сезонном промерзании грунтов на этих участках происходит удаление от водозаборных сооружений контура питания уреза реки водоносного пласта. Наряду с удалением контура питания при сезонном промерзании грунтов в береговой зоне уменьшается мощность водоносного горизонта [3].

При эксплуатации инфильтрационных водозаборов Красноярска не происходит снижения инфильтрата в кратковременные периоды мутных паводочных вод в Енисее (май–июнь) с большим содержанием взвешенных наносов, так как дебит шахтных колодцев остаётся неизменным. ●

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1982. – С. 248–256.
2. Абрамов Н.Н. Надежность систем водоснабжения. – М.: Стройиздат, 1984. – С. 230.
3. Вельмина Н.А. Особенности гидрогеологии мерзлой зоны литосферы. – М.: Недра, 1970. – С. 328.
4. Конюшков А.М. Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1964. – С. 114–115.
5. Матюшенко А.И., Турутин Б.Ф., Кулагин В.А. Водоснабжение и водопотребление г. Красноярска. – Красноярск: ИЦП КГТУ, 2006. – 330 с.
6. Полубаринова-Кочина П.Я. Теория движения грунтовых вод. – М.: Наука, 1977. – С. 664.
7. Порядин А.Ф. Из опыта эксплуатации инфильтрационных водозаборов // Тр. координац. совещания по гидротехнике. – 1964. – Вып. XI. – С. 290–295.
8. Порядин А.Ф. Увеличение производительности инфильтрационных водозаборов путем искусственного обводнения // Картотека по обмену передовым опытом / ЦБТИ Министерства коммунального хозяйства РСФСР. – 1967. – Сер. 3, разд. III. – С. 1–8.
9. Wilke Wolfgang. Problem der Verfutrung, Wasser wirtsch // Wasser techn. 1967. № 8.

ДИКЛАР – инновационная технология XXI века для очистки природных и сточных вод

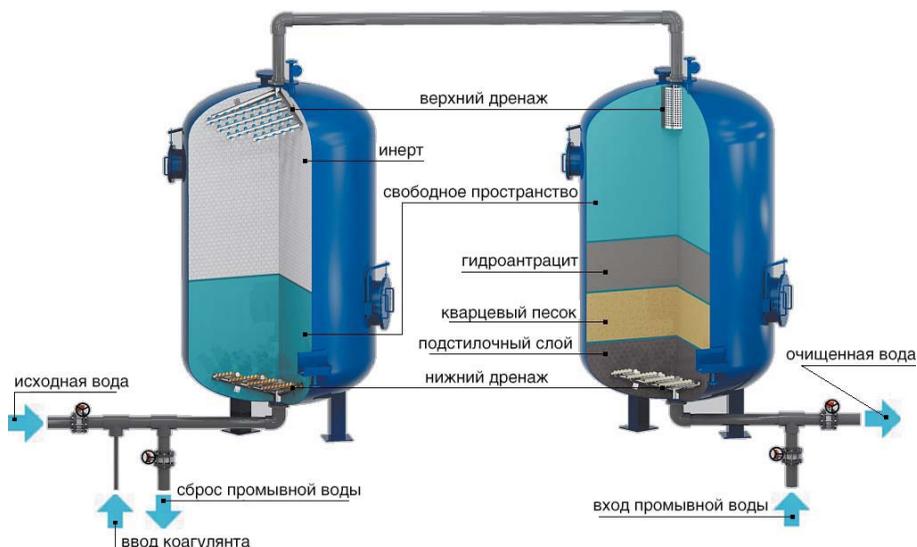
И.С. Балаев,
Г.Г. Кучма,
Ю.В. Кеменов,
А.В. Мурзин,
М.В. Репкин,
ООО ИЦ «Объединенные
водные технологии»
(г. Москва)

Основным источником для промышленного и питьевого водоснабжения в большинстве регионов России являются поверхностные воды, на долю которых приходится до 80 % от общего объема водозабора. В то же время по данным Росприроднадзора в 2012 г. чуть больше 10 % сточных вод очищалось до установленных нормативов, почти 90 % стоков сбрасывались в водные объекты неочищенными, с ежегодным объемом более 12 млн т загрязняющих веществ.

Во многих промышленно-развитых регионах качество поверхностных вод сопоставимо с качеством промышленно-ливневых сточных вод, что, соответственно, влечет рост эксплуатационных затрат на химические реагенты водоподготовительных установок (ВПУ) по приготовлению питьевой воды (система ЖКХ) или подпиточной воды энергетических предприятий (ТЭС, АЭС, котельные).

Кроме того, не всегда обеспечивается степень очистки поверхностных вод на ВПУ до нормируемых показателей, но особенно проблематична очистка в сезон паводка или в период «цветения» водоемов.

Рис. 1.
Принцип работы ДО-МФ



Целью данной статьи является предоставление опыта внедрения отечественной инновационной разработки по очистке воды в сравнении с широко тиражируемыми импортными технологиями по очистке природных и сточных вод.

В 2009 г. специалистами ООО «ИЦ Объединенные водные технологии» была разработана [1, 2] технология очистки воды ДИ-КЛАР: на динамических осветлителях (ДО) и на механических фильтрах с двухслойной загрузкой (МФ). Принцип работы данной технологии представлен на рис. 1.

Предварительно в исходную воду последовательно дозируется коагулянт и флокулянт для образования хлопьев загрязняющих веществ. Фильтрация воды производится последовательно восходящим потоком в ДО, загруженным плавающим инертным материалом марки INERT®. Частично осветлен-

ная вода после ДО подается на МФ для дальнейшего осветления.

Принципиально ДО является модернизацией традиционных фильтров с плавающей загрузкой (ФПЗ), которые обычно загружают гранулированным вспененным пенополистиролом, и контактных осветлителей (КО), которые обычно загружают послойно гравием и кварцевым песком.

Особенностью ДО является усовершенствованные верхние и нижние дренажно-распределительные устройства, а также гранулированная плавающая инертная фильтрующая загрузка (грансостав 3–5 мм, плотность гранул 0,8–0,9 г/см³) на основе полимерных материалов (полиэтилен, полипропилен и др.), обладающая высокой механической прочностью и соответственно длительным сроком службы (20 лет).

Периодическая взрыхляющая промывка проводится предварительно сжатым воздухом инертного материала в ДО, а затем водой в противоположном направлении. Сначала промывная вода подается снизу вверх в МФ, промывая последовательно слой кварцевого песка и слой гидроантрацита. Далее промывная вода поступает в ДО и сверху вниз промывает слой плавающего инертного материала.

В период 2010–2012 гг. были проведены пилотные испытания опытной установки производительностью 1 м³/ч при использовании сульфата алюминия в качестве коагулянта (доза 0,7–1,0 мг-экв/дм³) и Праестол 650 ВС в качестве флокулянта (доза 0,3–0,8 мг/дм³). Результаты пилотных испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1

Показатель	Единица измерения	Калининская АЭС (водохранилище)		ОАО «Акрон» (р.Волхов)	
		исходная вода	осветленная вода	исходная вода	осветленная вода
Взвешенные вещества	мг/дм ³	1,5–5,0	менее 1,0	10–22	менее 1,0
Содержание окислов железа	мг/дм ³	1,0–1,2	0,2–0,25	1,1–1,5	менее 0,1
Перманганатная окисляемость	мгО ₂ /дм ³	12–15	4–5	20–22	4,1–5,4
Цветность	градус	–	–	160–220	8–15
Коллоидный индекс	SDI	–	–	–	менее 3

По данным таблицы 1 видно, что после ДО и МФ обеспечивается высокое качество осветленной воды, особенно по взвешенным веществам, окислам железа, окисляемости, цветности, что, в свою очередь, позволяет использовать осветленную воду даже в качестве питьевой при дополнительной стадии обеззараживания (гипохлорид натрия, ультрафиолет и др.).

В продолжении пилотных испытаний динамических осветлителей на Новокузнецком алюминиевом заводе (входит в состав компании РУСАЛ) в декабре 2012 г. была введена в промышленную эксплуатацию система очистки промышленно-ливневых сточных вод проектной производительностью 264 м³/ч, которая позволила полностью исключить сброс сточных вод, а также в три раза снизить потребность предприятия в использовании воды из реки Томь.

Очищенные воды используются в оборотной системе предприятия для охлаждения основного технологического оборудования и приготовления технологических продуктов и реагентов.

Система очистных сооружений предусматривает следующие последовательные стадии обработки воды:

- коагуляция сульфатом алюминия за счет подачи рабочего 6 %-ного раствора в трубопровод исходной воды;
- хлопьеобразование в напорной контактной емкости (НКЕ), время пребывания обрабатываемой воды 5–10 мин;
- дозирование раствора флокулянта (Праестол 650 ВС) в трубопровод после НКЕ;
- фильтрация коагулированной воды восходящим потоком через ДО, загруженный плавающим инертным материалом марки «INERT» с гранулометрическим составом 3–5 мм;
- финишная доочистка осветленной воды через механический фильтр с двухслойной зернистой загрузкой (нижний слой – мелкозернистый кварцевый песок, верхний слой – крупнозернистый гидроантрацит);
- обеззараживание осветленной воды за счет дозирования раствора гипохлорида натрия.

Рис. 2.
Принципиальная технологическая схема очистки сточных вод НКАЗ. НКЕ – напорная контактная ёмкость, ДО – динамический осветлитель, МФ – механический фильтр с двухслойной загрузкой

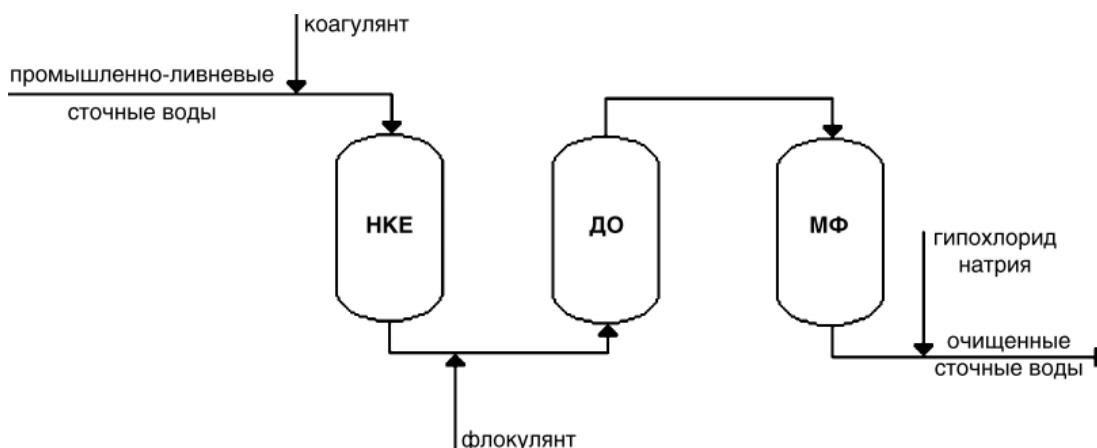




Рис. 3.
Фото ДО и МФ

Принципиальная технологическая схема очистных сооружений Новокузнецкого алюминиевого завода (НКАЗ) представлена на рис 2.

В качестве НКЕ были использованы два корпуса фильтров ФИПаI-2,0-0,6 с дренажно-распределительными устройствами типа «стакан в стакане».

В качестве ДО и МФ (рис. 3) использовались корпуса фильтров ФИПаI-2,6-0,6 (4 ДО и 4 МФ) с внутренними дренажно-распределительными устройствами, разработанными ООО ИЦ «Объединенные Водные Технологии» г. Москва (ООО ИЦ ОВТ).

Все корпуса НКЕ, ДО и МФ рассчитаны на рабочее давление 6 кгс/см².

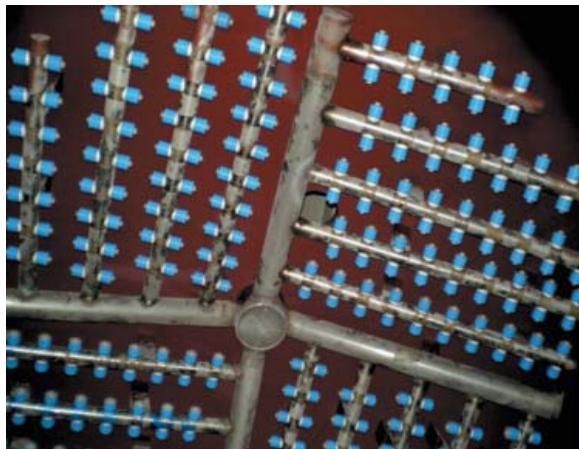


Рис. 4.
Нижнее дренажно-распределительное устройство ДО

Отличительной особенностью дренажных устройств является использование различных щелей колпачков типа DDR производства фирмы KSH (Германия):

- нижнее дренажно-распределительное устройство ДО – 1,5 мм (рис. 4);
- верхнее дренажно-распределительное устройство ДО – 0,8 мм (рис. 5);
- нижнее дренажно-распределительное устройство МФ – 0,2 мм.

В каждый ДО был загружен плавающий инертный материал марки «INERT» с грансоставом 3–5 мм в объеме 11,5 м³ на высоту 1,7 м.



Рис. 5.
Верхнее дренажно-распределительное устройство ДО

В каждый МФ были загружены снизу вверх следующие фильтрующие материалы:

- гравий (подстилочный слой) с грансоставом 2–5 мм в объеме 2,5 м³ для заполнения нижней сферы;
- кварцевый песок с грансоставом 0,6–1,2 мм в объеме 4,2 м³ на высоту 0,8 м;
- гидроантрацит с грансоставом 1,2–2,5 мм в объеме 6,4 м³ на высоту 1,2 м.

Дополнительно каждый ДО и МФ были оборудованы смотровыми окнами для контроля за состоянием фильтрующих материалов и за процессом взрыхляющей промывки.

Таблица 2

№ п.п.	Наименование показателей	Единица измерения	Исходная вода	После ДО	После МФ
1	Взвешенные вещества	мг/дм ³	2,2–62,5	0,4–1,0	0,3–1,0
2	Мутность	мг/дм ³	2,5–48,5	0,03–0,15	0,03–0,13
3	Содержание окислов железа	мг/дм ³	0,45–2,8	0,03–0,1	0,02–0,1
4	Перманганатная окисляемость	мгО ₂ /дм ³	3,5–8,3	1,8–3,0	1,8–3,0
5	Нефтепродукты	мг/дм ³	0,3–0,4	0,07–0,09	0,07–0,09
6	pH	–	7,7–8,6	7,0–7,6	7,0–7,6

В период проведения пуско-наладочных работ были достигнуты результаты, которые приведены в табл. 2.

Во время пуско-наладочных работ (декабрь 2012 г. – апрель 2013 г.) производительность каждого ДО и МФ составляла 15–95 м³/ч, что соответствует 3–18 м/ч скорости фильтрования (диаметр каждого ДО и МФ составляет 2,6 м).

Максимальная производительность на каждом ДО и МФ составляла 118–125 м³/ч (скорость фильтрования 22–23,5 м/ч).

Отключение ДО на взрыхляющую промывку производилось при перепаде давления свыше 1,5 кгс/см², либо при пропуске очищенной воды за фильтроцикл свыше 2500 м³. Отключение МФ на взрыхляющую промывку производилось при перепаде давления свыше 1,0 кгс/см², либо при пропуске очищенной воды за фильтроцикл свыше 3500 м³.

Взрыхляющая промывка ДО и МФ производилась традиционно: сначала воздухом, предварительно поддренировав воду в ДО, а затем для МФ – восходящим потоком, а для ДО – нисходящим потоком воды.

Количество промывной воды составляло около 50 м³ на каждую промывку ДО и МФ, что соответственно составляет 2 % и 1,5 % от количества обработанной воды.

Учитывая, что в качестве инертного материала используются крупные зерна (3–5 мм) из высокопрочного полиэтилена (торговая марка INERT), при водовоздушной промывке не происходит его механического истирания в отличие от песка и гидроантрацита. Отсюда срок службы инерта составляет 20 лет.

Доза коагулянта (сульфат алюминия) в среднем составляла 0,5–0,8 мг-экв/дм³, а доза флокулянта (Праестол) составляла 0,5–1,0 мг/дм³.

Таким образом, на основании первых результатов пуско-наладочных работ промышленной установки, включающей ДО, можно сделать следующие выводы:

- при использовании напорной коагуляции и флокуляции основная очистка исходной воды происходит на динамическом осветлителе, а механический фильтр вы-

полняет финишную (защитную) очистку для гарантированного высокого качества осветленной воды;

- суммарное количество сточных вод после взрыхляющей промывки установки составляет порядка 3,5 % от объема очищенной воды (на ДО – 2 % и МФ – 1,5 %), что в разы меньше по сравнению с известными импортными технологиями;

- номинальная скорость фильтрования ДО варьируется в широком диапазоне (3–18 м/ч) и допускает максимальные значения до 22–23,5 м/ч, что практически в десять раз выше по сравнению с традиционными осветлителями со взвешенным слоем;

- использование отечественного оборудования (корпуса фильтров и дренажно-распределительные устройства) и фильтрующих материалов (инерт, гидроантрацит, кварцевый песок, гравий), срок службы которых, как известно, составляет 30–40 и 10–20 лет соответственно, влечет значительное снижение капитальных и эксплуатационных затрат;

- качество осветленной воды по таким показателям, как содержание окислов железа (менее 0,1 мг/дм³), взвешенных веществ (менее 1 мг/дм³) и окисляемости (снижение на 50 % от исходной), свидетельствует о конкурентоспособности данной технологии в сравнении с мембранной ультрафильтрационной технологией;

- качество исходной воды (промывные сточные воды) в период пуско-наладочных работ резко изменялось в широком диапазоне в течение суток, особенно по взвешенным веществам (2,2–62,5 мг/дм³), окислам железа (0,45–2,8 мг/дм³) и окисляемости (3,5–8,3 мгО₂/дм³), но качество очищенной воды всегда оставалось на высоком уровне;

- использование ДО значительно упрощает автоматизацию процесса (дозирование коагулянта и флокулянта в общий поток по сигналу расхода исходной воды).

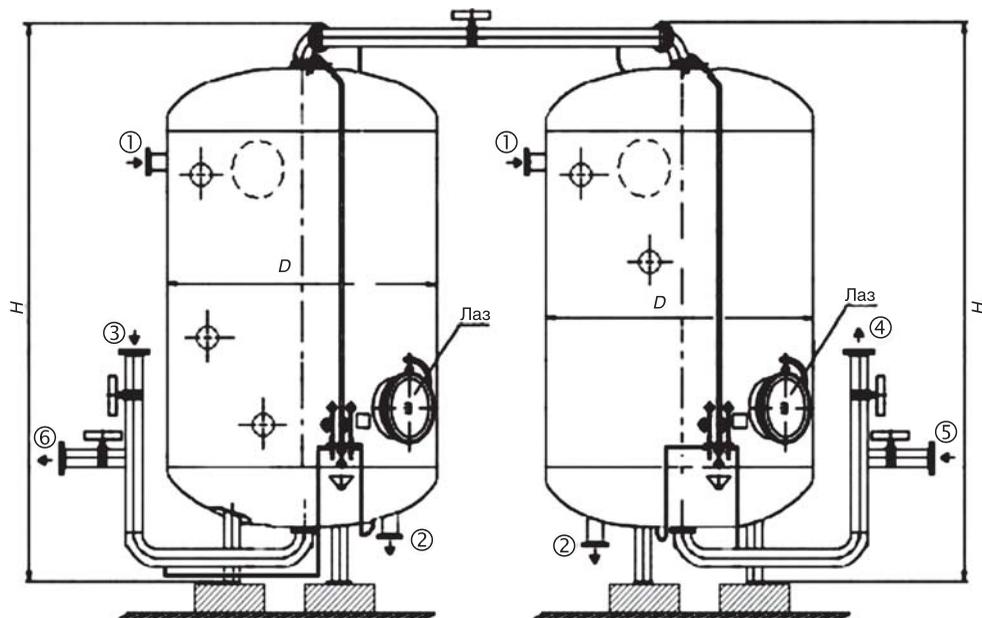


Рис. 6.
СХЕМА ДО-МФ.

- 1 – ШТУЦЕР ЗАГРУЗКИ ФИЛЬТРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА;
- 2 – ШТУЦЕР ВЫГРУЗКИ ФИЛЬТРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА;
- 3 – ТРУБОПРОВОД ВХОДА ОЧИЩАЕМОЙ ВОДЫ;
- 4 – ТРУБОПРОВОД ВЫХОДА ОСВЕЩЕННОЙ ВОДЫ;
- 5 – ТРУБОПРОВОД ВХОДА ПРОМЫВНОЙ ВОДЫ;
- 6 – ТРУБОПРОВОД ВЫХОДА ПРОМЫВНОЙ ВОДЫ

С целью унификации и последующего внедрения динамических осветителей ООО ИЦ «Объединенные водные технологии» разработана конструкторская документация, включая обвязку ДО и МФ (рис. 6).

Технические характеристики (производительность, масса, габариты) блоков представлены в табл. 3.

ТАБЛИЦА 3

условное обозначение	номер чертежа	ТИПОРАЗМЕРЫ			произв-ть м³/ч
		габариты			
		диаметр (D), мм	высота (H), мм	масса, т	
ДО-МФ2С-1,0-0,6-ОВТ	ОВТ.210.00.000.СБ	1000	3390	1,886	3–15
ДО-МФ2С-1,4-0,6-ОВТ	ОВТ.214.00.000.СБ	1400	3622	2,580	5–30
ДО-МФ2С-1,5-0,6-ОВТ	ОВТ.215.00.000.СБ	1500	3580	3,160	5–35
ДО-МФ2С-2,0-0,6-ОВТ	ОВТ.220.00.000.СБ	2000	4535	5,800	10–60
ДО-МФ2С-2,6-0,6-ОВТ	ОВТ.226.00.000.СБ	2600	4810	9,200	15–105
ДО-МФ2С-3,0-0,6-ОВТ	ОВТ.230.00.000.СБ	3000	5070	11,00	20–140
ДО-МФ2С-3,4-0,6-ОВТ	ОВТ.234.00.000.СБ	3400	5253	14,80	30–180

Рабочее давление – 0,6 МПа

С целью последующего продвижения технологии динамического осветления воды в 2012 г. ООО ИЦ «Объединенные водные технологии» разработано и запатентовано устройство [3] «Динамический осветлительный фильтр» (ДОФ), представляющее собой двухкамерный аппарат, состоящий из верхней камеры грубой очистки и нижней камеры тонкой очистки (рис. 7).

