



Опыт МУП «Водоканал» г. Череповца по снижению производственных затрат и улучшению качества водоснабжения

С.Н. Ильин,
директор,

Т.Э. Кострова,
начальник технико-технологического отдела,

Н.М. Макарова,
заместитель начальника технико-
технологического отдела
МУП «Водоканал» г. Череповца

Череповец является одним из крупных промышленных центров не только Вологодской области, но и всего Северо-Западного региона России. Численность населения составляет более 300 тыс. человек, город относится к категории средних городов. При этом на территории города расположены крупные металлургические (ПАО «Северсталь»), химические (ОАО «ФОС-АГРО») и деревообрабатывающие предприятия. Это отличает Череповец от других районных центров, антропогенная нагрузка на окружающую среду выше, чем в других населенных пунктах области.

Источником водоснабжения г. Череповца является р. Шексна (Шекснинский русловый участок Рыбинского водохранилища). Средние значения показателей цветности водоисточника составляют 45–90 град. (макс. 130 град.), имеют небольшие сезонные колебания. Значения перманганатной окисляемости находятся в пределах от 9 до 17 мгО₂/дм³. Мутность – до 20 мг/дм³ поднимается в паводковые периоды, в остальное время средние показатели равны 1,5–7,9 мг/дм³, водородный показатель составляет 7,6–7,95 ед. рН. Общая минерализация – не более 200 мг/дм³.



Водоочистная станция

Характерной особенностью водоема является обильное цветение воды в период с мая по сентябрь, что влечет за собой повышенное содержание фито- и зоопланктона, затрудняющее процесс водоочистки. В связи с этим ухудшаются органолептические показатели качества питьевой воды, появляется специфический неприятный запах. Из фитопланктона преобладают диатомовые, сине-зеленые и зеленые водоросли. Общее количество водорослей насчитывает до 10 000 кл/см³.

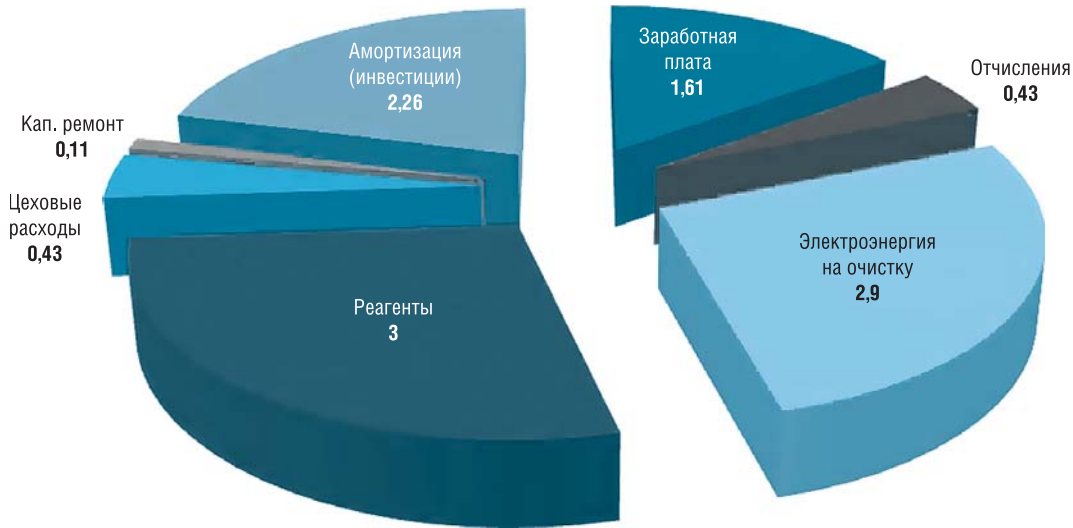
Отличительной особенностью природных вод поверхностных водоисточников Северо-Западного региона является высокое содержание органических соединений – гуминовых и фульвокислот, присутствие которых обуславливает высокую цветность воды и влияет на ее органолептические свойства. Воды такого состава имеют предпосылки к образованию высокотоксичных хлорорганических соединений при обеззараживании хлорсодержащими соединениями в процессе подготовки питьевой воды.

Процесс подготовки питьевой воды для населения и промышленных предприятий г. Череповца осуществляется на комплексе водоочистных сооружений (КВОС) МУП «Водоканал». В со-

став комплекса входят водозаборные сооружения с насосными станциями 1-ого подъема, 2 водоочистные станции (ВОС-2 и ВОС-3), РЧВ, сооружения повторного использования промывных вод, насосные станции 2-ого подъема. Проектная производительность водоочистного комплекса – 210 тыс. м³/сут, фактическая среднегодовая за 2016 г. – 100 тыс. м³/сут.

Особенность существующего водоочистного комплекса заключается в том, что обе станции водоподготовки могут работать автономно. Каждая имеет свой набор сооружений, включая насосные станции 1-ого и 2-ого подъема, сооружения повторного использования воды, резервуары чистой воды. В то же время, все эти сооружения взаимозаменяемы, что позволяет реализовать различные схемы их использования и гарантировать надежность и бесперебойной водоснабжения населения г. Череповца.