Принцип работы ДОФ заключается в том, что предварительно в исходную воду последовательно дозируется коагулянт и флокулянт для образования хлопьев загрязняющих веществ. Фильтрация воды производится последовательно восходящим потоком через камеру грубой очистки, загруженной плавающим инертным материалом марки INERT® (гранулометрический состав 3–5 мм) и далее нисходящим потоком через камеру тонкой очистки, загруженной крупнозернистым (1,2–2,5 мм) гидроантрацитом (верхний слой) и мелкозернистым (0,6–1,2 мм) кварцевым песком (нижний слой).

Рис. 8. Внешний вид ДОФ

- 1 – ШТУЦЕР ЗАГРУЗКИ ФИЛЬТРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА;
- 2 – ШТУЦЕР ВЫГРУЗКИ ФИЛЬТРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА;
- 3 – ТРУБОПРОВОД ВХОДА ОЧИЩАЕМОЙ ВОДЫ;
- 4 – ТРУБОПРОВОД ВЫХОДА ОСВЕЩЕННОЙ ВОДЫ;
- 5 – ТРУБОПРОВОД ВХОДА ПРОМЫВНОЙ ВОДЫ;
- 6 – ТРУБОПРОВОД ВЫХОДА ПРОМЫВНОЙ ВОДЫ

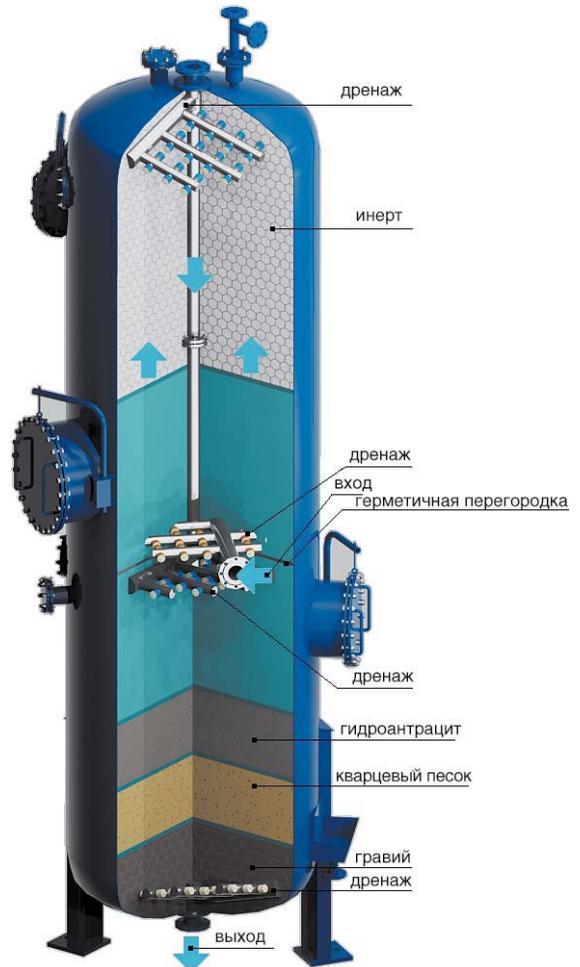
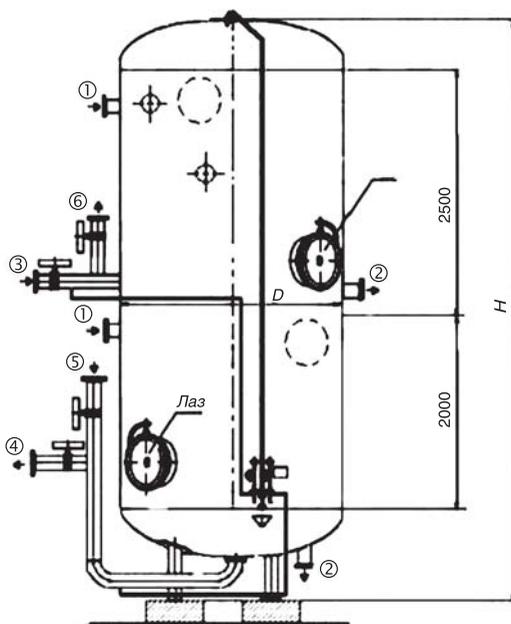


Рис. 7. СХЕМА ДОФ

Периодическая взрыхляющая промывка проводится предварительно воздухом инерта в камере грубой очистки, а затем водой в противоположном направлении. Сначала промывная вода подается снизу вверх в камеру тонкой очистки, промывая последовательно слой кварцевого песка и слой гидроантрацита. Далее промывная вода через центральную трубу попадает в камеру грубой очистки и сверху вниз промывает слой плавающего инертного материала.

Внешний вид ДОФ представлен на рис. 8, а технические характеристики в табл. 4.

ТАБЛИЦА 4

условное обозначение	номер чертежа	ТИПОРАЗМЕРЫ			произв-ть, м ³ /ч
		габариты			
		диаметр (D), мм	высота (H), мм	масса, т	
ДОФ-1,0-0,6-ОВТ	ОВТ.1110.00.000.СБ	1000	4949	1,560	3-15
ДОФ-1,4-0,6-ОВТ	ОВТ.1114.00.000.СБ	1400	5215	2,140	5-30
ДОФ-1,5-0,6-ОВТ	ОВТ.1115.00.000.СБ	1500	5896	2,500	5-35
ДОФ-2,0-0,6-ОВТ	ОВТ.1120.00.000.СБ	2000	6098	4,814	10-60
ДОФ-2,6-0,6-ОВТ	ОВТ.1126.00.000.СБ	2600	6494	7,360	15-105
ДОФ-3,0-0,6-ОВТ	ОВТ.1130.00.000.СБ	3000	6900	9,130	20-140
ДОФ-3,4-0,6-ОВТ	ОВТ.1134.00.000.СБ	3400	7065	12,30	30-180

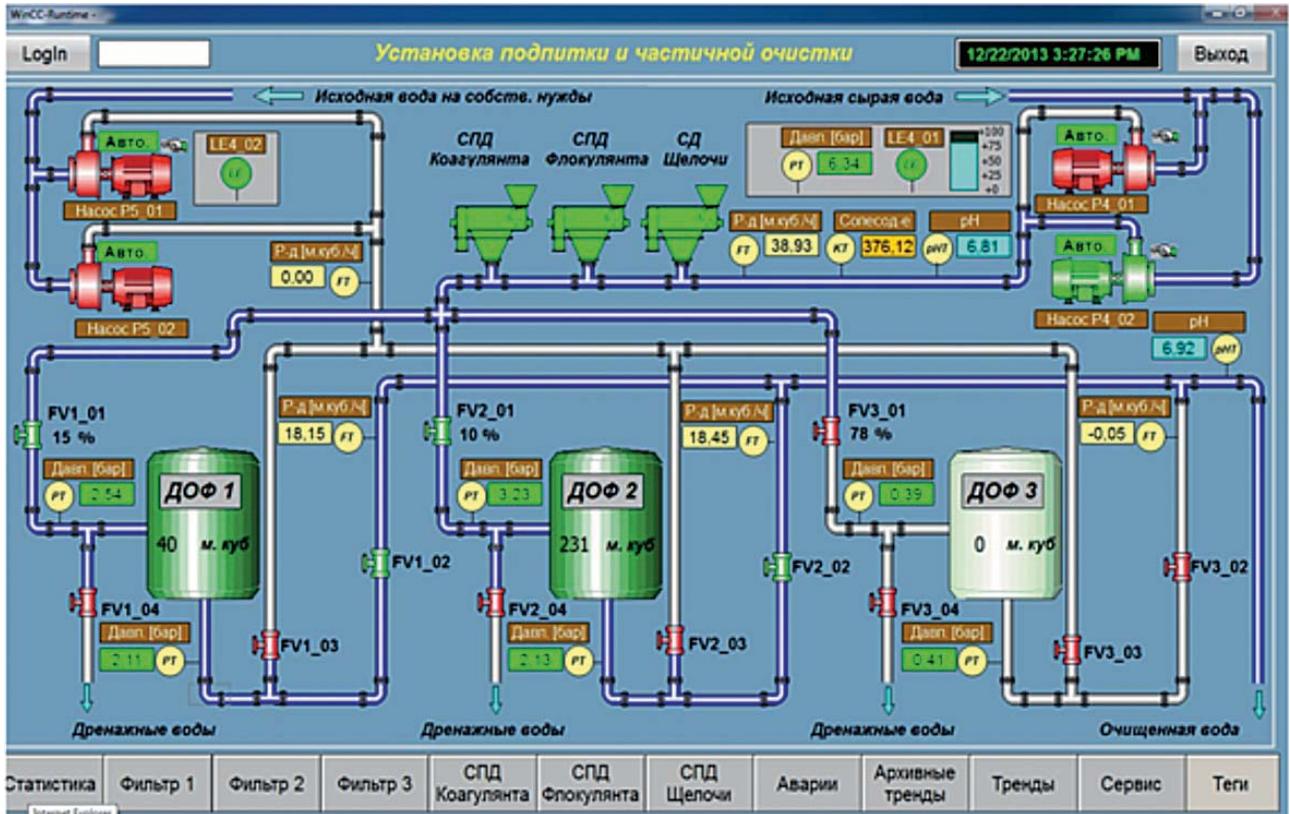
Рабочее давление – 0,6 МПа

Использование ДОФ при новом строительстве позволит обеспечить высокое качество осветленной воды (на уровне питьевой воды) при меньших габаритах, так как в одном аппарате совмещены стадии осветления и последующей финишной (тонкой) фильтрации через двухслойную зернистую загрузку (гидроантропоцит, кварцевый песок).

С 2013 г. на Нефтехимическом заводе в г. Павлодар (Республика Казахстан) эксплуатируется установка очистки речной воды для подпитки водооборотных циклов с использованием ДОФ диаметром 1,5 м и проектной производительностью 75 м³/ч (рис. 9).

Рис. 9.
ДОФ ОБЪЕКТ НЕФТЕХИМ LTD,
ПАВЛОДАР, КАЗАХСТАН





Производительность каждого ДОФ диаметром 1,5 м составляет 5–40 м³/ч, что соответствует скорости фильтрации в диапазоне 3–22,6 м/ч.

В табл. 5 представлены сравнительные данные по степени очистки, процент сточных вод и срок службы фильтрующих материалов технологии динамического осветления воды в сравнении с традиционной технологией (осветлители со взвешенным слоем) и зарубежной технологией (ультрафильтрация) очистки поверхностных вод.

Таблица 5

Показатели исходной воды	Ед. изм.	Исх. вода	Традиционные осветлители со взвешенным слоем и песчаные фильтры	Ультрафильтрация (УФ)	После ДОФ (ДО-МФ)
Взвешенные вещества	мг/л	5–100	2–5	менее 1,0	менее 1,0
Общее железо	мг/л	0,3–2	0,2–0,5	менее 0,1	менее 0,1
Алюминий	мг/л	0,1–0,5	0,1–0,3	менее 0,1	менее 0,1
Перманганатная окисляемость	мгО ₂ /л	5–25	2–10	2–10	2–5
ХПК	мгО ₂ /л	20–80	10–40	10–40	10–20
Цветность	Град	50–250	20–50	20	20
Количество сточных вод от производительности	%	–	7–10	20–30	2–3
Срок службы фильтрующих материалов/мембран для УФ	лет	–	5–10	2–4	10–20

Хотелось бы отметить, что представленная отечественная технология (либо ДО-МФ, либо ДОФ) намного совершеннее и экономичнее известных технологий очистки природных и сточных вод, что подтверждается первыми результатами ее внедрения:

- номинальная скорость фильтрования в ДО варьируется в широком диапазоне (3–18 м/ч) и допускает максимальные значения до 22–23,5 м/ч, что практически в десять раз выше по сравнению со скоростью восходящего потока в осветлителях со взвешенным слоем и в 4–5 раз выше по сравнению с контактными осветлителями;
- количество промывных сточных вод составляет 2–3 % от производительности установок, что в 3–5 раз меньше в сравнении с известными технологиями очистки воды (осветлители, самопромывные фильтры, ультрафильтрация);
- используются отечественное оборудование (корпуса фильтров с внутренними устройствами) и фильтрующие материалы (инерт, гидроантрацит, кварцевый песок), срок службы которых составляет 30–40 лет и 10–20 лет соответственно, а их стоимость значительно ниже в сравнении с импортной поставкой, что обеспечивает низкие капитальные и эксплуатационные затраты;
- при очистке исходной воды с высоким содержанием загрязнений (взвешенные вещества до 100 мг/дм³, окислы железа до 3 мг/дм³, а окисляемость до 20 мгО₂/дм³ и цветность до 200 град) в очищенной воде гарантируется достижение качества питьевой воды.

Технология динамического осветления (dynamic clarification) воды зарегистрирована ООО ИЦ «Объединенные водные технологии» под торговой маркой ДИКЛАР (DYCLAR). Высокая эффективность технологии ДИКЛАР позволяют отнести ее к типу Наилучших Доступных Технологий (НТД) для очистки природных и сточных вод. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. В.Л. Шорин, В.В. Ситников, М.А. Градусова, И.С. Балаев, О.Б. Яковенко, А.В. Ерофеев. **Новый взгляд на устаревшее оборудование предочистки ХВО. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ и водоподготовка, 2007, № 5 (49), с. 16–17**
2. И.С. Балаев, Г.Г. Кучма, О.Б. Яковенко, А.В. Ерофеев, С.К. Добровский. **Современные решения в системах промышленной водоподготовки. Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение, 2011, № 2 (38), с. 24–30.**
3. И.С. Балаев и др. **Двухступенчатый напорный фильтр. Патент на изобретение № 2527216.**

Очистка питьевой воды от трихлорэтилена и тетрахлорэтилена на водоканале города Троицка

Создание и запуск в эксплуатацию станции очистки воды питьевого назначения от тетрахлорэтилена и трихлорэтилена для нужд МУП «Водоканал» г. Троицка

Даты реализации проекта: 2012-2013 годы

Цели проекта

- Очистка воды питьевого назначения от содержащихся в воде тетра- и трихлорэтилена¹; «Тetra- и трихлорэтилен» – высокотоксичные хлорированные углеводороды, отнесенные к 3 классу опасности – ПДК для питьевой воды 0,005 мг/дм³. Основные задачи проекта:
 - Снижение суммарной концентрации целевых веществ с не менее 30 мкг/дм³ в исходной воде, до не более 5 мкг/дм³ в очищенной воде (СанПиН 2.1.4.559-96);
 - Создание и ввод в эксплуатацию установок очистки от тетра- и трихлорэтилена на двух скважинах водозабора г. Троицка питьевой воды общей производительностью не менее 100 м³/час;
 - Создание и ввод в штатный режим эксплуатации автоматизированной системы управления (АСУ) установок с удаленным рабочим местом диспетчера.

Участники проекта

Заказчик: МУП «Водоканал» г. Троицк (г. Москва)

Исполнитель: ООО Инженерно-технический центр «Комплексные исследования» г. Троицк (г. Москва)

Технологические инновации

Проект включает строительство, изготовление, монтаж и запуск в эксплуатацию двух автоматизированных установок очистки воды питьевого назначения от скважин водозабора г. Троицк производительностью 40 и 60 м³/час. Используемый в проекте принцип очистки воды основан на деструкции хлорорганических соединений и их производных в результате процесса интенсивного окисления в воде, затвердевшего с помощью ОН-радикалов (Advanced Oxidation Process – AOP). ОН-радикалы обладают более высоким окислительным потенциалом, чем известные окислители, включая озон и имеют константы скорости реакции с органическими соединениями, превышающие в миллионы раз скорости реакции озона с этими соединениями. Главным преимуществом AOP-технологии является неселективный характер окисления и возможность осуществлять полную деструкцию соединений до молекул воды углекислого газа, солей или неорганических кислот.

Экономические результаты

Наименование	Кол-во	Стоимость за ед. в руб.	Общая стоимость в руб.	Периодичность	Издержки на 1 м ³ обработанной воды
Панель основная XENON VUV 52/28x450-4007гpp	6	19793,00	118 758,00	1 раз в год	0,49
Панель X29-250	24	9250,00	222 000,00	1 раз в 2 года	0,32
Засылка фильтров на все панели	1	120 950,00	120 950,00	1 раз в 6 лет	0,06
Переключ. водозабора кг	0,11	60,00	6,60	расход на обработку 40 м ³ в час	0,17
Мультиметры в ВЧч	11	2,31	25,07	расход на обработку 40 м ³ в час	0,08
					1,02

Критические аспекты

Дополнительный затрат на 1 м³/час в расчете на 10 летнее использование оборудования – 1,37 руб. Эксплуатационные расходы в расчете на 1 м³ – 1,53 руб. Итого на 1 м³ обработанной воды – 2,00 руб.

Другие результаты

Проект является частью инвестиционной программы МУП «Водоканал» г. Троицк

Юридические аспекты

Основные преимущества и технико-экономические особенности. Установки обеспечивают удаление тетра- и трихлорэтилена во всем интервале годовых колебаний концентрации (0,005-0,05 мг/дм³) до концентрации, соответствующей пределу обнаружения используемой методики измерения (<5,000 мкг/дм³) и делают воду пригодной для хозяйственно-бытового потребления. Ввод установок и реконструкция скважин позволили снять на руки с действующих скважин и устранить дефицит воды питьевого назначения.

Установки такого типа являются первыми в России промышленными системами, введенными и прошедшими стадию успешного опробования в системе городского водоснабжения. Основным стратегическим преимуществом комплекса является его высокая гибкость и возможность подстройки режимов окисления с расчетом на появление новых трудноудаляемых загрязнений в воде – токсичных органических соединений техногенного происхождения.

**Добровольская К.И.,
Дымшаков В.А.,
Изыумов С.В.¹,
Щектотов Е.Ю.,
Щекотов Д.Е.,
Инженерно-технический центр
«Комплексные исследования»**

**Афанасьев А.П.²,
Копылов О.В.²,
МУП «Водоканал» г. Троицк**

**Баренбойм Г.М.²,
Чиганова М.А.,
Институт водных проблем РАН**

Проект-дипломант практической конференции «Опыт реализации инновационных проектов в сфере ВКХ: технологии, экономика, право».

Организатор – Российская ассоциация водоснабжения и водоотведения, ЭКВАТЭК-2014, 3 июня 2014 г.

¹ sergey.izyumov@xenozone.ru, + 7(495) 777-71-96

² gbarenboim@gmail.com

С введением дополнений к ГН 2.1.5.1315-03³ (в 2007 г.) был расширен перечень соединений, подлежащих обязательному контролю, и в него вошли тетрахлорэтилен (англ. аббревиатура – PCE) и трихлорэтилен (англ. аббревиатура – TCE). Соединения отнесены к 1-му классу опасности, их ПДК для питьевой воды составляет 0,005 мг/дм³.

PCE и TCE широко применяются в промышленности. Являясь промежуточными продуктами синтеза других хлоруглеродородов, используются для производства хладагентов (фреонов), различных кислот, гербицидов, красителей. Применяются в качестве растворителей – для обезжиривания и чистки металлов, в области сухой химической чистки одежды, в текстильной промышленности.

PCE и TCE часто обнаруживаются в поверхностных и подземных источниках питьевого водоснабжения. Причиной заражения могут являться промышленные объекты, использующие данные вещества в своем технологическом цикле и производящие значительные объемы сточных вод. Кроме того, как показывает мировой опыт, источником загрязнения подземных и поверхностных вод очень часто выступают мусорные свалки, фильтрат которых, проникая через слои почвы, может заражать грунтовые воды.

Большое количество исследований указывают на возможное влияние TCE и PCE на возникновение онкологических заболеваний у человека, в частности – рака печени и почек, неходжкинской лимфомы, рака мочевого пузыря. В соответствии с классификацией IARC⁴ трихлорэтилен отнесен к 1 классу соединений – вещества, оказывающие канцерогенное воздействие на человека, тетрахлорэтилен – к классу 2A – возможные канцерогены.

В 2009 г. в ходе лабораторных исследований проб питьевой воды, взятых из скважин водозабора г. Троицка (г. Москва), в образцах был обнаружен тетра- и трихлорэтилен в суммарной концентрации от 40 мкг/дм³ (8-кратное превышение ПДК), что послужило причиной консервации двух скважин общим дебитом 100 м³/час, что составило 15–20% от общего объема водопотребления и повлекло за собой увеличение нагрузки на действующие скважины и дефицит воды хозяйственно-питьевого назначения.

Технология удаления TCE и PCE из питьевой воды

По запросу МУП «Водоканал» г. Троицка компания Инженерно-технический центр «Комплексные исследования»⁵, проведя серию пилотных исследований и испытаний, предложила метод удаления PCE и TCE из питьевой воды, основанный на технологии интенсивного окисления.

³ ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».

⁴ IARC – International Agency for Research on Cancer – Международное Агентство по исследованию рака.

⁵ Длительное время занимается разработкой и производством окислительных устройств и систем очистки воды от органических соединений, реализуемых под торговой маркой XENOZONE. Запатентованная технология и окислительные установки нашли широкое применение в муниципальных и частных системах подготовки питьевой воды и системах очистки воды плавательных бассейнов. Установки XENOZONE используются для очистки технической воды и стоков на атомных станциях.

ГЛАВНЫЙ КРИТЕРИЙ

Принцип очистки воды от РСЕ и ТСЕ, заложенный в предложенной технологии, основан на деструкции хлорорганических соединений и их производных в результате процессов интенсивного окисления (АОР)⁶ в воде, активированного с помощью гидроксильных радикалов (ОН-радикалов). ОН-радикалы обладают более высоким окислительным потенциалом (рис. 1), чем известные окислители, и имеют константы скоростей реакции с органическими соединениями, превышающие в миллионы раз скорости реакции озона с этими соединениями (табл. 1).



Рис. 1. Окислительный потенциал ОН-радикалов и других окислителей

Таблица 1. Константы скоростей реакций озона и гидроксильных радикалов (ОН*) с некоторыми органическими соединениями

Соединения	Озон, $M^{-1}c^{-1}$	ОН*, $M^{-1}c^{-1}$
Ацетилен	50	10^8-10^9
Спирты	$10^{-2}-1$	10^8-10^9
Альдегиды	10	10^9
Насыщенные углеводороды	10^{-2}	10^8-10^9
Ароматические углеводороды	$1-10^2$	10^8-10^{10}
Карбоновые кислоты	$10^{-3}-10^{-2}$	10^7-10^9
Непредельные хлоруглеводороды	$10^{-1}-10^3$	10^9-10^{11}
Кетоны	1	10^8-10^{10}
Фенолы	10^3	10^8-10^{10}
Тетрахлорэтилен (РСЕ)	< 0,1	$2,3 \cdot 10^9$
Трихлорэтилен (ТСЕ)	14-17	$4,0 \cdot 10^9$

Главным преимуществом процессов интенсивного окисления является неселективный характер окисления и возможность осуществлять полную деструкцию соединений до молекул воды, углекислого газа, солей или неорганических кислот.

Это принципиально отличает данную технологию от фильтрационных методов, так как за счет полного или частичного окисления и деструкции органических молекул возможен вывод загрязнений из водного круговорота или перевод их в доступные для биоразложения формы.

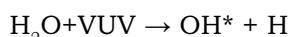
Помимо надежности и высокой эффективности технологии в разложении органических соединений, стоит отметить и ее относительную универсальность. Это имеет принципиальное стратегическое значение, так как позволяет применять технологию для решения подобных задач в будущем – при расширении спектра органических загрязнений, присутствующих в питьевой воде и ужесточении гигиенических нормативов, в том числе для удаления веществ техногенного происхождения, лекарств, пестицидов, косметических средств, ПАВов и др.

⁶ Международное название – Advanced Oxidation Processes.

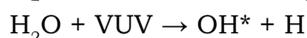
Все эти факторы делают возможным применение технологии практически для всех органических соединений, в том числе токсичных загрязнений или сложных соединений в следовых количествах.

При реализации современных АОР-технологий используются несколько способов генерации радикалов OH^* :

- **фотолиз воды вакуумным ультрафиолетом** (длина волны $\lambda=172$ нм):



- **образование озона и радикалов OH^* при облучении вакуумным ультрафиолетом:**



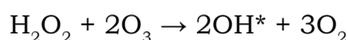
- **фотолиз перекиси водорода ультрафиолетом** ($\lambda=254$ нм):



- **фотолиз озона ультрафиолетом** ($\lambda=254$ нм):



- **реакция перекиси водорода с озоном**



- **совместное использование**

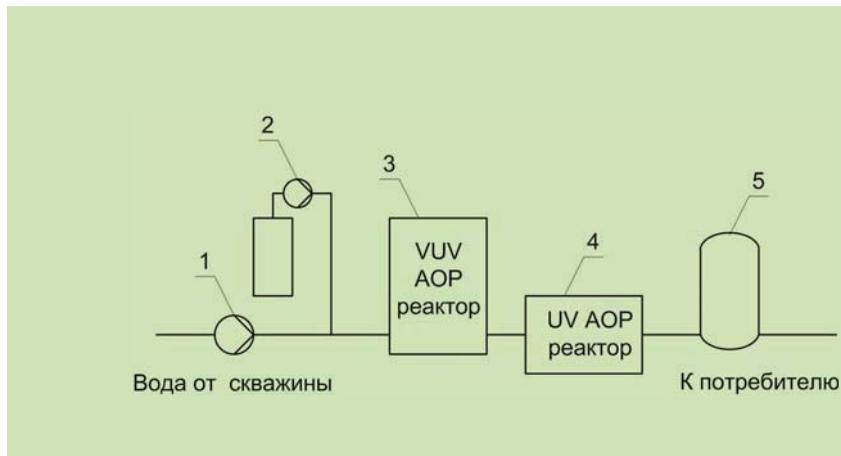


В предложенном методе окисление и последующая деструкция РСЕ и ТСЕ осуществляются в комбинированном фотохимическом реакторе с последовательно установленным реактором с вакуумным ультрафиолетом (VUV АОР-реактор) и ультрафиолетовым реактором с ртутными лампами низкого давления (UV АОР-реактор). На выходе применяются специальные фильтры с активированным углем для удаления непрореагировавших окислителей (рис. 2).

VUV АОР-реактор реализован с использованием генераторов озона и радикалов OH^* . Для генерации окислителей в нем применены кварцевые ксеноновые лампы с барьерным разрядом, которые за счет особой конструкции позволяют облучать воду и воздух вакуумным ультрафиолетом и производить озон и радикалы OH^* , с их последующим растворением и эжекцией в обрабатываемую воду.

Поступающая в станцию вода с загрязнениями прокачивается через несколько зон генерации OH -радикалов, в которых последовательно растворяется озон и перекись водорода, и которые облучаются ультрафиолетовыми ксеноновыми и ртутными лампами. Таким образом, разложение РСЕ и ТСЕ осуществляется по всему окислительному тракту станции.

Рис. 2.
Принципиальная схема установки по удалению тетрахлорэтилена и трихлорэтилена из воды
1 – насос,
2 – дозация перекиси водорода,
3 – VUV АОР-реактор (на основе генераторов OH -радикалов и озона на базе эксимерных ксеноновых ламп вакуумного ультрафиолетового диапазона – длина волны 172 нм),
4 – UV АОР-реактор (на основе ртутных ламп низкого давления – длина волны 254 нм),
5 – фильтр (удаление непрореагировавших окислителей)



ГЛАВНЫЙ КРИТЕРИЙ

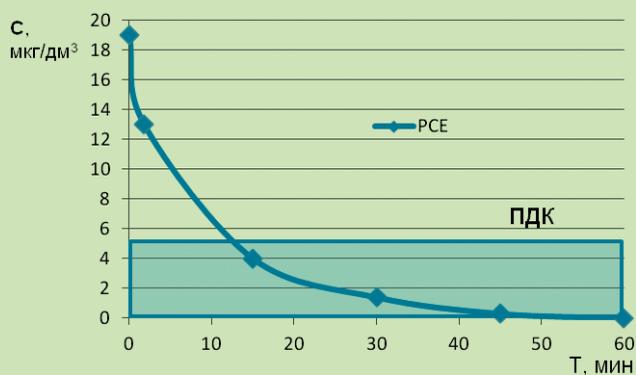


Рис. 3.
ГРАФИК ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РСЕ.
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ
НА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКЕ⁷

Результаты проведенных лабораторных исследований (рис. 3) подтвердили эффективность технологии и позволили спроектировать и опробовать пилотную установку в водоканале г. Троицка, в условиях, приближенных к реальному режиму эксплуатации.

В ходе пилотных испытаний были оптимизированы и отлажены режимы окисления. Кроме того, анализ исходной воды показал наличие атомов брома с концентрацией на уровне 0,054 мг/дм³, что увеличивает вероятность образования в обработанной воде броматов (побочных продуктов реакции озона с бромид-ионами). Установленный ПДК броматов в питьевой воде со-

ставляет 0,01 мг/дм³. В связи с этим были проведены измерения концентрации броматов в обработанной воде в проточном режиме работы пилотной установки при различных режимах окисления. Во всех случаях на выходе из установки концентрация броматов была ниже предела обнаружения: < 5 мкг/дм³.

В июле 2013 г. на скважинах МУП «Водоканал» города Троицк была запущена в эксплуатацию автоматизированная установка по очистке питьевой воды от трихлорэтилена и тетрахлорэтилена производительностью 40 м³/час, а в ноябре 2013 г. – установка производительностью 60 м³/час (рис. 4, 5).



Рис. 4.
УСТАНОВКА ПО ОЧИСТКЕ
ВОДЫ ОТ ТРИХЛОРЭТИЛЕНА
И ТЕТРАХЛОРЭТИЛЕНА
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 60 м³/ЧАС
(ВОДОКАНАЛ Г. ТРОИЦКА)

⁷ Исследования проведены в режиме рециркуляции с полным объемом воды в лабораторной установке – 80 л. Производительность установки по деструкции РСЕ (~20 мкг/дм³) – около 0,4 м³/час.

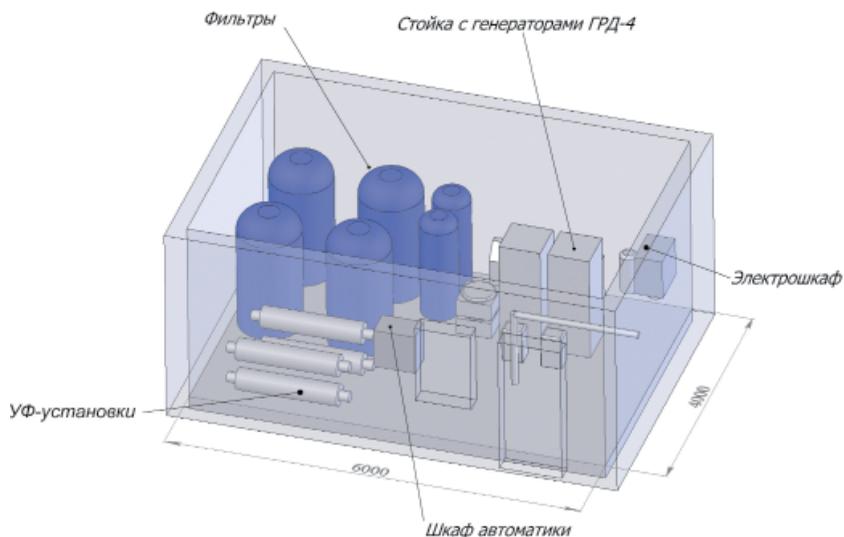


Рис. 5.
План размещения
оборудования установки
производительностью 40 м³/час.

Установки обеспечивают удаление ТСЕ и РСЕ во всем интервале годовых колебаний концентрации (0,006–0,05 мг/дм³) до концентрации, соответствующей пределу обнаружения используемой методики измерения (<0,001 мг/дм³) (табл. 2).

Рабочий режим установок предполагает очистку воды от РСЕ и ТСЕ до концентраций, соответствующих ПДК, согласно требованиям ГН 2.1.5.1315-03 – 0,005 мг/дм³. Это первые в России установки такого типа, использующиеся в системе городского водоснабжения.

Таблица 2.

Концентрации целевых соединений в исходной и обработанной воде при различных режимах окисления

Вещество	Исходная вода	С _{Н₂О₂} = 0,5 мг/л	С _{Н₂О₂} = 1 мг/л	С _{Н₂О₂} = 2 мг/л	С _{Н₂О₂} = 5 мг/л
РСЕ, мкг/л	6,6	< 1,0*	< 1,0*	< 1,0*	< 1,0*
ТСЕ, мкг/л	4,0	< 1,0*	< 1,0*	< 1,0*	< 1,0*
Н ₂ О ₂ на выходе из станции, мг/л	0	< 0,1 мг/л	< 0,1 мг/л	< 0,1 мг/л	< 0,1 мг/л
Броматы**, мкг/л	< 5*	< 5*	< 5*	< 5*	< 5*

* Концентрация,
соответствующая
пределу обнаружения.

** Концентрация брома
в исходной воде
54 мкг/дм³.

Выводы

1. Предложенная технология является эффективным способом, позволяющим снизить концентрации РСЕ и ТСЕ до пределов обнаружения использованных методик измерения (<0,001 мг/дм³).
2. Использование генераторов ОН-радикалов на основе ультрафиолетовых эксимерных ксеноновых ламп совместно с ультрафиолетовыми установками на базе ртутных ламп низкого давления позволяют создавать модульные установки производительностью масштаба 100 м³/час.
3. Использованный метод деструкции РСЕ и ТСЕ не создает в воде токсичных побочных продуктов окисления, в частности, броматов с концентрацией, превышающей пределы обнаружения используемой методики измерения (< 0,005 мг/дм³). ●

Отечественное оборудование в сфере импортозамещения электролизных установок крупнотоннажного производства гипохлорита натрия для обеззараживания питьевых и сточных вод

Фесенко Л.Н.¹,
Д-Р ТЕХН. НАУК, ПРОФ.
КАФЕДРЫ «ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО,
ИНЖЕНЕРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ
ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ
СРЕДЫ» Южно-Российского
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА (НПИ)
ИМ. М.И. ПЛАТОВА, ДИРЕКТОР
ООО НПП «ЭКОФЕС»

Скрябин А.Ю.²,
КАНД. ТЕХН. НАУК,
ДОЦ. КАФЕДРЫ «ВОДОСНАБЖЕНИЕ
И ВОДООТВЕДЕНИЕ»
РОСТОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
СТРОИТЕЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА,
ЗАМ. ГЕНЕРАЛЬНОГО ДИРЕКТОРА
ОАО «ПО ВОДОКАНАЛ»
Г. РОСТОВ-НА-ДОНУ
ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКЕ

Игнатенко С.И.³,
КАНД. ТЕХН. НАУК, ЗАМ.
ДИРЕКТОРА ООО НПП
«ЭКОФЕС» ПО НАУЧНОЙ РАБОТЕ

Пчельников И.В.⁴,
АСПИРАНТ КАФЕДРЫ «ВОДНОЕ
ХОЗЯЙСТВО, ИНЖЕНЕРНЫЕ
СООРУЖЕНИЯ ЗАЩИТЫ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ» ЮРГПУ
(НПИ) ИМ. М.И. ПЛАТОВА

Традиционно проблема санитарно-эпидемиологической безопасности питьевой воды решается хлорированием, которое продолжает оставаться самым распространенным в мире способом обеззараживания воды в силу своей санитарно-гигиенической надежности, пролонгированности бактерицидного действия, относительной простоты и экономичности. За исключением диоксида хлора дезинфицирующее действие всех хлорных реагентов (газообразного хлора, хлорной извести, гипохлоритов, хлораминов и др.) основано на механизме, суть которого заключается в том, что при введении в воду все они образуют хлорноватистую кислоту, оказывающую непосредственное окисляющее и антимикробное действие. Однако при использовании жидкого хлора бесспорной остается проблема его транспортировки через населенные территории и хранение многотонных запасов на водоочистных станциях, многие из которых уже стали опасно соседствовать с расширяющейся городской жилой застройкой. Опасность использования жидкого хлора (2-й класс опасности), а также невозможность соблюдения водоканалами ряда положений Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности производств хлора и хлорсодержащих сред» (от 20.11.2013 г. № 554) привели традиционную хлорную технологию дезинфекции питьевой воды в тупиковую ситуацию. Решением проблемы может быть либо перенос водоочистной станции в более безопасное место (по сути – строительство новой за городской чертой), либо отселение жителей за пределы опасной зоны (не менее 1000 м от места хранения контейнеров согласно п. 7.1.14 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» СанПиН 2.2.1/2.1.1.2000-03), или перевод станции на менее опасный дезинфектант, сочетающий положительные качества хлорирования и отсутствие его недостатков.

¹ Фесенко Лев Николаевич, тел.: (86352) 55-3-34, e-mail: 65613@mail.ru

² Скрябин Александр Юрьевич, тел.: (863)83-14-08, e-mail: skryabin@rvdk.ru.

³ Игнатенко Сергей Иванович, телефон: (86352) 6-05-07, e-mail: 65613@mail.ru

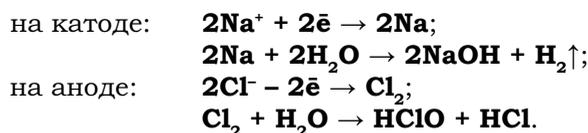
⁴ Пчельников Игорь Викторович, телефон: (86352) 55-33-4, e-mail: pchelnikov.igor@mail.ru

С точки зрения эпидемиологической безопасности централизованного водоснабжения все хлорсодержащие реагенты одинаково надежны и эффективны. Как следствие, при выборе конкретного реагента преимущества применения жидкого хлора, диоксида хлора, хлорамина, «влажной газобразной смеси оксидантов», высоко- или низкоконцентрированного гипохлорита натрия и т.д. следует искать не в каком-то супербактерицидном эффекте дезинфектанта, а в безопасности его доставки и хранения, технологичности применения, образовании и количестве побочных отходов при производстве продукта (гипохлоритов, диоксида хлора, хлоркаустиковая мембранная технология генерирования «оксидантов») на месте его использования, сроках и условиях сохранения рабочих характеристик продукта, а также стоимости поставляемого хлорсодержащего реагента или аппаратов, производящих его непосредственно на площадке водоочистных сооружений.

Мировой опыт научного поиска альтернативных жидкому хлору дезинфектантов обозначил, а в дальнейшем и подтвердил на практике перспективность применения для обеззараживания воды низкоконцентрированного электролитического гипохлорита натрия (ГХН), производимого на месте потребления в нужном количестве путем электролиза поваренной соли.

Процесс получения низкоконцентрированного ГХН достаточно изучен и широко применяется в практике обеззараживания во всех развитых странах, как на водоочистных станциях небольшой производительности, так и на сооружениях подготовки многих тысяч кубических метров питьевой воды в сутки.

Производство ГХН осуществляется методом электролиза водного раствора хлористого натрия NaCl (поваренной соли). Наиболее простым и распространенным является электролиз солевого раствора без мембранного (или диафрагменного) разделения электродного пространства. При этом электролизер выполняется в виде емкости с размещенными в ней электродами (анод и катод). При прямом электролизе раствора NaCl протекают реакции:



Выделившийся в результате реакции гидроксид натрия взаимодействует с хлорной и хлорноватистой кислотами с последующим образованием в смеси хлорида и гипохлорита натрия (рис. 1). Суммарную реакцию можно записать:



Таблица.

Физико-химические показатели соли по ГОСТ Р 51574-2000 и ее ориентировочная стоимость

Наименование показателя	Норма в пересчете на сухое вещество для сорта			
	экстра	высшего	первого	второго
1. Массовая доля хлористого натрия, %, не менее	99,70	98,40	97,70	97,00
2. Массовая доля кальций-иона, %, не менее	0,02	0,35	0,50	0,65
3. Массовая доля магний-иона, %, не более	0,01	0,05	0,10	0,25
4. Массовая доля сульфат-иона, %, не более	0,16	0,80	1,20	1,50
5. Массовая доля калий-иона, %, не более	0,02	0,10	0,10	0,20
6. Массовая доля оксида железа (III), %, не более	0,005	0,005	0,010	0,010
7. Массовая доля сульфата натрия, %, не более	0,02	не нормируется		
8. Массовая доля не растворимого в воде остатка, %, не более	0,03	0,16	0,45	0,85
9. Массовая доля влаги, %, не более, для соли:				
выварочной	0,10	0,70	0,70	–
каменной	–	0,35	0,35	0,35
самосадочной и садочной	–	3,20	4,00	5,00
10. pH раствора	6,5–8,0	не нормируется		
11. Ориентировочная стоимость, руб/кг, от	10–11	6,5–7,0	3,5	3,0

До некоторого времени сдерживающим фактором развития отечественных установок по получению низкоконцентрированного ГХН являлась их невысокая производительность по вырабатываемому активному хлору, вследствие чего водоочистные станции столкнулись с дилеммой: либо установка пакета, состоящего из десятков параллельно работающих мелких электролизеров, либо приобретение более производительных единичных импортных дорогостоящих аппаратов.

В России самые мощные электролизные установки работают в городах: Санкт-Петербург (водопроводные станции «Северная», 3,5 т и «Южная», 4,5 т по эквиваленту хлора в сутки, производство фирмы «NEWTEC»); Иваново (две установки по 680 кг/сут, фирма «GRUNDFOS/ALLDOS»); Набережные Челны (в монтаже два электролизера НСТ-1500 по 680 кг эквивалентного хлора в сутки производства «Severn Trent De Nora»); Уфа (Северный инфильтрационный водозабор, три установки по 113 кг/сут, фирма «Wolles & Tiernan»). Потребители иностранных технологий попадают в неизбежную зависимость от зарубежного сервиса и ремонта, а также от поставок импортных комплектующих и расходных материалов (прежде всего, крайне дорогих окисно-иридиево-рутениевых титановых анодов с гарантийным сроком эксплуатации металлооксидного покрытия 1–2 года), что вызывает серьезные финансовые проблемы и некоторую неуверенность у импортоприобретателей, особенно обострившуюся в сегодняшних условиях нарастающих санкций со стороны стран Евросоюза. Кроме того, все иностранные компании, а вслед за ними и российские фирмы («Невский Кристалл», «Юпитер», «РутТех», «Аквахим» и др.) при производстве гипохлорита используют глубокоомягченную воду и специальную соль (таблетированную

или марки «Экстра», в крайнем случае – высшего сорта), не содержащую кальция и магния, что удорожает процесс на 30–40 %. И если воду нетрудно умягчать на месте ее использования (как правило, электролизные станции зарубежного образца поставляются только в комплекте с Na-катионитовыми фильтрами), то соль марки «Экстра» в России не производится (ближайший поставщик – белорусская «Мозырьсоль») и ее цена в 3–5 раз выше украинской «Артемсоль», астраханской, илецкой и др. (см. табл.).