В настоящее время на уровне государства все больше внимания уделяется разработке и внедрению эффективных и безопасных технологий в системах жилищно-коммунального хозяйства. Президент РФ В.В. Путин в 2015 году на заседании Совета Безопасности, посвященного вопросам реализации



Структура себестоимости очистки 1 м³ питьевой воды в г. Череповце (руб.)

государственной политики, в области обеспечения ядерной, радиационной, химической и биологической безопасности поставил задачу активнее переходить на безопасные, экологичные технологии в жилищно-коммунальном хозяйстве.

На предприятии МУП «Водоканал» г. Череповца была проведена работа по поиску инновационных технических решений, которые направлены на решение задач, поставленных Правительством РФ. При этом возникает необходимость внедрению таких прогрессивных технологий, которые позволяют улучшить качество водоснабжения и снизить производственные затраты на водоподготовку.

Стоимость подготовки 1 м³ питьевой воды в г. Череповце составляет 10,74 руб. (с НДС). Структура себестоимости приведена на рисунке.

Основные статьи затрат составляют расход на реагенты для водоподготовки (28 %) и электроэнергию (27 %).

В результате исследовательской работы, выполненной технологической службой МУП «Водоканал» г. Череповца с привлечением специалистов ведущих научных организаций: «Лен-

водоканалпроект», научно-исследовательский институт экологии человека и гигиены окружающей среды им. Сысина А.Н. РАМН, НИИ ВОДГЕО, в технологическую схему водоподготовки на комплексе водоочистных сооружений был внесен целый ряд инновационных технических решений – микрофльтрация, сорбция, УФ-обеззараживание, использование реагентов нового поколения. Необходимость использования каждого из них была продиктована изменяющимися условиями окружающей среды и требованиями законодательства и имела целью улучшение качества питьевой воды и повышение энергоэффективности производства за счет использования наилучших доступных и приоритетно отечественных технологий.

Технология микрофльтрации

Внедрение технологии микрофльтрации было обусловлено тем, что в последнее десятилетие наблюдаются значительные изменения природно-климатических условий в нашем регионе. В период с 2008 г. по 2016 г. общее

содержание фитопланктона (водорослей) в воде водоисточника увеличилось в 3–4 раза. Известно, что водоросли оказывают большое влияние на качество природных вод, поскольку как в процессе жизнедеятельности, так и после отмирания их клеток в водную среду попадает большое количество веществ различной химической природы. Реагируя с окислителями, используемыми для обеззараживания воды, многие вещества трансформируются в еще более токсичные соединения. Присутствие водорослей негативно влияет как на ведение технологического процесса водоподготовки, так и на качество питьевой воды (водоросли являются одорантами, придают воде неприятный запах).

В 2014 г. в здании барабанных сеток ВОС-3 был смонтирован первый дисковый микрофильтр с мембраной 10 мкм. Эксплуатация микрофильтра показала эффективность данной технологии по задержанию клеток водорослей до 70 % до стадии реагентной обработки воды. После прохождения всей технологической цепи водоочистки содержание фитопланктона в питьевой воде не превышает 1 %.

Извлечение водорослей именно до стадии обеззараживания и осветления речной воды в рециркуляторах-осветлителях приводит к снижению доз дезинфектантов, тем самым позволяя минимизировать вероятность образования побочных продуктов.

Предварительная микрофильтрация речной воды положительно повлияла как на работу сооружений водоподготовки, так и на качество питьевой воды, в первую очередь, по органолептическим показателям (запах и привкус воды в летний период).

Кроме того, имеет место и экономический эффект от внедрения данного мероприятия. Он складывается из снижения затрат на эл/энергию для работы промывного оборудования (за счет увеличения фильтроцикла до 24 часов вместо 12), снижения расхода обеззараживающих реагентов и угольного сорбента, применяемого в период массового «цветения» водоема. В ближайшие 3 года в рамках мероприятий инвестиционной программы предприятия планируется установка всего необходимого количества микрофильтров для обработки 100 % речной воды. Срок окупаемости

Скорые фильтры



внедрения технологии микрофильтрации в полном объеме составит 7 лет.

Процесс подготовки питьевой воды на комплексе водоочистных сооружений МУП «Водоканал» осуществляется по двухступенчатой схеме, с использованием рециркуляторов-осветлителей в качестве 1-й ступени очистки.

Преимуществом данной технологической схемы, а именно рециркуляторов-осветлителей, является возможность реализации следующих технических решений:

- использование при очистке воды порошкообразных сорбентов;
- максимально эффективное использование ультрафиолета для обеззараживания воды перед подачей ее на скорые фильтры;
- применение в процессе водоподготовки целого спектра реагентов и дезинфицирующих средств нового поколения на разных этапах водоподготовки;
- повторное использование промывных вод скорых фильтров.

Эффективная работа этих сооружений позволяет получать воду практически питьевого качества (цветностью до 15 град, мутность до 1,5 мг/л) уже после первой ступени водоочистки.