Начиная с 2008 г., российский производитель (ООО НПП «ЭКОФЕС», г. Новочеркасск) в жесткой конкурентной борьбе с иностранными производителями начал осваивать рынок электролизных установок многотоннажного производства низкоконцентрированного ГХН на крупных станциях подготовки питьевой воды. Успешное продвижение высокопроизводительных отечественных электролизеров в сфере обеззараживания воды стало возможным лишь с учетом требований водоканалов на использование максимально дешевого и доступного сырья (поваренная соль не выше I сорта), а также гарантируемый поставщиком сервис и, в случае неспособности обслуживающего персонала, устранение производителем оборудования в кратчайшие сроки непредвиденных остановок оборудования, возникших аварийных ситуаций или последствий форс-мажорных обстоятельств.

При сравнительной схожести в мировой практике технологий электролитического получения гипохлорита натрия, конкурентоспособность электролизной установки, а следовательно, перспективы ее качественного импортозамещения и широкомасштабного применения определяют (в основном):

1. Возможность применения соли любого качества.
2. Энергосбережение.
3. Затраты на подготовку воды (удаление ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^-) для приготовления солевых растворов.
4. Безотходность и экологичность технологического цикла, исключающие проведение дополнительных природоохранных мероприятий.
5. Безопасность, надежность и антитеррористическая устойчивость производства ГХН.

Технология производства ГХН, основанная на этих принципах, впервые внедрена в России в 2008 г. на очистных сооружениях Центрального водопровода г. Ростова-на-Дону. Эта электролизная станция, на тот момент являвшаяся второй по мощности после сооружений Санкт-Петербурга, была оборудована 4 установками «Хлорэфс» УГ-25МК-250 производства ООО НПП «ЭКОФЕС» производительностью 250 кг/сут по активному хлору каждая (рис. 2) [1].



Рис. 2.
ЧЕТЫРЕ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ УСТАНОВКИ
«Хлорэфс» УГ-25МК-250
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ
250 КГ/СУТ ПО АКТИВНОМУ ХЛОРУ
КАЖДАЯ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ
ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ (г. Ростова-на-Дону)

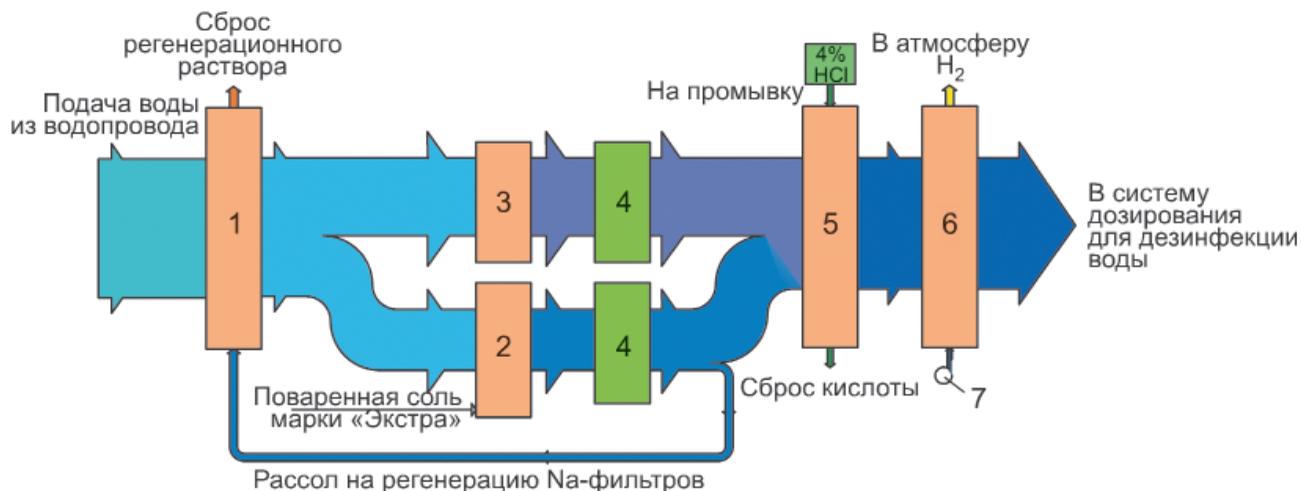
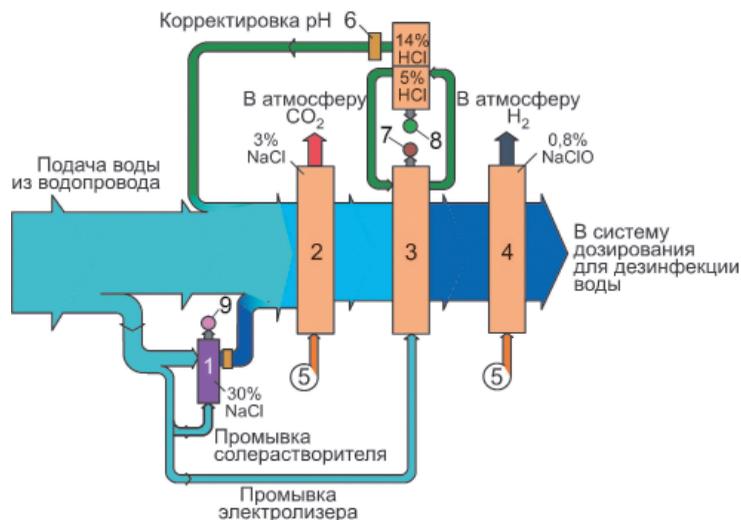


Рис. 3.
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА
ПОЛУЧЕНИЯ ГХН В УСТАНОВКАХ
«NEWTEC»
 1 – Na-катионитовый фильтр;
 2 – солерастворитель;
 3 – емкость умягченной воды;
 4 – насосы;
 5 – электролизер;
 6 – емкость для хранения
 гипохлорита натрия;
 7 – вентилятор

Надежность и долговечность аппаратов генерирования ГХН обеспечивается и напрямую зависит от эффективности мероприятий, направленных на минимизацию образования отложений карбоната кальция на поверхности катода электролизера. Незнание или несоблюдение особенностей технологии при подготовке воды, используемой для растворения соли, приводят к перегреву и деформации покрытой отложениями электродной системы, разрушению дорогого оксидно-рутениевого (иногда иридиевого) покрытия, увеличению напряжения и падению концентрации активного хлора в получаемом продукте. На скорость роста катодных отложений влияет качество соли: концентрация в ней примесей в виде сульфатов, ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} (жесткости), а также гидрокарбонатов HCO_3^- . Использование в зарубежных технологиях наилучшей по чистоте соли категории «Экстра» (см. таблицу), вовсе не исключает необходимость предварительного глубокого умягчения воды (особенно с высокой карбонатной жесткостью), используемой для растворения. В иностранных установках последнее достигается Na-катионированием, что не только усложняет и удорожает производство ГХН, но и создает проблему утилизации или захоронения высококонцентрированных хлоридных кальциево-магниевых отработанных регенерационных растворов. Технологическая схема приготовления раствора ГХН с электролизерами NT-40000 компании «NEWTEC» (по данным [2]) представлена на рис. 3.

Технически более простым и безотходным, а экономически менее затратным решением, позволяющим использовать соль любой марки, будет декарбонизация воды, впервые предложенная и реализуемая на отечественных установках «Хлорэфс». Декарбонизация осуществляется подкислением воды соляной кислотой до $\text{pH} = 4,0\text{--}4,3$ (при этом бикарбонат- и карбонат-ионы полностью переходят в CO_2) и последующей отдувкой свободной углекислоты в дегазаторе пленочного, барботажного, вакуумно-эжекционного или иного типа (рис. 4).

Рис. 4.
Технологическая схема получения ГХН
в установках «Хлорэкс»:
1— солерастворитель;
2— декарбонизатор;
3— электролизер;
4— накопитель ГХН;
5— вентилятор;
6— насос-дозатор;
7— отвод промывной воды;
8— возврат отработанной кислоты
в солерастворитель;
9— отвод промывной воды солерастворителя
в сооружения повторного использования



Поскольку тенденция дальнейшего развития производства электролизных установок направлена на увеличение их мощности, то она потребовала включения в общую технологическую схему получения ГХН и узлов очистки с повторным использованием производственных отходов и стоков (с выводом из материального баланса и утилизацией нерастворимой фазы), образующихся в процессах:

- кондиционирование воды (умягчении), используемой для растворения соли;
- промывка сатураторов (солерастворителей);
- кислотная промывка электролизеров от катодных отложений;
- промывка песчаных фильтров тонкой очистки насыщенного солевого раствора и отстоянной возвратной воды от промывки сатураторов.

Вопросы экологической безопасности впервые были полностью решены на самой мощной в России (и второй в мире) электролизной станции (7 т/сут по активному хлору) на Александровских ВОС г. Ростова-на-Дону (рис. 5).

Рис. 5.
Электролизная станция
на Александровских ОСВ
с семью установками «Хлорэкс»
производительностью
7 т/сут по эквиваленту хлора
для обеззараживания питьевой
воды г. Ростова-на-Дону





Рис. 6.
Узел кислотной декарбонизации
рабочего солевого раствора
на Александровских ОСВ
г. Ростова-на-Дону

Во-первых, для исключения образования стоков, сопровождающих Na-катионитовое умягчение (около 200 м³/сут отработанных взрыхляющих, регенерационных и отмывочных вод) ООО НПП «ЭКОФЕС» принята полностью безотходная и экологически чистая декарбонизация 3 % солевого раствора с отдувкой свободной углекислоты в пленочном дегазаторе с насадкой из колец Рашига, остаточное СО₂ в электролите не более 3–4 мг/л (рис. 6) [3, 4]. Во-вторых, проблема использования низкосортной соли решена применением сатуратора, оборудованного системой водо-воздушной промывки (по типу скорых водопроводных фильтров). Приготовление насыщенного раствора соли производится фильтрованием водопроводной воды через неподвижный слой поваренной соли, загружаемой периодически в сатуратор на гравийную подложку (поддерживающий слой), внутри которой расположена трубчатая дренажная распределительная система. Насыщение воды солью происходит в режиме медленной фильтрации (0,1–0,5 м/ч), частицы глины, песка и другие нерастворимые примеси, поступающие с досыпаемой в сатуратор солью, постепенно накапливаются в фильтрующем слое и должны из него периодически удаляться. Частота промывок сатуратора зависит от качества применяемой соли, в частности от массовой доли в ней нерастворимого в воде остатка. Для соли марки «Экстра» эта доля составляет до 0,03 %; для высшего сорта – до 0,16 %, для первого – до 0,45 % (см. табл.).

Сооружения повторного использования промывных вод сатуратора разработаны в виде последовательно расположенных вертикальной песколовки и отстойника промывных вод периодического действия. Удаление песка из приемка песколовки производится по мере его заполнения песковым насосом с подачей пульпы на пескоотмывочную машину со шнековой выгрузкой отмытого песка в сменный контейнер. Технологическая схема очистки и повторного использования промывной воды солерастворителя представлена на рис. 7.

Отстойник промывных вод конструктивно представляет собой горизонтально расположенную цилиндрическую емкость с уклоном днища к грязевому приемку. Отбор осадка из приемка осуществляется периодически по мере накопления путем взмучивания его системой гидросмыва и перекачки погружным насосом в производственную канализацию водоочистных сооружений (сооружения обработки и повторного использования промывных вод скорых фильтров). Отбор отстоянной воды производится с верхнего уровня при помощи гибкого рукава, закрепленного на поплавке. Вода из отстойника направляется на напорный песчаный фильтр (установлены два попеременно работающих фильтра с автоматической промывкой) и далее возвращается в сатуратор. Промывка фильтров производится водопроводной водой с последующим сбросом в сооружения повторного использования водоочистной станции.

Рис. 7.
Технологическая схема
очистки и повторного
использования промывной
воды солерастворителя:
 1 – механический фильтр;
 2 – отстойник;
 3 – пескомоечный аппарат;
 4 – песковая пульпа;
 5 – песколовка;
 6 – солерастворитель

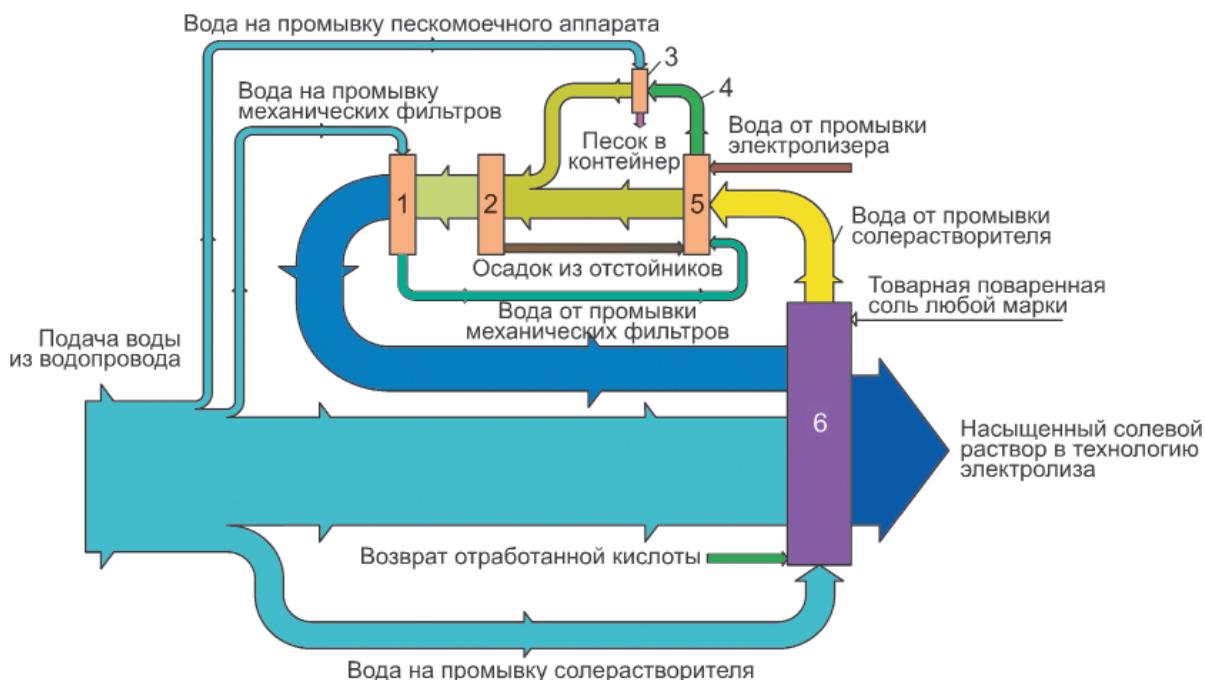




Рис. 8.
Две электролизных установки
«Хлорэкс» по 500 кг/сут каждая
на водозаборе из реки Дон

Разработанная технология позволяет вернуть в схему солерастворения практически всю воду, используемую для промывки сатуратора. Отметим, что сброс промывной воды от сатуратора не в специально предназначенные для этой цели сооружения, например, по обработке и возврату воды от промывки фильтров ВОС, не приемлем по причине высокой минерализации таких стоков по хлориду натрия.

Наконец, имеется еще один вид стоков подлежащих переводу их в состояние, отвечающее требованиям, предъявляемым к приему в промканализацию ВОС, либо возврату в схему электролиза. Это стоки от промывки электролизеров раствором соляной кислоты. В технологии «Newtec» (водопроводные станции г. Санкт-Петербурга «Северная» и «Южная») по мере образования на катодных пластинах отложений карбоната кальция проводится периодическая промывка электролизеров в закрытом контуре 4 % раствором соляной кислоты. Промывку осуществляют подключением к очередному электролизеру передвижной мобильной установки с размещенной на ней емкости с кислотой и циркуляционным насосом. В литературе нет информации о месте выпуска отработанной кислоты (так же, как и отработанных солевых регенерационных растворов от Na-катионирования). Возможно, она нейтрализуется (например, известью) и подлежит сбросу в канализацию ВОС.

В технологии электролизной станции, разработанной, спроектированной и смонтированной ООО НПП «ЭКОФЭС», предусмотрено стационарно установленное кислотное хозяйство с подачей 5–7 % раствора HCl отдельно на каждый из семи установленных электролизеров. Соляная кислота многократно используется до полной нейтрализации, и уже нейтральный раствор насосом возвращается в сатуратор небольшим расходом (по проекту 48 л/час).

Таким образом, технологии приготовления солевых растворов, подготовки воды для электролиза с целью минимизации катодных отложений, кислотной промывки катодов на запроектированной, смонтированной и в настоящее время крупнейшей в России станции по получению электролитического гипохлорита натрия – ВОС г. Ростова-на-Дону, в отличие от импортных технологий, являются экологически чистыми и полностью безотходными со 100 % использованием или оборотом всех применяемых в технологии реагентов (воды, поваренной соли, соляной кислоты).

В числе крупных отечественных объектов смонтированы и подготовлены к пусконаладочным работам еще пять установок производства «ЭКОФЭС» по 500 кг/сут каждая на водозаборе из р. Дон (рис. 8) и вновь построенных с подачей 150 тыс. м³/сут питьевой воды для нужд г. Ростова-на-Дону Левенцовских ВОС (рис. 9). ●



Рис. 9. Три электролизных установки «Хлорэкс» по 500 кг/сут каждая на Левенцовских ВОС производительностью 150 тыс. м³/сут питьевой воды для нужд г. Ростова-на-Дону

ЛИТЕРАТУРА

1. Фесенко Л.Н., Скрябин А.Ю., Игнатенко С.И. Опыт применения гипохлорита натрия при обеззараживании воды на очистных сооружениях Центрального водопровода г. Ростова-на-Дону // Водоснабжение и сан. техника. 2009. № 9. С. 46–51.
2. Кинебас А.К., Нефедова Е.Д., Бекренев А.В. Обеззараживание воды низкоконтрированным гипохлоритом натрия на водопроводных станциях Санкт-Петербурга // Водоснабжение и сан. техника. 2010. № 3.
3. Фесенко Л.Н., Игнатенко С.И., Скрябин А.Ю., Пчельников И.В. Пути решения экологичности и безотходности производства электролитического гипохлорита натрия для обеззараживания питьевых вод // Водоочистка. 2014. № 3. С. 9–16.
4. Фесенко Л.Н., Скрябин А.Ю., Игнатенко С.И., Федотов Р.В. Обеспечение безотходности и экологичности технологии производства гипохлорита натрия на установках «Хлорэкс» // Водоснабжение и сан. техника. 2011. № 8.

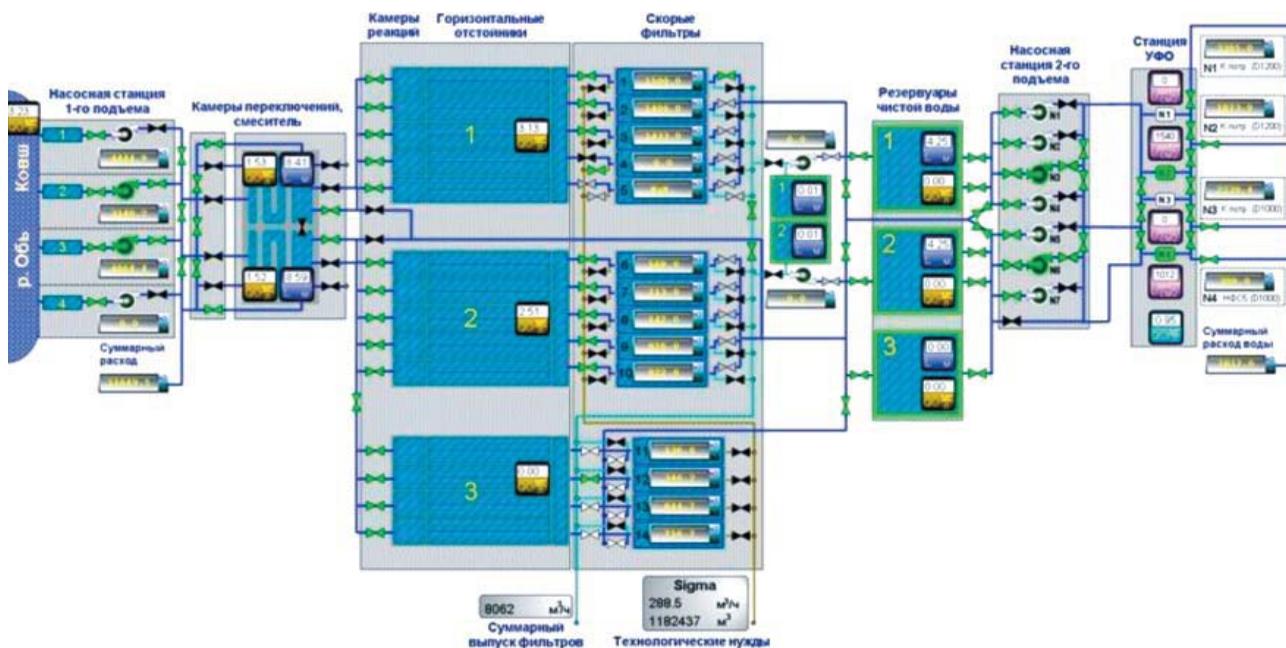
Внедрение инновационных технологий на объектах водоснабжения города Новосибирска

Ю.Н. Похил¹,
В.В. МАМАЕВ²,
И.В. Валуйских³,
МУП г. Новосибирска
«ГОРВОДОКАНАЛ»

В последние годы на станциях водоподготовки МУП г. Новосибирска «Горводоканал» был внедрен ряд передовых технологий и инновационных решений, позволивших значительно повысить качество очищенной воды.

По проекту на станциях водоподготовки очистка поверхностной воды, забираемой из реки Обь, осуществлялась по классической схеме – горизонтальные отстойники и скорые фильтры, с первичным и вторичным хлорированием.

Рис. 1.
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА НФС



НС 1 подъёма	Смеситель	Горизонтальные отстойники	Скорые фильтры	Резервуары чистой воды	НС 2 подъёма	Блок УФО
-----------------	-----------	------------------------------	-------------------	---------------------------	-----------------	----------

¹ Похил Юрий Николаевич, директор МУП г. Новосибирска «ГОРВОДОКАНАЛ», 630007, г. Новосибирск-7, ул. Революции, 5, тел.: (383) 210-36-55, e-mail: gorvoda@mail.ru
² Мамаев Владимир Васильевич, зам. главного инженера, МУП г. Новосибирска «ГОРВОДОКАНАЛ», 630007, г. Новосибирск-7, ул. Революции, 5, тел.: (383) 290-74-09, e-mail: gorvoda@mail.ru.
³ Валуйских Игорь Васильевич, заместитель главного технолога, МУП г. Новосибирска «ГОРВОДОКАНАЛ», 630007, г. Новосибирск-7, ул. Революции, 5, тел.: (383) 290-74-09, e-mail: IVALUJSKIH@gorvodokanal.com

Современная концепция водоподготовки основана на принципе многобарьерной очистки, надежно обеспечивающей эпидемиологическую безопасность и высокое качество воды. Такой подход, в сочетании с использованием современных систем управления, в настоящее время применяется на новосибирских сооружениях водоподготовки – насосно-фильтровальных станциях (рис. 1).

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ДОЗИРОВАНИЯ РЕАГЕНТОВ

Ранее на станциях водоподготовки в качестве реагентов использовались сульфат алюминия и полиакриламид (ПАА). С 1999 г. в технологии очистки воды применяется оксихлорид алюминия, в результате чего потребление товарного реагента снизилось в 3–4 раза. Применение вместо ПАА современных флокулянтов (Праестол 650 TR и ВПК-402 М) также позволило снизить их расход в 20–25 раз. Переход на новые реагенты обеспечил повышение качества питьевой воды, уменьшение агрессивного воздействия на стальные трубы, улучшение условий труда и санитарных условий процессов хранения и приготовления реагентов, а также снижение энергозатрат и трудоемкости операций разбавления и дозирования.

При переходе на новые реагенты было применено новое дозирующее оборудование, управляемое с 2004 г. контрольно-измерительными модулями (КИМ) «Коагулянт-Осветлитель», «Хлор-мониторинг» и «Автоматический дозатор коагулянта – комплекс «УНИТОК».

Эти КИМ позволяют в автоматическом режиме измерять электропроводность воды, концентрацию коагулянта, флокулянта и активного хлора в очищаемой воде, её мутность, величину pH и температуру на различных этапах технологического процесса. КИМ «Коагулянт-Осветлитель» в режиме оперативного контроля определяет значения мутности, величины pH и скорости осветления коагулированной взвеси на различных участках технологического процесса реагентной очистки (рис. 2).

Контрольно-аналитический комплекс «УНИТОК» позволяет в автоматическом режиме:

- обеспечить контроль и управление дозированием коагулянта;
- осуществлять контроль мутности, pH, температуры, скорости осветления воды на всех этапах технологического процесса;
- проводить пробную коагуляцию;
- производить самоочистку датчиков;
- вести самодиагностику оборудования;
- осуществлять диспетчеризацию и оперативный контроль технологического процесса.

В результате его применение позволяет экономить 5–15 % коагулянта.

Рис. 2.
КИМ «УНИТОК».
ВРЕМЕННЫЕ ЗАВИСИМОСТИ
МУТНОСТЕЙ
ФИЛЬТРОВАННОЙ ВОДЫ
ФИЛЬТРОВ №№ 1–10
1-го и 2-го блоков
НФС-1

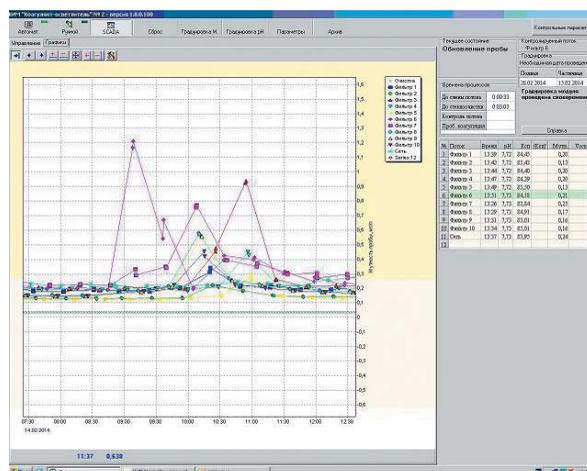
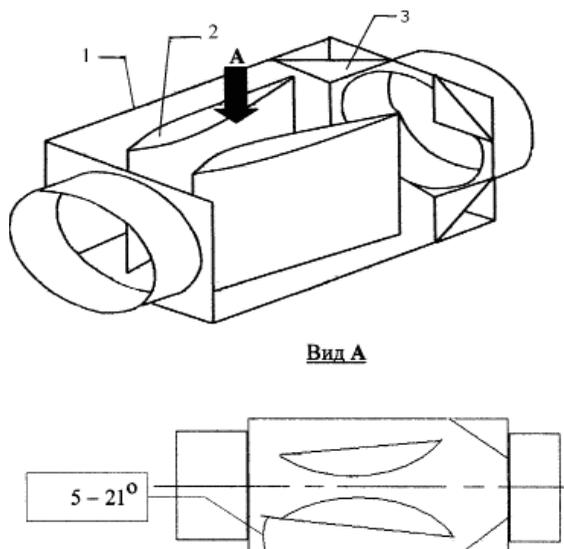




Рис. 3.
СМЕСИТЕЛЬ МГНОВЕННОГО ДЕЙСТВИЯ

Рис. 4.
Устройство для флокулирования (Флокулятор).
1 – корпус устройства;
2 – вставки в виде профиля крыла;
3 – направляющие угловые вставки



ОПТИМИЗАЦИЯ УЗЛА СМЕШЕНИЯ РЕАГЕНТОВ С ВОДОЙ

Для интенсификации смешения реагентов с обрабатываемой водой разработан и внедрен оригинальный гидравлический смеситель мгновенного действия [1]. Существенное перегораживание сечения трубопровода (рис. 3) за счет монтажа специальной вставки создает высокую интенсивность вихревых потоков, обеспечивающих почти мгновенное равномерное смешение реагента, превосходящее смешение в предусмотренном по проекту громоздком вертикальном смесителе.

Применение гидравлического смесителя позволяет:

- за счет увеличения в 10 раз интенсивности смешения в самом трубопроводе сократить время смешения реагентов с водой в 100 и более раз, исключив из эксплуатации существующий смеситель;
- снизить дозу реагентов на 15–20 %;
- повысить итоговое качество питьевой воды.

При маломутной речной воде в холодное время года процессы хлопьеобразования замедляются, и эффективность осаждения загрязнений в горизонтальных отстойниках снижается, тем самым увеличивая нагрузку на фильтры.

Оптимальным (в том числе и по затратам) вариантом решения этой проблемы явилось использование усовершенствованной камеры хлопьеобразования. Перед входом в существующую камеру хлопьеобразования установлены дополнительные смесительные устройства – флокуляторы (рис. 4).

Хлопьеобразование при такой технологии происходит в два этапа: в условиях более быстрого перемешивания – в новом устройстве и более медленного – в существующей камере хлопьеобразования отстойника. Дополнительно была разработана и смонтирована эжекционная схема рециркуляции осадка из камеры хлопьеобразования в камеру флокулирования одновременно с вводом флокулянта [2, 3].

Применение описанной схемы с рециркуляцией позволило при малой мутности речной воды интенсифицировать процесс хлопьеобразования, что привело к снижению мутности обработанной воды после отстойников на 15–20 % (табл. 1).

Таблица 1

Дата (2010 г.)	Мутность, мг/л			Доза, мг/л (оксихлорид алюминия/флокулянт)	
	исходная вода	на выходе с первого блока отстойников (экспериментальный с флокуляторами)	на выходе со второго блока отстойников (контрольный)	первый блок	второй блок
Без флокуляторов при расходе на первом и втором блоках 5600 м³/ч					
20.04	3,3	3,31	3,11	0,5/0,3	0,5/0,3
21.04	12,2	6,25	5,83	5/0,3	5/0,3
22.04	4,5	6,25	5,73	2/0,3	2/0,3
23.04	2,8	2,82	2,66	0,5/0,3	0,5/0,3
24.04	7,2	6,25	5,83	3,5/0,3	3,5/0,3
25.04	6,4	6,34	5,76	4/0,3	4/0,3
26.04	5,05	5,66	5,23	4/0,3	4/0,3
27.04	6,8	6,78	6,62	2,5/0,3	2,5/0,3
С флокуляторами на первом блоке отстойников (установлены 30 апреля 2010 г.) при расходе на первом и втором блоках 5600 м³/ч					
1.05	5,3	5,11	5,41	2,5/0,3	2,5/0,3
2.05	7,7	7,14	7,88	4,5/0,3	4,5/0,3
3.05	10,1	6,25	6,85	5/0,3	5/0,3
4.05	11	8,06	9,08	6/0,3	6/0,3
5.05	10,15	4,91	5,71	10,5/0,3	10,5/0,3
6.05	10,2	2,53	3,57	15,5/0,3	15,5/0,3
7.05	12,4	3,66	4,35	15,5/0,3	15,5/0,3
11.05	61	4,47	5,01	30/0,15	30/0,15
12.05	62,9	3,87	4,99	30/0,15	30/0,15
13.05	56	4,27	5,15	30/0,15	30/0,15
14.05	39	3,61	3,71	30/0,45	30/0,45
15.05	37,5	3,93	4,57	30/0,45	30/0,45
С флокуляторами на первом блоке отстойников при расходе на первом и втором блоках 5500 м³/ч					
7.06	6,3	5,86	6,1	2/0,45	6/0,45
8.06	6,43	5,79	6,11	2/0,45	6/0,45
9.06	5,9	4,94	5,74	2/0,45	6/0,45
10.06	5,74	5,04	5,9	2/0,45	6/0,45
11.06	6,32	4,51	4,88	2/0,45	6/0,45
12.06	5,6	3,98	4,25	2/0,45	6/0,45
13.06	4,99	3,66	4,14	2/0,45	6/0,45
14.06	6,32	5,04	5,26	2/0,45	6/0,45
После перенесения точки забора хлопьев в камеру хлопьеобразования при расходе на первом и втором блоках 5500 м³/ч					
15.07	5,95	4,45	4,8	5/0,3	5/0,3
16.07	4,62	4,1	4,6	5/0,3	5/0,3
17.07	4,35	3,77	4,05	5/0,3	5/0,3
18.07	3,71	3,61	3,82	5/0,3	5/0,3
19.07	3,77	2,06	2,12	5/0,3	5/0,3
20.07	3,87	2,1	2,95	10/0,25	10/0,25
21.07	3,98	1,18	1,75	10/0,25	10/0,25
22.07	4,25	2,49	3,6	8/0,25	8/0,25
23.07	4,4	2,06	2,96	8/0,25	8/0,25
24.07	4,09	1,43	2,38	8/0,25	8/0,25
25.07	4,62	1,48	2,7	8/0,25	8/0,25
26.07	4,41	2,5	3,3	8/0,25	8/0,25

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Ранее на действующих скорых фильтрах НФС в качестве фильтрующего материала применялся дешевый дробленый альбитофир (магматическая горная порода) или песок, которые не всегда соответствовали требованиям по фракционному составу и требовали дополнительно больших трудовых и материальных затрат по приготовлению, в результате чего конечная стоимость значительно выросла и становилась соразмерной современным готовым более эффективным фильтрующим загрузкам. В этой связи выбор фильтрующего материала был проведен на основании исследований непосредственно на производственных фильтрах.

В качестве новых фильтрующих материалов для сравнения были испытаны: дробленая горелая порода (г. Киселевск Кемеровской области) и гранулированный алюмосиликатный полифункциональный адсорбент ОДМ-2Ф.

В результате производственных исследований установили, что степень осветления воды на фильтрах с горелой породой и ОДМ-2Ф значительно выше (на 30–40 %) по сравнению с фильтром, загруженным дробленым альбитофиром или песком. Существенно увеличился фильтроцикл: качество фильтрата даже по истечении суток ухудшается незначительно.

Одним из недостатков ОДМ-2Ф является его малый удельный вес, в связи с чем требуется меньшая интенсивность промывки, что сложно осуществлять на сооружениях (требует существенных затрат на реконструкцию), рассчитанных на интенсивность 16–17 л/с·м².

Постепенная замена фильтрующего материала в существующих фильтрах на дробленую горелую породу позволила увеличить их грязеемкость, повысить производительность фильтров и качество получаемой питьевой воды, увеличить продолжительность фильтроцикла и снизить расход промывной воды.

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ ФИЛЬТРОВ

Работа фильтров полностью автоматизирована на основе следующих контролируемых параметров:

- расход фильтрованной воды,
- уровни воды в фильтрах,
- уровень воды в РЧВ,
- потери напора (перепад давления на фильтре).

Программное обеспечение позволяет рассчитывать и контролировать следующие параметры процесса, производные от измеряемых:

- скорость фильтрации
- интенсивность промывки;
- гидродинамическое сопротивление фильтра.

Осуществляется временной контроль начала и завершения операций, выполняемых оборудованием.

Поэтапное внедрение системы автоматизации по результатам мониторинга позволило оптимизировать процесс промывки фильтров, кроме того позволяет контролировать не только рабочие характеристики фильтров, но и сравнивать по ним эффективность работы фильтров, загруженных разными фильтрующими материалами.

Перечисленные выше непрерывно контролируемые параметры составляют основу комплексной системы диспетчерского управления.

Система обладает следующими характеристиками:

- осуществляет автоматический сбор технологических параметров процесса фильтрации;
- позволяет задавать режимы работы фильтров с операторского пульта;
- отображает необходимую оперативную технологическую информацию для диспетчеров, технологов и операторов фильтров на мониторах;
- ведет базу данных всех технических параметров работы фильтров для последующего анализа и передачи статистических данных в диспетчерскую и технологом;
- сигнализирует о наступлении аварийных ситуаций и сбоях в работе контролируемых систем;

- имеет несколько уровней контроля технологического процесса фильтрации и промывки в виде последовательно или одновременно отображаемых на мониторе мнемограмм, графиков с различной степенью детализации информации о состоянии сооружений и протекающих процессов.

Внедренная система автоматизации промывки фильтров на НФС позволила увеличить продолжительность фильтроцикла, сократить расход воды на промывку, контролировать все рабочие характеристики фильтров, сравнивать по ним эффективность работы фильтров, исключить человеческий фактор, снизить эксплуатационные затраты и обеспечить высокое качество питьевой воды (рис. 5).

В настоящее время автоматизированная система промывки фильтров – основа комплексной системы водоочистки – охватывает весь цикл водоподготовки от водозабора до подачи воды в сеть. Информация АСУ ТП НФС в реальном масштабе времени поступает в корпоративную АСУ ТП и является основой для оптимизации водораспределительной сети и надежного водоснабжения потребителей города.



Рис. 5.
Автоматизация промывки фильтров на НФС



Рис. 6.
Установки УФО

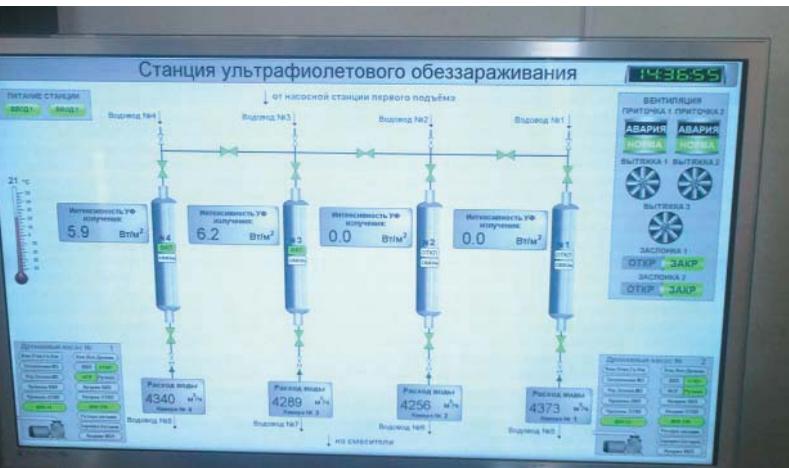
УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ

Ультрафиолетовое обеззараживание находит все более широкое применение в технологических схемах подготовки питьевой воды. Основным аргументом в пользу ультрафиолетового облучения является необходимость обеспечения обеззараживания в отношении устойчивых к химическому воздействию микроорганизмов: вирусов и цист простейших. Эффективность обеззараживания УФ-облучением в отношении этих микроорганизмов доказана исследованиями ведущих российских институтов и общемировой практикой. Другим основным достоинством метода является отсутствие образования побочных продуктов. Единственным его недостатком применительно к водоснабжению является отсутствие эффекта последствия, но его в полной мере компенсирует образование хлораминов в процессе хлораммонизации, сохраненном в схеме водоподготовки.

Для повышения барьерной роли сооружений в дополнение к основной схеме обеззараживания воды хлорированием в 2010 г. было внедрено обеззараживание ультрафиолетом на НФС-1, а в 2013 г. – на НФС-5 (рис. 6).



ГЛАВНЫЙ КРИТЕРИЙ



Цеха оснащены современным отечественным оборудованием, полностью автоматизированным (рис. 7), для облучения воды используются амальгамные лампы повышенной мощности с длительным сроком службы (не менее 16000 часов). По четыре установки горизонтального типа в каждом цехе позволяют обрабатывать до 15 000 м³/час воды на НФС-1 и до 25 000 м³/час на НФС-5, т.е. всю воду, идущую на нужды города.

Рис. 7.
Автоматизация УФО

Таблица 2.
Основные показатели качества питьевой воды за 2014 г.

Показатели качества	Единицы измерения	Нормативы Сан ПиН 2.1.4.1074-01 «Вода питьевая», ГН2.1.5.1315-03, ГН 2.1.5.2280-07, не более	Результаты контроля	
			предельные значения	средние значения
1	2	3	4	5
1. Органолептические показатели				
1.1. Мутность по каолину	мг/дм³	1,5	<0,1–0,95	0,22
1.2. Цветность	град.	20	1–10	5,4
1.3. Запах	балл	2	0–1	1
1.4. Привкус	балл	2	0–1	0
2. Обобщенные показатели				
2.1. Водородный показатель	pH	в пределах 6–9	7,30–8,30	7,79
2.2. Сухой остаток	мг/дм³	1000	92–200	131
2.3. Жесткость общая	°Ж	7	1,25–3,65	2,34
2.4. Щелочность	ммоль/ дм³	не нормируется	1,20–3,45	2,22
2.5. Окисляемость	мгО/дм³	5	0,8–3,8	2,2
2.6. Фенольный индекс	мг/дм³	0,25	<0,0005	<0,0005
2.7. Нефтепродукты	мг/дм³	0,1	<0,005	<0,005
2.8. АПАВ	мг/дм³	0,5	<0,025	<0,025
3. Неорганические вещества				
3.1. Хлор остаточный свободный	мг/дм³	в пределах 0,3–0,5*	0,3–0,48*	0,38*
3.2. Алюминий	мг/дм³	0,2**	0,020–0,160	0,061
3.3. Железо	мг/дм³	0,3	<0,05–0,19	0,060
3.4. Марганец	мг/дм³	0,1	0,0010–0,0290	0,0088
4. Органические соединения				
4.1. Хлороформ	мг/дм³	0,06**	0,008–0,055	0,032
4.2. Четыреххлористый углерод	мг/дм³	0,002**	<0,0001–0,0008	<0,0001

Примечания:

* На выходе с водоочистных сооружений;

** Предельно допустимые концентрации в соответствии с ГН 2.1.5.1315-03. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водоемов. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования; ГН 2.1.5.2280-07. Гигиенические нормативы. «Дополнения и изменения 1 к гигиеническим нормативам «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. ГН 2.1.5.1315-03».

В настоящее время схема водоподготовки на НФС МУП г. Новосибирска «ГОРВО-ДОКАНАЛ» включает в себя аммонизацию воды, подачу коагулянта (оксихлорида алюминия) современными автоматизированными системами и установками «MixLine» автоматического приготовления и дозирования флокулянта (Праестол 650 TR), первичное хлорирование, смешение в смесителе мгновенного действия, предварительное флокулирование, осветление в горизонтальных отстойниках, фильтрацию на скорых фильтрах, вторичное хлорирование и УФ-обеззараживание.

Наличие в схеме водоподготовки нескольких технологий и технических решений, направленных на обеспечение эпидемиологической безопасности и высокого качества воды, не только делает эту схему исключительно надежной и универсальной, но позволяет минимизировать недостатки, свойственные каждому из методов, и добиться максимальной эффективности от их использования (табл. 2).

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

Водопроводная сеть города является одним из основных элементов системы водоснабжения, а надежность её работы, выраженная, в первую очередь, в бесперебойности подачи воды конечным потребителям в необходимом объеме и с гарантированным напором, является одним из важнейших показателей качества оказываемых предприятием услуг.

За последнее время кардинально изменен подход к обеспечению работоспособности сетей водоснабжения и на более высокий уровень поставлена организация управления ее эксплуатацией. Все изменения в работе системы водоснабжения (отключения участков трубопровода, подключение новых потребителей, изменение режима работы насосных станций и т.д.) предварительно просчитываются с использованием гидравлической модели сети.

Проведены работы по разделению зон водоснабжения, позволившие исключить перетоки между ними, снизить расход электроэнергии и давление на выходе насосных станций.

Одним из важнейших направлений сокращения потребления электроэнергии, сокращения объема подаваемой воды и снижения количества повреждений на водопроводных сетях является внедрение системы автоматического мониторинга давления на насосных станциях и в диктующих точках сети. Эта система, являясь составной частью корпоративной АСУ ТП, позволяет оперативно выполнять корректировку режима работы насосных станций, предотвратив тем самым возникновение избыточных свободных напоров. Всего в настоящее время давление контролируется в 94 точках системы водоснабжения, часть из которых используется для автоматической регулировки давления в сети насосными станциями (НС) подкачки (работа НС по удаленной точке).

С недавнего времени совместно с модернизацией существующей водопроводной сети города постоянно оптимизируется работа насосных станций. За счет перераспределения потоков в сети и изменения зон водоснабжения отдельных районов, стало возможным уменьшение давления на НС, которое реализовано с помощью частотного регулирования. Опыт эксплуатации частотно-регулируемых приводов подтверждает эффективность их применения, которая выражается в снижении потребления электроэнергии, повышении ресурса работы основного оборудования, оптимизации режимов работы водопроводной сети, сокращении числа повреждений трубопроводов, снижении потерь воды. В настоящее время системами частотного регулирования оснащены большинство насосных станций. Наряду с непрерывным контролем гидравлических параметров системы водоснабжения и режимов работы НС, заменой запорно-регулирующей арматуры, в течение последних лет на водопроводной сети устанавливаются современные регуляторы давления.



Рис. 8.
ГРАФИКИ ДАВЛЕНИЙ
СИСТЕМЫ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ

В настоящее время на водопроводных сетях города Новосибирска установлено более 30 регуляторов давления (РД) диаметром от 50 до 500 мм, регулирующих давление как «до» так и «после» себя, позволяющие исключить значительные колебания давления и повысить надежность работы водопроводной сети (рис. 8). Одним из последних новшеств при регулировании подачи воды в п. ОбьГЭС использован регулятор давления «после себя» с управлением по радиоканалу. Эксплуатация современных регулирующих клапанов доказала высокую надежность и эффективность данного оборудования.

В результате установки регуляторов давления на участках водопроводной сети различных микрорайонов удалось снизить общую подачу воды насосными станциями, а также давление и аварийность.

Выводы

На насосно-фильтровальных станциях г. Новосибирска реализована технологическая схема водоподготовки, обеспечивающая многоступенчатую очистку и обеззараживание питьевой воды на основе совместного использования современных технологий ультрафиолетового облучения, оптимизированного выбора фильтрующих материалов, метода аммонизации, новых реагентов и внедрения инновационных технических решений – смесителей мгновенного действия и флокуляторов.

Внедрение перечисленных технологий и решений позволило добиться их максимальной эффективности, оптимизировать эксплуатационные затраты, снизить влияние негативных побочных эффектов и обеспечить высокое качество питьевой воды.

Основные направления дальнейшего совершенствования системы водоснабжения Новосибирска, активно реализуемые в настоящее время:

1. Оборудование насосных станций частотными преобразователями с возможностью управления по удаленной диктующей точке. Внедрение данной технологии позволяет добиться значительно сокращения расхода электроэнергии, аварийности и потерь воды.

2. Дальнейшая реализация системы управления сетями водоснабжения, которая дает достоверную информацию о давлении и расходе в различных точках сети. Получение информации о распределении давления в разных точках сети позволит снижать избыточные напоры. Это достигается заданием оптимальных режимов работы насосного оборудования.

3. Зонирование системы водоснабжения, установка регуляторов давления.

4. Дальнейшая поэтапная реализация проекта комплексной системы автоматизированного управления предприятием (КСАУП), в котором для каждого участка предприятия будет построена логическая модель, система критериев оценки эффективности производства, помогающая специалистам оптимизировать технологический процесс с целью сокращения затрат, без потери качества продукта. Комплексная автоматизация позволяет добиться существенной экономии ресурсов предприятия.

5. Применение и совершенствование в водоподготовке наиболее современных технологий очистки воды, позволяющих существенно повысить качество ее очистки, особенно в случаях чрезвычайных ситуаций при загрязнении водоисточников. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. ПАТЕНТ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ № 2324530 от 17.02.2006 г. «Устройство для быстрого смешения реагентов (варианты)». ПАТЕНТОБЛАДАТЕЛИ: ООО «ПОЛИМЕР», МУП г. Новосибирска «ГОРВОДОКАНАЛ». [HTTP://WWW.FINDPATENT.RU/PATENT/232/2324530.HTML](http://www.findpatent.ru/patent/232/2324530.html).
2. ПАТЕНТ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ № 2468998 «Устройство для флокулирования (варианты)». ПАТЕНТОБЛАДАТЕЛИ: ООО «ПОЛИМЕР», МУП г. Новосибирска «ГОРВОДОКАНАЛ», [HTTP://WWW.FINDPATENT.RU/PATENT/246/2468998.HTML#](http://www.findpatent.ru/patent/246/2468998.html#).
3. ПАТЕНТ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ № 2482073 «Способ очистки воды». ПАТЕНТОБЛАДАТЕЛИ: ООО «ПОЛИМЕР», МУП г. Новосибирска «ГОРВОДОКАНАЛ», [HTTP://WWW.FINDPATENT.RU/PATENT/248/2482073.HTML](http://www.findpatent.ru/patent/248/2482073.html).
4. Свод правил СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84.
5. Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации. – М., 2000.
6. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М., 2001.
7. Драгинский В.Л., Алексеева Л.П., Гетманцев С.В. Коагуляция в технологии очистки природных вод. – М., 2005.
8. МУК 4.3.2030-05. Санитарно-вирусологический контроль эффективности обеззараживания питьевых и сточных вод УФ-облучением. – М., Роспотребнадзор, 2006.
9. Арутюнова И.Ю. Исследование различных технологических режимов очистки воды, направленных на снижение содержания хлорорганических соединений в питьевой воде. (Сборник статей и публикаций Московского водоканала). – М., 2008.
10. Журба М.Г., Говорова Ж.М., Бахир В.М., Ульянов А.Н. К обоснованию методов обеззараживания природных вод. (Водоснабжение и санитарная техника. 2011, № 4).

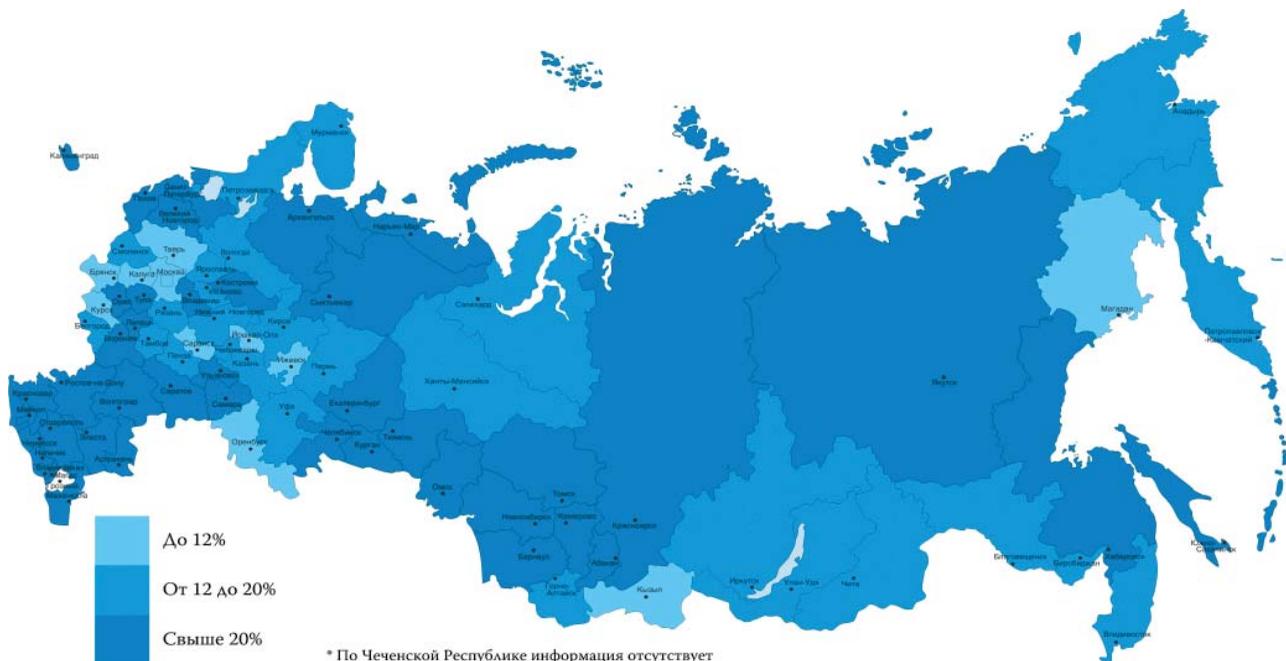
Стратегия управления потерями воды

Примин О.Г.,
ДОКТОР ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК,
ПРОФЕССОР,
ЗАМЕСТИТЕЛЬ
ГЕНЕРАЛЬНОГО ДИРЕКТОРА
ОАО «Мосводоканал-
НИИПРОЕКТ»¹

Рис. 1.
Потери воды
в водопроводных сетях
городов и поселений
России

На современном этапе развития водоснабжения городов России особую актуальность для сокращения водопотребления и устранения непроизводительных затрат приобретают вопросы оценки и управления потерями воды, поскольку они оказывают существенное влияние на себестоимость услуг водоснабжающих предприятий [1].

Во всем мире растет потребление воды, и сокращаются водные ресурсы. Потери воды в водопроводной сети – постоянная «головная боль» специалистов, занимающихся эксплуатацией. В России уровни потерь воды в трубопроводной сети достигают значительных величин (рис. 1). Во многом это связано как с недоучетом в прежние годы фактора надежности и условий эксплуатации при проектировании и строительстве сетей, так и с нарастающими темпами износа трубопроводов и оборудования и ограниченностью финансовых ресурсов на восстановление сетей [1, 4].



¹ (495) 956-93-00, primin@mvkniipr.ru

Потери воды есть во всех водопроводных сетях, изменяется только их объем. Он зависит от характеристик и надежности сети, уровня ее эксплуатации и применяемых технологий, системы учета и нормативной базы, уровня жизни населения, социальных составляющих и т.д. Объем потерь воды изменяется не только по странам, но также и по регионам одной страны. Соответственно изменяются и компоненты потерь.

Только на наиболее эффективно управляемых системах водоснабжения развитых стран Европы и Северной Америки размер неучтенных расходов и потерь (недоходной воды) составляет 4–6 %, при этом среднее значение по развитым странам находится в пределах 15 % (см. табл.) [5, 6, 7, 8].

Недоходная вода - это разность между подачей воды в сеть и оплаченным санкционированным потреблением.

Таблица.
Величина неучтенных расходов (недоходной воды) в странах мира

Страны (по классификации в мировой экономике)	Снабжаемое население, млн. чел.	Приток системы, л/чел/сутки	Оценка недоходной воды					
			недоходная вода, как процент от притока системы	отношение, %		объем, млрд м ³ /год		
				физические потери	коммерческие потери	физические потери	коммерческие потери	общий объем недоходной воды
Развитые страны	745,8	300	15	80	20	9,8	2,4	12,2
Евразия (СНГ)	178,0	500	30	70	30	6,8	2,9	9,7
Развивающиеся страны	837,2	250	35	60	40	16,1	10,6	26,7

В существующей нормативно-технической литературе приняты следующие основные понятия в части утечек и потерь воды [2, 3]:

- **НЕУЧТЕННЫЕ РАСХОДЫ ВОДЫ** – РАЗНОСТЬ МЕЖДУ ОБЪЕМАМИ ЗАБРАННОЙ ВОДЫ ВОДОЗАБОРНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ И ОТПУЩЕННОЙ (ПОЛУЧЕННОЙ) ВОДЫ АБОНЕНТАМ;
- **ПОТЕРЯ ВОДЫ В СИСТЕМЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ** – ОБЪЕМ ВОДЫ, ТЕЧУЩЕЙ ПРИ ЕЕ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ, ХРАНЕНИИ, РАСПРЕДЕЛЕНИИ;
- **СКРЫТЫЕ УТЕЧКИ ВОДЫ** – РАЗНОВИДНОСТЬ УТЕЧЕК ВОДЫ, НЕ ОБНАРУЖИВАЕМЫХ ПРИ ВНЕШНЕМ ОСМОТРЕ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ И ЕМКОСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ;
- **УТЕЧКИ ВОДЫ** – САМОПРОИЗВОЛЬНОЕ ИСТЕЧЕНИЕ ВОДЫ ИЗ ЕМКОСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ И РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ ПРИ НАРУШЕНИИ ИХ ГЕРМЕТИЧНОСТИ И АВАРИЯХ.

Неучтенные расходы воды структурно подразделяются на следующие группы:

- **ПОЛЕЗНЫЕ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ НЕОБХОДИМЫЕ РАСХОДЫ ВОДЫ,**
- **ПОТЕРИ ВОДЫ ИЗ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ И ЕМКОСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ,**
- **НЕЗАРЕГИСТРИРОВАННЫЕ.**

Неучтенные полезные, технологически необходимые расходы воды включают:

- А) РАСХОДЫ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА СОБСТВЕННЫЕ НУЖДЫ ПРЕДПРИЯТИЯ ВОДОПРОВОДНО-КАНАЛИЗАЦИОННОГО ХОЗЯЙСТВА:**
- **ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ – ПРОМЫВКА И ДЕЗИНФЕКЦИЯ ТУПИКОВ, ДЕЙСТВУЮЩИХ УЧАСТКОВ ТРУБОПРОВОДОВ, ПРОВЕРКА, ПРОВЕРКА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ УЧАСТКОВ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ ПРИ РАБОТЕ ГИДРАНТОВ НА ВОДООТДАЧУ И Т.П.;**
 - **ПРОМЫВКА И ДЕЗИНФЕКЦИЯ УЧАСТКОВ ТРУБОПРОВОДОВ НОВЫХ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ (НОВОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО);**
 - **ЧИСТКА РЕЗЕРВУАРОВ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ (ОПОРОЖНЕНИЕ, ПРОМЫВКА, ДЕЗИНФЕКЦИЯ И Т.Д.);**
 - **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ НУЖДЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕТИ ВОДООТВЕДЕНИЯ (ПРОМЫВКА И ПРОЧИСТКА СЕТЕЙ).**
- Б) РАСХОДЫ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ НУЖДЫ:**
- **ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ;**
 - **ПРОВЕРКА ПОЖАРНЫХ ГИДРАНТОВ.**
- В) РАСХОДЫ ВОДЫ НА НУЖДЫ ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА, (ПОЛИВ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ, УЛИЦ), НЕ ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ОПЛАТЕ ПОТРЕБИТЕЛЯМ ПО РЕШЕНИЮ МЕСТНЫХ ОРГАНОВ ВЛАСТИ.**

Показатель «неучтенные расходы воды» должен отражать (и соответственно в него должны включаться в качестве составляющих) неоплачиваемые, но необходимые технологические расходы, обеспечивающие нормальную эксплуатацию и хозяйственно-финансовую деятельность водоснабжающего предприятия. Это те расходы, которые технологически неизбежны. За них потребитель должен заплатить.

Потери воды из водопроводной сети и емкостных сооружений включают:

- а) скрытые утечки воды из водопроводной сети и емкостных сооружений;
- б) видимые утечки воды при авариях и повреждениях трубопроводов и арматуры;

в) потери воды при проведении работ, связанных с устранением повреждений на водопроводной сети (ремонте трубопроводов, арматуры и сооружений);

г) утечки через водоразборные колонки.

Незарегистрированные расходы включают:

расходы воды, не зарегистрированные средствами измерений вследствие недостаточной чувствительности и наличия погрешности средств измерений;

расходы воды, не регистрируемые организацией водопроводно-канализационного хозяйства и не оплаченные потребителями при самовольном пользовании системами водоснабжения.

Размер неучтенных расходов и потерь воды может быть оценен на основе анализа их структуры, сбора, систематизации, обработки и анализа исходной информации по эксплуатации и особенностям устройства городских водопроводных сетей. Общий размер неучтенных расходов и потерь воды для конкретной системы водоснабжения определяется как сумма соответствующих объемов воды по вышеперечисленным группам, входящим в их структуру.

Разовое определение всех видов неучтенных расходов воды и потерь воды, непосредственно на водопроводах невозможно, учитывая непрерывный цикл производства и потребления воды [4, 6, 7]. Целесообразно применение как расчетных методов, базирующихся на вероятностно-статистических оценках, в основу которых должны быть положены накопленные за длительные периоды наблюдений данные о фактических расходах воды и фактические показатели надежности элементов системы (сооружения, участки труб, арматура и т.п.), так и использование эксплуатационных данных, отражающих технически реальную структуру и размер потерь воды.

Программы управления и контроля потерь воды, осуществляемые разными предприятиями водоснабжения, отличаются друг от друга, поскольку создаются с учетом потребностей и характеристик конкретного предприятия. Однако, в целом, у любой комплексной программы контроля потерь воды есть три основных компонента. Первый компонент, или первый шаг, – это водный аудит, дополняемый факторным анализом прямых потерь воды, оценка оптимального экономически оправданного уровня потерь воды и разработка соответствующей стратегии управления потерями воды. Второй шаг – это реализация стратегии управления потерями воды, третий шаг – это оценка результатов.

За рубежом в последние годы по рекомендации Международной водной ассоциации (IWA) для оценки потерь воды в водопроводной сети в качестве оценочного показателя используют величину потерь, отнесенную не к процентам от общей величины подачи воды, а к удельной протяженности сети [6, 7, 8].

ПО РЕКОМЕНДАЦИИ МЕЖДУНАРОДНОЙ ВОДНОЙ АССОЦИАЦИИ (IWA) ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОТЕРЬ ВОДЫ В ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ В КАЧЕСТВЕ ОЦЕНОЧНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ИСПОЛЬЗУЮТ ВЕЛИЧИНУ ПОТЕРЬ, ОТНЕСЕННУЮ НЕ К ПРОЦЕНТАМ ОТ ОБЩЕЙ ВЕЛИЧИНЫ ПОДАЧИ ВОДЫ, А К УДЕЛЬНОЙ ПРОТЯЖЕННОСТИ СЕТИ.

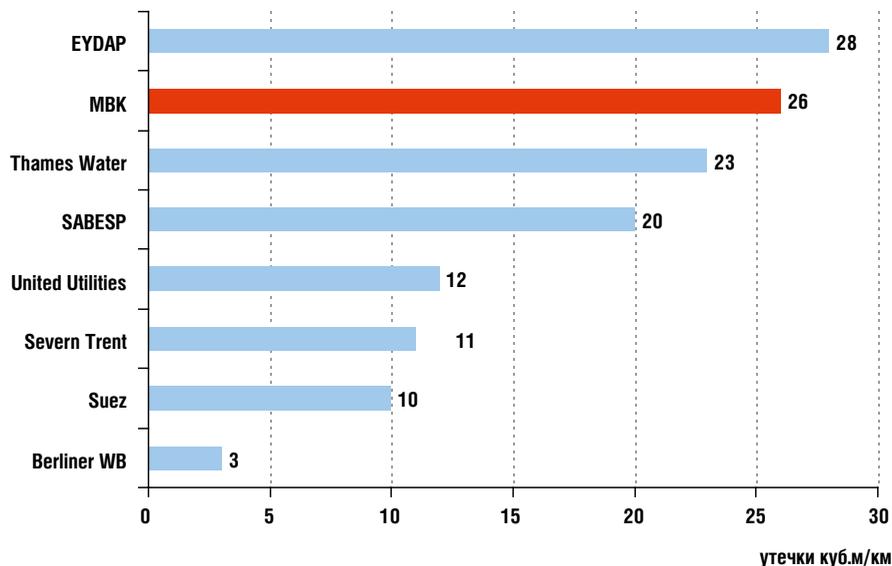


Рис. 2.
УТЕЧКИ В ТРУБОПРОВОДАХ
РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ:
МБК (Россия),
THAMES WATER, SEVERN TRENT,
UNITED UTILITIES (Англия),
EYDAP (Греция),
BERLINER WB (Германия),
SUEZ (Франция),
SABESP (Бразилия)

Этот показатель, по мнению специалистов, является универсальным, ибо позволяет в определенной степени устанавливать ориентировочные допустимые нормы утечек в зависимости от состояния сети, значений других влияющих факторов при эксплуатации сети. Исследования показали, что если, с позиций оценки неучтенных расходов и потерь воды в процентах от суммарной подачи, система Московского водопровода выглядит удовлетворительно (около 9 % от подачи воды в сеть), то при анализе утечек в расчете м³/сутки на 1 км ситуация выглядит несколько иначе. «Мосводоканал» уступает многим компаниям из группы выборки, в том числе и английским, которые имеют достаточно высокие показатели утечек (рис. 2).

Экспериментальные исследования института «МосводоканалНИИпроект» по выявлению величины утечек для обследованных стальных труб Московского водопровода показали, что для трубопроводов со сроком службы более 25 лет удельная суточная утечка равна 78,3 м³/сут./км (3,26 м³/ч/км).

При сроке эксплуатации стальных труб от 20 до 25 лет этот показатель равен 30 м³/сут./км (1,25 м³/ч/км), а для труб, эксплуатируемых не более 20 лет, – 24,1 м³/сут./км (1,01 м³/ч/км). При этом отмечено, что для чугунных труб характерно обратное: для труб, проложенных до 1960 года, удельная величина скрытых утечек составляет 18 м³/сут./км (0,75 м³/ч/км), а для труб, уложенных в 1970–1980 гг., она возрастает до 37 м³/сут./км (1,54 м³/ч/км), что свидетельствует о низком качестве строительства трубопроводов в период массового жилищного строительства в городе Москве.

В последние годы величина утечек на Московском водопроводе, составляет около 1,0 м³/сут./км [4,9]. При этом весьма разнообразные по происхождению данные об утечках в трубопроводах водопроводной сети вполне

удовлетворительно аппроксимируются линейной функцией зависимости удельных объемов потерь воды от интенсивности отказов трубопроводов:

$$q_{\text{ср}} = 0,5 \lambda_{(t)} + 0,1$$

где: $q_{\text{ср}}$ – средняя величина утечек для данной категории трубопроводов, л/с/км;

$\lambda_{(t)}$ – средняя интенсивность отказов трубопроводов, ав./год/км.

Подобная зависимость подтверждена исследованиями в Санкт-Петербургском водоканале и зарубежными данными [3, 8].

Государственная программа г. Москвы «Развитие коммунальной и инженерной инфраструктуры» (подпрограмма «Развитие и модернизация водопроводно-канализационного хозяйства и системы технического водоснабжения города Москвы») определила целевой показатель величины потерь воды на Московском водопроводе к 2016 году – 6,8 % от подачи воды.

Расчеты по оценке и прогнозу показателей надежности трубопроводов Московского водопровода и исследование связи интенсивности отказов труб с величиной скрытых утечек показали, что запланированное снижение возможно при обеспечении величины удельной утечки $0,57 \text{ м}^3/\text{ч}/\text{км}$ и интенсивности отказов труб $\lambda = 0,28 \text{ ав./год}/\text{км}$.

Это соответствует принятым в ряде развитых стран Европы нормативам потерь воды [6, 8]. Достижение таких показателей – сложная задача и потребует значительных финансовых и организационно-технических мероприятий по реализации разработанной стратегии управления потерями воды. Для иллюстрации стратегии снижения реальных потерь воды на рис. 3 приведена схема четырех основных принципов регулирования потерь воды.

Технически достижимый годовой минимум реальных потерь в хорошо обслуживаемой и хорошо управляемой системе водоснабжения обусловлен неизбежными годовыми реальными потерями (малый прямоугольник на рис. 3). Неизбежные годовые реальные потери воды включают:

1. Профилактическое обслуживание водопроводных сетей.
2. Расходы воды при проведении работ, связанных с устранением аварий и повреждений на водопроводной сети.
3. Профилактическую чистку резервуаров питьевой воды.
4. Допустимую утечку, безвозвратные потери (естественная убыль) в резервуарах питьевой воды.
5. Технологические нужды эксплуатации трубопроводов сетей водоотведения.

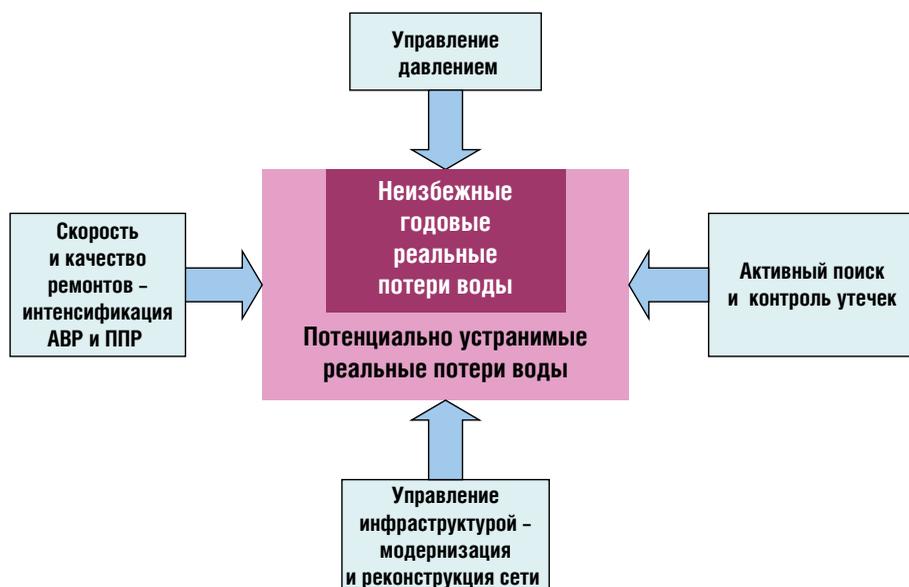


Рис. 3.
УПРАВЛЕНИЕ РЕАЛЬНЫМИ
ПОТЕРЯМИ ВОДЫ

Реальные потери имеют тенденцию к увеличению по мере старения систем водоснабжения, однако могут управляться с использованием комбинации всех четырех компонентов/действий (показаны стрелками) стратегии снижения потерь воды. Разницу между неизбежными годовыми реальными потерями (малый прямоугольник) и текущими годовыми реальными потерями представляют потенциально устранимые реальные потери.

К потенциально устранимым реальным потерям воды относятся:

1. Расходы воды при авариях на водопроводной сети до локализации повреждения.
2. Расход воды при утечке через водоразборные колонки.
3. Скрытые утечки.

Отношение величины текущих годовых потерь воды к величине неизбежных годовых потерь воды, по терминологии IWA, представляет собой показатель потерь инфраструктуры (ILI).

Показатель ILI измеряет, насколько эффективно в рамках существующей инфраструктуры при текущем рабочем давлении выполняются действия, обозначенные на рис. 3 (скорость и качество ремонтов, активный контроль за утечками, управление инфраструктурой – модернизация и реконструкция сети).

Для оценки показателя потерь инфраструктуры ILI можно использовать комплекс программ LEAKS (Программа технологии определения и оценки утечки), разработанный компанией ILMSS Ltd [10]. Результаты расчетов данного показателя для Московского водопровода по программе LEAKS показали, что величина ILI для системы транспорта воды Москвы близка к 4. Это достаточно хороший показатель даже в сравнении с ILI развитых стран Европы. Однако по классификации Международной водной ассоциации имеется потенциал для значительных улучшений: управление давлением, применение лучшей практики управления утечками и лучшее управление сетью. Анализ использования указанной программы показал, что она позволяет лишь ориентировочно оценить величину показателя инфраструктурной утечки. Следует отметить недостаточно высокую представительность подобных оценок для системы транспорта воды Москвы, которая содержит несколько взаимосвязанных зон питания. Следует отметить неполную информацию по фактическому числу вводов на километр магистрали, длине трубопроводов от точки врезки заводомерной сети к магистрали. Программа же в основном предназначена для систем, где можно выделить изолированные зоны питания, с возможностью получения достоверных данных по объемам поданной воды в зону, объемам воды по показаниям водосчетчиков у абонентов.

Интенсивность выполнения каждого из приведенных на рис. 3 четырех управляющих действий определяет, будет ли объем ежегодных реальных потерь нарастать, сокращаться или останется на постоянном уровне. Международный опыт показывает, что величины ILI, близкие к 1.0, представляют почти безукоризненное техническое управление потерями воды при текущем рабочем давлении.

Реализуя указанный подход, ОАО «МосводоканалНИИ-проект» разработана Стратегия управления потерями воды, которая представляет собой систему управляемых организационно-технических мероприятий по воздействию на основные элементы системы водоснабжения с целью доставки питьевой воды потребителю с минимальными потерями. Стратегия включает:

- индикаторы и показатели стратегии управления всеми видами потерь воды;
- методику оценки неучтенных расходов и потерь воды в водопроводной сети;
- расчет водного баланса;
- перечень инженерно-технических и организационных мероприятий по сокращению всех видов потерь воды;
- экономическую оценку затрат и эффективности реализации стратегии управления потерями воды.

Эффективность Стратегии управления потерями воды в целом оценивается для определения ее потенциальной привлекательности для возможных участников и поисков источников финансирования для ее реализации.

Стратегия управления потерями воды разработана ОАО «МосводоканалНИИпроект» в составе Генеральных схем водоснабжения Уфы и Иркутска, которые утверждены Администрациями этих городов.

ПРОГРАММНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПОТЕРЯМИ ВОДЫ:

1. Управление давлением и оптимизация работы системы подачи и распределения воды

- 1.1. Гидравлическое моделирование для анализа работы сети и оптимизации режимов, использование электронной модели сети.
- 1.2. Снижение и стабилизация давления в водопроводной сети.
 - 1.2.1. Установка регуляторов давления, воздушных клапанов (вантузов), предохранительных клапанов (защита от гидравлических ударов и высокого давления).
 - 1.2.2. Установка системы телеуправления на разделительной арматуре в колодцах с регулятором давления.
 - 1.2.3. Увеличение количества точек контроля свободных напоров в сети.
- 1.3. Оптимизация режимов работы насосных станций.
 - 1.3.1. Разработка и внедрение технических решений по снижению непроизводительных потерь воды.
- 1.4. Мониторинг давления, проведение манометрических съемок.

2. Активный поиск и контроль утечек и потерь воды

- 2.1. Оптимизация технической диагностики трубопроводов и оборудования городской водопроводной сети:
 - использование инновационных технологий для поиска скрытых утечек и мест повреждения труб;
 - комплексная диагностика технического состояния трубопроводов;
 - коррозионные обследования;
 - повышение эффективности электрозащиты;
 - инструментальный контроль за строительством трубопроводов;
 - использование и развитие геоинформационных технологий автоматизированного контроля и управления эксплуатацией и технической диагностикой труб;
 - контроль за проведением противокоррозионных мероприятий;
 - определение параметров движения воды.

- 2.2. Автоматизированный сбор и анализ информации по потерям воды – оценка неучтенных расходов и потерь воды, расчет водного баланса.
- 2.3. Совершенствование системы учета воды:
 - 2.3.1. Модернизация существующего парка и установка современных средств измерений учета расхода воды.
 - 2.3.2. Установка ультразвуковых расходомеров с цифровым выходом на насосных станциях.
- 2.4. Внедрение организационно-технических решений и методик измерений, направленных на рациональное водосбережение и водопользование.
- 2.5. Водный аудит водопотребителей:
 - обследование водомерных узлов на предмет незаконного водопользования через обводные задвижки и врезки до водосчетчика;
 - обследование колодцев на предмет незаконного водопользования;
 - подготовка информации об абонентах в обследуемой зоне (количество жителей, категория абонентов, расчет удельного водопотребления);
 - проведение замеров расходов воды с помощью ультразвуковых расходомеров;
 - проведение проверки правильного снятия показаний с водосчетчиков;
 - проведение измерений гидравлических параметров (скорость, давление, расход).
- 2.6. Разработка и внедрение автоматизированной системы обнаружения повреждений и аварий на сети.
- 2.7. Борьба с несанкционированным водопотреблением.

3. Управление инфраструктурой. Модернизация и реконструкция водопроводной сети

Определяющими факторами этого направления служат техническая политика в отношении обоснования объемов и объектов планирования восстановления и обновления водопроводных трубопроводов, использование высоконадежных и долговечных материалов и комплектующих трубопроводов, насосного оборудования, трубопроводной арматуры и других элементов системы водоснабжения города, эффективная защита эксплуатируемых трубопроводов от старения и коррозии.

4. Скорость и качество ремонта, интенсификация аварийно-восстановительных и планово-профилактических работ

- 4.1. Стандартизация действий эксплуатационного персонала предприятия водопроводно-канализационного хозяйства в соответствии с регламентом эксплуатации и системой менеджмента качества стандарта ИСО-9001.
- 4.2. Интенсификация аварийно-восстановительного и планово-предупредительного ремонтов – внедрение инновационных технологий ремонта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Примин О.Г., Пупырев Е.И. **ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ В РОССИИ. Журнал «Чистая вода: проблемы и решения», 2012. № 3–4, стр. 40–48.**
2. Инструкция по оценке и нормированию неучтенных расходов воды в системах коммунального водоснабжения» **Постановление Госстроя России от 31.03.2000 года № 23.**
3. **Методика оценки неучтенных расходов и потерь воды в системе коммунального водоснабжения. Санкт-Петербург, 2004 г.**
4. Храменков С.В. **СТРАТЕГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА: АВТОРЕФЕРАТ ДИС.... канд.техн.наук. М., МГСУ 1999. С. 29.**
5. Храменков С.В., Примин О.Г., Зоткин С.П., Шушкевич Е.В. **Планирование восстановления водопроводных трубопроводов. (EIP EXE). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. – № 2012619257. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 12 октября 2012 года.**
6. Д. Пирсон. **Оценка информации по утечкам воды. CLIFF ROAD, ASTON BRIDGE, NORTHWICH, ЧЕШИР, CW83QY, 2007, Великобритания.**
7. **Водопроводные распределительные системы США. Оценка и снижение рисков. Комитет по распределительным системам питьевого водоснабжения.**
8. Малкольм Фарлей, Стюарт Троу. **Потери в водопроводной распределительной сети, Перевод с английского языка. ISBN: 1 900222 11 6, 2007, Лондон.**
9. Янев Д.А., Бычков Д.Л. **Бенчмаркинг, как инструмент развития. МГУП «Мосводоканал». М., Мосводоканал, 2010.**
10. **MARCO FANTOZZI – VIA FORCELLA 29 – 25064 GUSSAGO (BS) – Италия – WEB: WWW.LEAKSSUITE.COM.**

Реализация Стратегии управления потерями воды призвана обеспечить повышение надежности и экологической безопасности системы подачи и распределения воды города снизить потери воды, уменьшить ресурсопотребление, повысить энергетическую эффективность.

Выводы

1. Одним из основных показателей, которые позволяют объективно оценивать деятельность предприятия водопроводно-канализационного хозяйства, относится величина потерь и неучтенных расходов воды.

2. Утечки из водопроводной сети и сооружений отрицательно сказываются на надежности и прочности возведенных сооружений, зданий, инженерных коммуникаций (прежде всего – водонесущих), ухудшают состояние окружающей среды, приводят к подтоплениям территорий то есть значительным материальным, социальным и экологическим ущербам.

3. Существует ряд временно действующих факторов, определяющих высокий уровень потерь воды в водопроводной сети большинства городов России. Это – значительная протяженность и износ сети, эксплуатация стальных труб незащищенных от коррозии, повышенные напоры, большая амплитуда их колебания в течение суток, гидравлические удары, отсутствие надежных приборов для своевременного обнаружения утечек воды.

4. Стратегия управления потерями воды представляет собой систему управляемых организационно-технических мероприятий по воздействию на основные элементы системы водоснабжения с целью доставки питьевой воды потребителю с минимальными потерями. ●

Выбор места установки и монтаж регуляторов давления на основе результатов гидравлического моделирования¹

**Бычков Д.А.²,
начальник отдела
ОПТИМИЗАЦИИ
РЕЖИМОВ СЕТЕЙ И
СООРУЖЕНИЙ
ООО «Тюмень
Водоканал»**

Для повышения надежности работы системы подачи и распределения воды, в условиях значительной изношенности существующих подземных коммуникаций, становится необходимым осуществление мероприятий по снижению аварийности на сетях.

Одним из основных факторов повышенной аварийности является избыточное давление в трубопроводах. По результатам исследований зарубежных водоснабжающих компаний, установлено, что при снижении напора на 1 атм количество аварий на разводящей сети уменьшается в среднем на 14% (по данным IWA). Для повышения надежности работы системы водопровода ООО «Тюмень Водоканал» в 2011 г. были разработаны и осуществлены мероприятия по снижению давления в водопроводной сети.

Подача воды потребителям г. Тюмени осуществляется комплексом водозаборных узлов — Метелевским и Велижанским водозаборами с общей фактической подачей воды 240 тыс. м³/сут. Водопроводные сети города имеют протяженность 980 км. Застройка Тюмени представлена, в основном, 5–10 этажными жилыми зданиями. Рельеф города равнинный, перепады высот незначительные. Средняя отметка земли — 85 м, отметки земли правобережной и левобережной частей города отличаются в среднем на 20 м. В связи с особенностями рельефа, высотой жилой застройки и необходимостью обеспечивать нормативное давление в диктующих точках в отдельных районах города возникает значительное избыточное давление.

Для анализа состояния водопроводной сети и определения районов с повышенным давлением использовались результаты расчетов пропускной способности разводящих трубопроводов с помощью детализированной гидравлической модели системы водоснабжения г. Тюмени.

Разработка базы подземных коммуникаций ведется с 2007 г. на основе программного комплекса «Zulu» ООО «ПолиTERM» (г. Санкт-Петербург). В расчетную модель внесены схемы уличных водопроводных

¹ Полностью статья опубликована в сборнике научных трудов «Проекты развития инфраструктуры города. Вып. 13. Инженерные объекты современного мегаполиса: опыт проектирования и научное сопровождение» — М.: Издательство Экспо-Медиа-Пресс, 2013, 455 с.

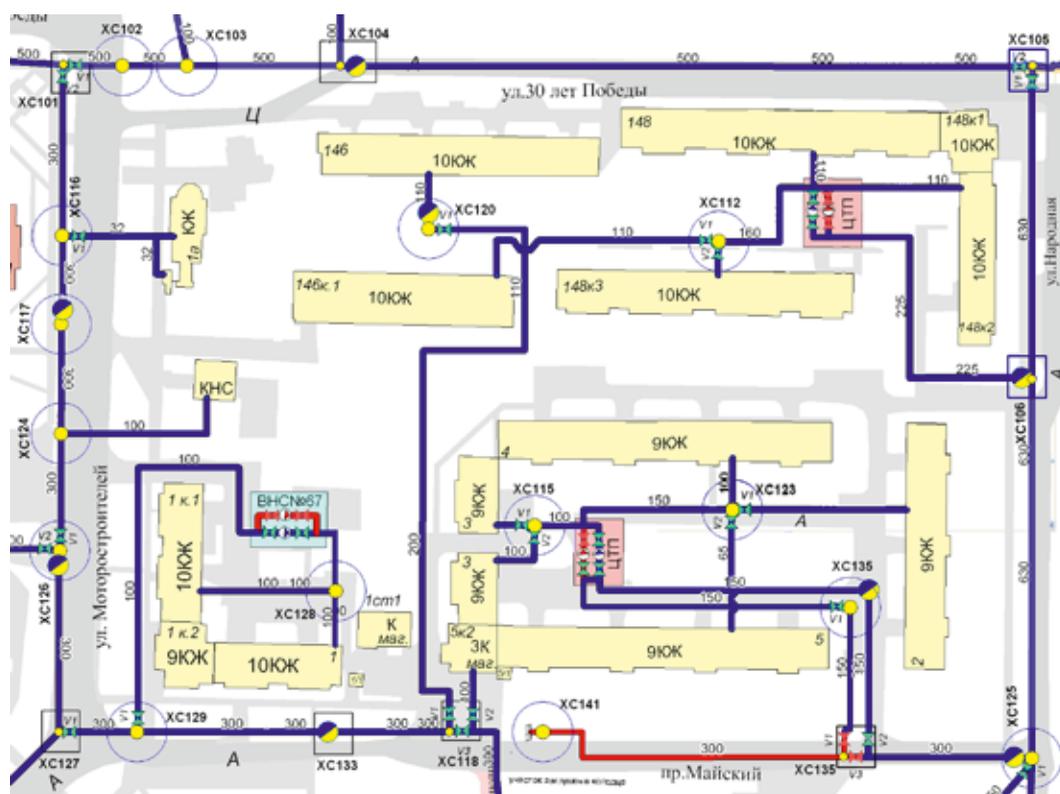
² Бычков Дмитрий Александрович — лауреат конкурса АКВАТОР–2013 Фонда поддержки молодых ученых и инженеров в области водоснабжения и водоотведения «АКВАТОРИЯ». Тел. (3452) 54-09-25, bda@vodokanal.info

сетей на основе планшетов М 1:500 и 1:2000. На участках трубопроводов размещена информация по материалу трубы, геодезическим отметкам, диаметру, году прокладки, дате замены, режиму работы. Для проведения гидравлических расчетов дополнительно были введены данные о коэффициентах шероховатости и местных сопротивлений в зависимости от материала трубопровода. База данных сетей водоснабжения г. Тюмени на текущий момент содержит сведения о 36000 участках, 12000 колодцев, 10000 единиц запорной арматуры.

Детализированная гидравлическая модель позволяет производить поверочные гидравлические расчеты при изменениях режимов работы водозаборных сооружений, плановых и аварийных отключениях магистральных водоводов в целях для определения технической возможности подключения проектируемых объектов к действующим сетям. В результате проведения гидравлического расчета определяются скорости движения воды, расчетные расходы, потери давления по длине для каждого из участков.

Для повышения точности исходных данных гидравлической модели в ООО «Тюмень Водоканал» с 2008 г. проводятся работы по паспортизации сетей. Паспортизация водопровода подразумевает сбор и уточнение сведений о водопроводной сети: протяженности водоводов, материалов, детализировок колодцев, с занесением в базу данных ГИС «Zulu» (рис. 1).

**Рис. 1. ОТОБРАЖЕНИЕ
в ГИС «Zulu 7.0»
МИКРОРАЙОНА ПОСЛЕ
ИНВЕНТАРИЗАЦИИ**



ГЛАВНЫЙ КРИТЕРИЙ

На основе анализа результатов гидравлического моделирования была построена карта давлений на сети водопровода (рис. 2). Первоначально рассматривались 14 районов города, в которых имелась теоретическая возможность снижения напора. Критериями выбора являлись наличие избыточного давления, этажность застройки, ограниченное количество вводов водопровода, возможность установки регуляторов без строительства новых камер.

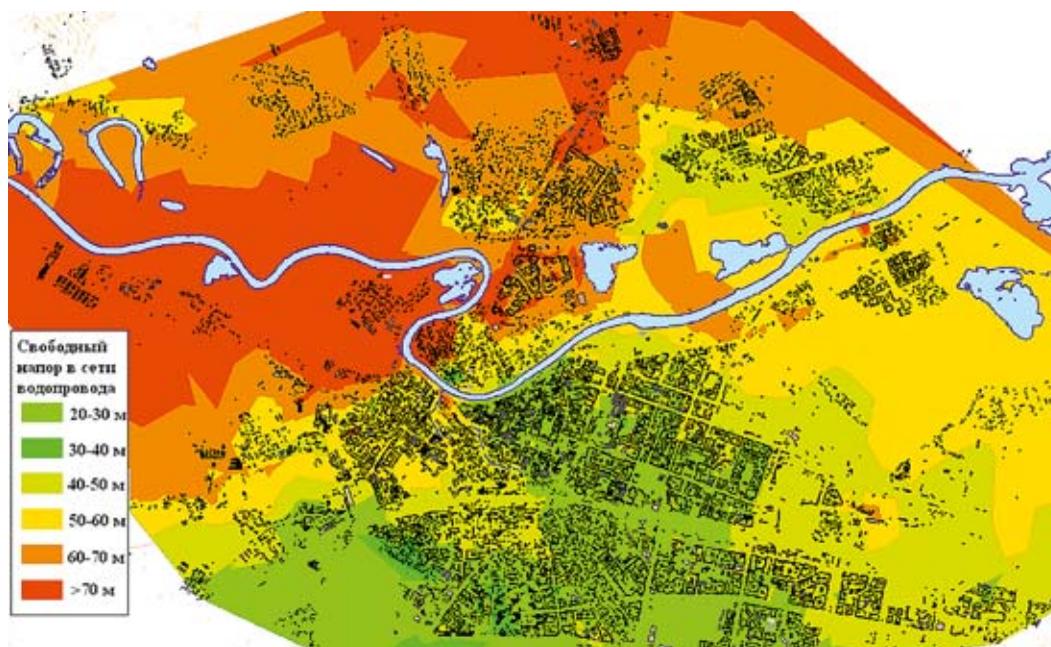


Рис. 2. Районы с избыточным давлением в сети водопровода г. Тюмени по результатам гидравлического моделирования в ГИС «Zulu 7.0»

В выбранных районах были обследованы водопроводные колодцы на вводных трубопроводах, составлены чертежи с указанием габаритов, оценена техническая возможность установки регуляторов давления, подготовлены монтажные схемы. Для подбора диаметра регуляторов давления произведен сбор расходов воды на основании данных дирекции по сбыту, выполнены контрольные замеры (рис. 3).

При выборе диаметра регуляторов давления также учитывалось требование пропускания необходимого для района расхода воды на наружное и внутреннее пожаротушение. Для предотвращения повреждения основного клапана вследствие слишком большой разницы в давлении до и после регулятора проектный режим работы проверялся на соответствие паспортной кавитационной характеристике.

Рис. 3. Замер расхода воды в трубопроводе при помощи переносного расходомера РАНАМЕТРИХ



На основе полученных данных при помощи ГИС «Zulu 7.0» производилось моделирование режимов работы водопроводной сети до и после установки регуляторов давления (рис. 4). Снижаемое регулятором давление определялось по формуле:

$$\Delta H = H_{\text{факт}} - \Delta h_{\text{пот.}} - \Delta h_{\text{рег}} - H_{\text{св}}$$

где ΔH — снижаемое регулятором давление, м

$H_{\text{факт}}$ — имеющийся свободный напор в точке установки регулятора, м

$\Delta h_{\text{пот.}}$ — потери напора по длине в разводящих трубопроводах до диктующей точки, м

$\Delta h_{\text{рег}}$ — потери напора в регуляторе давления, м

$H_{\text{св}}$ — требуемый свободный напор в диктующей точке в зависимости от этажности застройки, м

Рис. 4.
ПЬЕЗОМЕТРИЧЕСКИЙ
ГРАФИК
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ
МОДЕЛИРОВАНИЯ
В ГИС «ZULU 7.0»



После анализа результатов были выбраны 12 районов города, в которых целесообразна установка регуляторов давления (рис. 5). Для монтажа использовали регуляторы давления Socla C101 компании Danfoss.

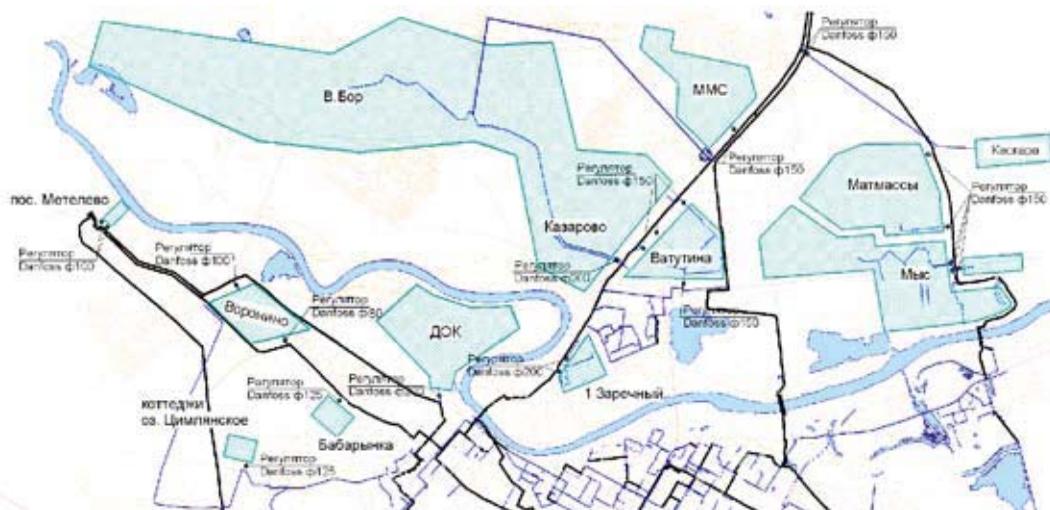


Рис. 5. Районы,
в которых
произведена
установка
регуляторов
давления

ГЛАВНЫЙ КРИТЕРИЙ

Данная арматура предназначена для уменьшения и поддержки постоянного пониженного давления с функцией «после себя» независимо от изменения водоразбора, без использования электрической энергии (рис. 6).



Рис. 6. Внешний вид регулятора давления SOCLA C101 (DANFOSS). Принцип действия

Силами ремонтно-механического цеха и цеха транспортировки воды ООО «Тюмень Водоканал» в период с июля по октябрь 2011 г. произведен монтаж 24 регуляторов давления. Для этих целей установлены 3 новых колодца, реконструированы 19 существующих камер. Регуляторы давления устанавливались, как правило, на байпасной линии, для обеспечения надежного водоснабжения абонентов при возможных неисправностях регулятора давления.

В период с октября по ноябрь 2011 г. выполнены пуско-наладочные работы. При этом установлено:

при выполнении операций по запуску в работу клапана неизбежно возникают скачки давления в сети, имеющие потенциал аварийности. После запуска регуляторов давления в течение недели наблюдалось повышенное количество заявок из-за возникновения утечек на водопроводе в районах, где настраивались регуляторы. В дальнейшем ситуация стабилизировалась.

Устойчивый запуск регулятора в работу осуществлялся при разнице в давлении до и после мест его установки 2–3 атм; в периоды с низким водоразбором из сети водопровода (в дневное и ночное время) запуск был затруднен из-за длительного времени падения давления при закрытом затворе. Оптимальное время суток для настройки регуляторов давления — часы максимального водоразбора.

Настройка 4-х одновременно работающих на один район регуляторов давления оказалась достаточно сложной организационной задачей, ввиду взаимного влияния регуляторов друг на друга, и, как следствие, необходимостью их запуска поэтапно.

реальное снижение давления оказалось меньше расчетного, т. к. при пробной настройке регуляторов давления на расчетные параметры выявились «узкие места» в водопроводных сетях района, напор у отдельных абонентов оказался ниже нормативного.

В связи с малым заглублением большинства существующих водопроводных камер во избежание перемерзания в зимний период, дополнительно были произведены работы по теплоизоляции регуляторов.

В качестве теплоизолирующего материала использовалась изоляция «Термофол ВКСА-СК» $b=10$ мм. Изолировались наиболее чувствительные к пониженным температурам части устройства — импульсные трубки и пилотный клапан. Кроме того, во избежание механических повреждений льдом в затопленных камерах дополнительно были изготовлены и установлены на регуляторы давления защитные металлические короба, которые также выполняют теплоизоляционную функцию (рис. 7).

Рис. 7. Особенности эксплуатации регулятора давления в зимний период



В камерах с трубопроводами выше уровня промерзания грунта регуляторы давления дополнительно утеплялись изолирующим материалом — мешками с опилками (рис. 8).



Рис. 8.
Утепление регулятора давления
□ 150 мм

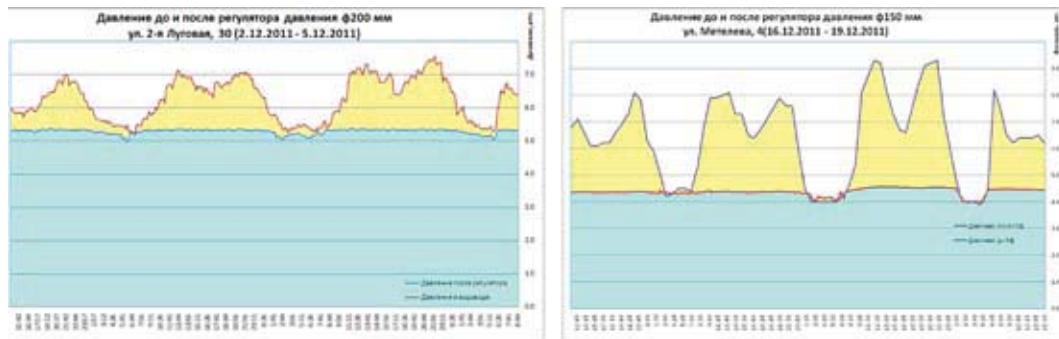


Рис. 9. Контрольные замеры давления до и после регуляторов

Для оценки эффективности работы после установки в течение нескольких суток производилась контрольная манометрическая съемка давления до и после каждого регулятора. Замеры подтвердили устойчивую работу регуляторов давления по поддержанию заданных параметров (рис. 9). В некоторых районах напор удалось снизить на 4,5 атм в часы максимального водопотребления при обеспечении всех потребителей услугой водоснабжения в полном объеме. В среднем снижение давления в районах установки регуляторов давления составило 1.5–2.0 атм (на 21%).

Экономический эффект от снижения напора в водопроводных сетях складывается из экономии за счет уменьшения потребления электрической энергии насосными станциями. До установки регуляторов для снабжения потребителей водой тратилась энергия, прямо пропорциональная давлению на вводе в район. Графически количество этой энергии соответствует заштрихованной площади на рисунке 10, а). После монтажа регулятор держит после себя в водопроводных сетях постоянное давление (H_2). При этом тратится энергия, графически соответствующая заштрихованной площади на рисунке 10, б). Соответственно, за счет снижения напора на вводе в регулируемый район экономится количество энергии, условно выделенное на рисунке 10, с).

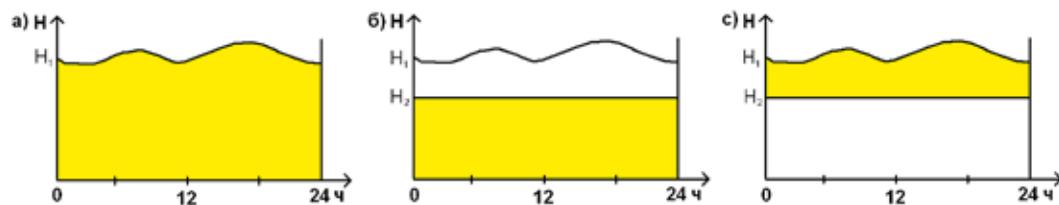


Рис. 10. Давление в сети водопровода:
 а) до установки регулятора;
 б) после установки регулятора;
 с) доля сбереженной энергии после установки регулятора

Наиболее эффективно система водоснабжения с установленными регуляторами давления работает при наличии на насосных агрегатах частотно-регулируемых приводов.

Для расчета сэкономленной мощности силового оборудования используется уравнение:

$$\Delta N = \frac{\rho \cdot g \cdot \Delta h \cdot q_{cp}}{\eta_{нас}}$$

ΔN — снижение мощности на НС II подъема в результате регулирования давления воды на водопроводных сетях, Вт

$\Delta h = H_{1cp} - H_2$ — напор воды, снимаемый регулятором давления на участке водопроводной сети, м

где H_{1cp} — усредненное значение давления воды в водопроводной сети до регулятора, м

H_2 — постоянное давление воды, поддерживаемое регулятором с функцией «после себя», м

q_{cp} — фактический усредненный расход через регулятор давления, м³/с

$\eta_{нас} = 0,8$ — средний КПД насосных агрегатов на станциях II подъема города

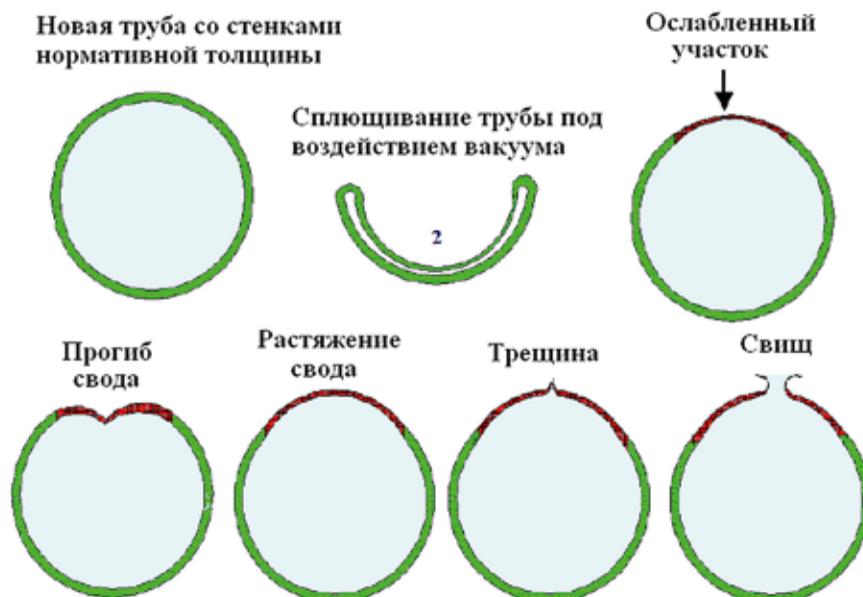
ρ — плотность воды при 4 °С (1000 кг/м³)

g — ускорение свободного падения (9,81 м/с²)

Прямым эффектом установки регуляторов давления на сетях водопровода г. Тюмени явилось сбережение электроэнергии насосными агрегатами в размере 48,4 кВт*ч. При стоимости электрической энергии в размере 2,15 руб/кВт*ч годовая экономия составит 0,91 млн. рублей. После выведения всех регуляторов давления на расчетные параметры сбережение мощности насосных станций II подъема составит 90 кВт, годовая экономия составит 1,7 млн. рублей.

Еще одним важным эффектом снижения напора в водопроводных сетях является уменьшение количества аварий. На рис. 11 представлен перечень возможных видов повреждений труб, частота которых напрямую зависит от избыточного или переменного давления в сети водопровода.

Рис. 11. Виды повреждений труб, зависящие от величины и изменения давления в сети водопровода



ГЛАВНЫЙ КРИТЕРИЙ

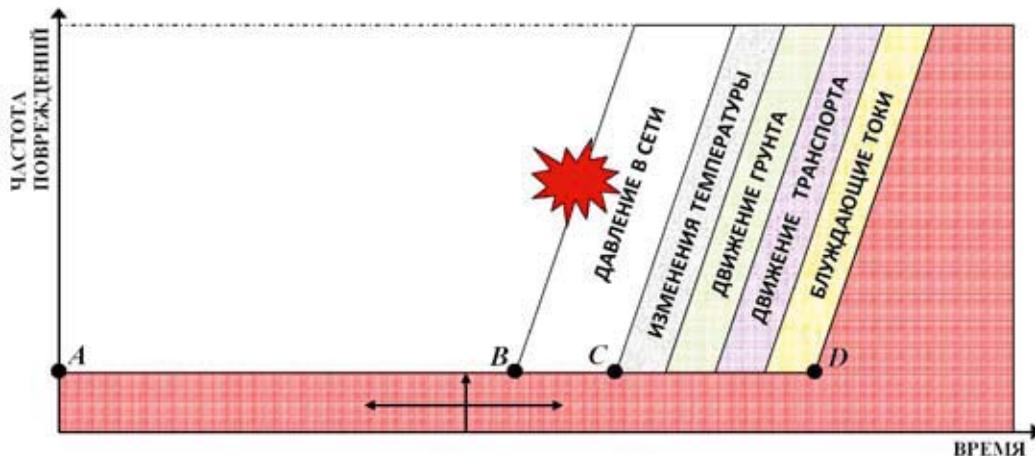


Рис. 12. Зависимость числа повреждений водопроводной трубы от времени и косвенных факторов

Жизненный цикл работы водопроводной трубы схематически представлен на рис. 12. С определенного момента времени (точка D) в результате физического износа материала частота повреждений на участке начинает резко возрастать. Из-за воздействия ряда косвенных факторов (давление, температура, условия залегания и т.д.) срок службы трубы сокращается. В результате критическая точка сдвигается, и рост числа повреждений наступает гораздо раньше (точка В).

Следовательно, даже небольшое снижение давления может привести к значительному сокращению числа повреждений в случае, если система достигла критической точки. Если физическое состояние трубы удовлетворительно, то управление давлением не уменьшит числа повреждений, но позволит продлить срок службы трубопроводов (рис. 13)

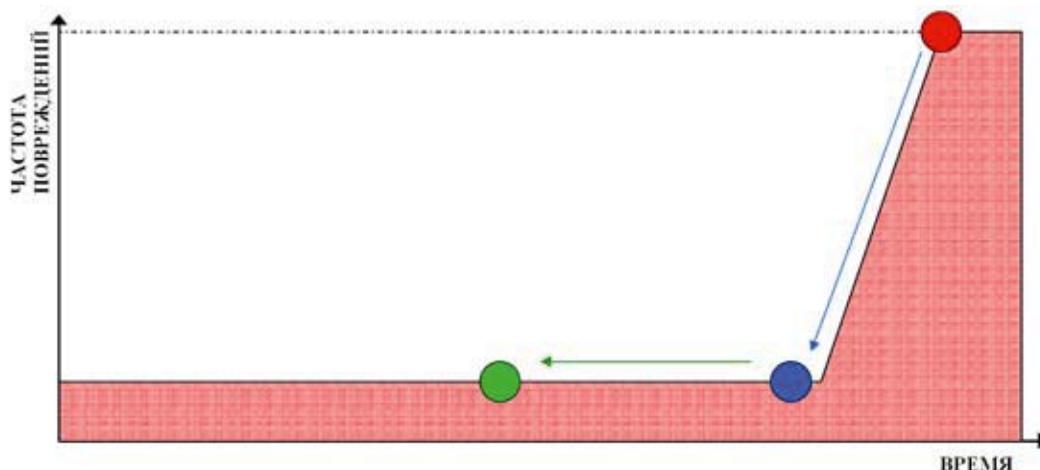
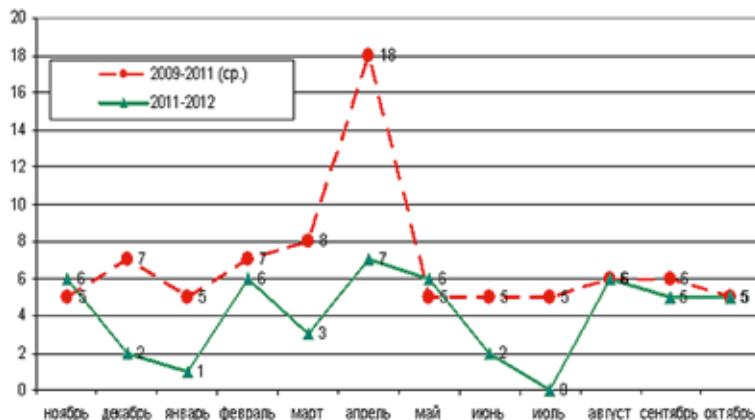


Рис. 13. Снижение частоты аварийности при изменении давления

Для оценки влияния снижения давления на число повреждений на водопроводе г. Тюмени был произведен анализ фактической аварийности в районах установки регуляторов. В качестве источника данных использовалась программа учета заявок «Астра», разработанная и внедренная в ООО «Тюмень Водоканал». За период с ноября 2011 г.

по октябрь 2012 г. суммарное количество возникновения новых повреждений на водоводах и утечек из колодцев в зонах установки регуляторов давления уменьшилось в среднем на 30% по сравнению с аналогичным периодом 2010 и 2011 гг. (рис. 14). Годовая экономия за счет уменьшения числа повреждений в районах установки регуляторов давления составила 0,7 млн. руб.



Выводы

Гидравлическое моделирование является эффективным инструментом анализа состояния водопроводной сети и реализации мероприятий по оптимизации режимов.

На основе комбинации расчетных данных, фактических замеров расходов и данных водосбита произведен подбор места расположения и диаметров регуляторов на сетях водопровода г. Тюмени. Монтаж данного оборудования позволил снизить избыточное давление в сети в районах установки при обеспечении всех потребителей услугой в полном объеме.

Проведенные контрольные замеры подтвердили стабилизацию напора после регуляторов и исключение возникновения перепадов в течение суток из-за неравномерности работы насосных станций. Зафиксировано снижение общего количества возникновения повреждений на сетях водопровода в районах регулирования напора.

Установлена возможность надежной работы регуляторов давления в условиях длительных отрицательных температур наружного воздуха при условии выполнения мероприятий по теплоизоляции колодцев и регуляторов.

Расчетный экономический эффект от установки регуляторов давления составляет 1,61 млн. руб/год. При сохранении гарантированной производителем работоспособности оборудования можно утверждать, что на участках, где напор удалось снизить до расчетного, установленные регуляторы давления окупятся в течение 1–2 г.

Для достижения максимального эффекта необходимо ликвидировать обнаруженные в ходе пуско-наладочных работ «узкие места» на сети. ●

Рис. 14. Количество возникновения новых повреждений на сетях в районах установки регуляторов давления на 2009–2012 гг.