Технология сорбционной обработки воды порошкообразным активированным углем

С целью повышения барьерных функций водопроводных очистных сооружений в отношении техногенных загрязнений в воде водоемного источника и обеспечения качества питьевой воды в соответствии с требуемыми нормативами в экстраординарных ситуациях на комплексе водоочистных сооружений с 2010 г. успешно внедрена технология сорбционной обработки воды порошкообразным активированным углем (ПАУ). Для углянения воды

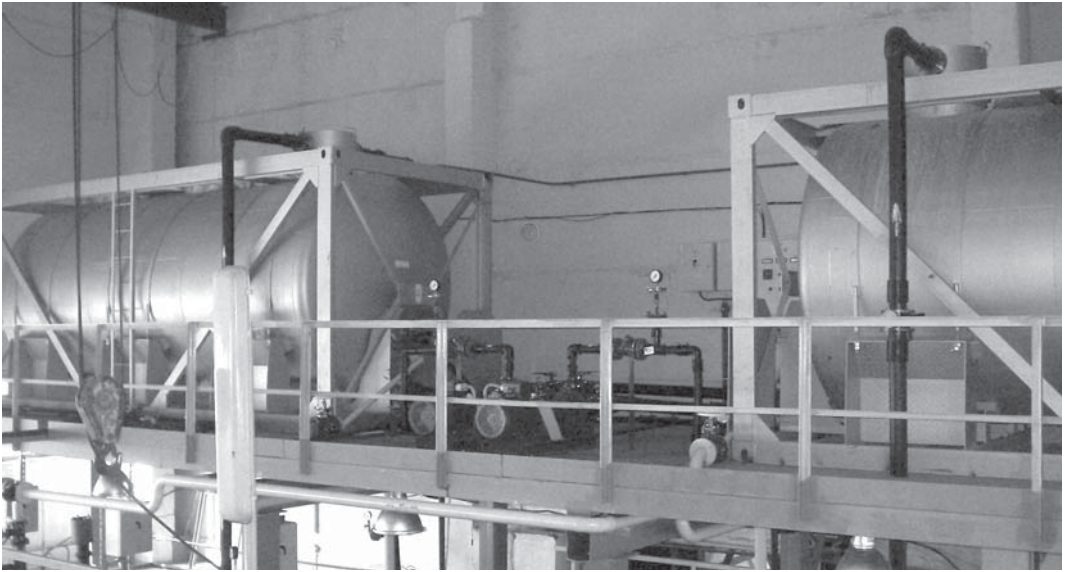
используется сорбент марки СПДК-2 в виде 1 % угольной пульпы. Дозы ПАУ зависят от уровня загрязненности токсикантами и находятся в диапазоне от 3 до 5 мг/дм³. Точка ввода – трубопровод подачи речной воды перед рециркуляторами-осветлителями.

Данное техническое решение в сочетании с непрерывной рециркуляцией осадка на сооружениях 1-й ступени очистки, позволяет эффективно извлекать из исходной воды фенолы и нефтепродукты. Кроме того, сорбционная обработка позволила существенно повысить эффективность удаления запахов и привкусов во время массового «цветения» воды поверхностных водоемов.

Использование этой технологии позволило не только создать барьер на случай возможных техногенных аварий, связанных с выбросами в водоем химических загрязнений, но и улучшить качество воды по ряду важных показателей, влияющих на здоровье человека: перманганатная окисляемость в период применения ПАУ снижается на 10–15 %, остаточный алюминий – на 30–50 %.

Затраты на приобретение угольного сорбента составляют всего 2 % от себестоимости подготовки питьевой воды. Однако использование в качестве первой ступени очистки рециркуляторов позволяет сократить и эти расходы.

В 2016 г. на КВОС была апробирована циклическая схема дозирования угольной пульпы. Введение ПАУ осуществлялось поочередно: в первые сутки с дозой 3 мг/л, во вторые сутки реагент не вводился и т.д. В результате было установлено, что качество готового фильтрата практически одинаково при постоянном и циклическом дозировании сорбента (происходит снижение содержания остаточного алюминия и перманганатной окисляемости). Это обусловлено тем, что за счет многократной циркуляции



Блок сорбционной обработки воды

осадка при осветлении воды в осветлителях-рециркуляторах происходит максимально полное использование сорбционных свойств активированного угля, что позволило реагенту выполнять свои функции на следующие сутки после прекращения дозирования. При этом расход угля снижается в 2 раза по сравнению с постоянным дозированием ПАУ, позволяя сэкономить до 500 тыс. рублей в месяц.

Технология УФ-обеззараживания воды

В 2002–2003 гг. на комплексе водоочистных сооружений была внедрена технология УФ-обеззараживания воды. Весь объем воды, производимой на комплексе водоочистных сооружений, проходит стадию обеззараживания УФ-облучением, что создает надежный барьер в отношении бактериального и вирусного загрязнения питьевой воды.

Выполнена модернизация установок, в рамках которой произведена замена ламп типа ДБ 75–2 (288 штук) на более мощные лампы типа

ДБ 300Н (80 штук) и шкафов управления. Модернизация действующего УФ оборудования позволила проводить автоматическое регулирование мощности ламп, снизить потребление электроэнергии, сократить эксплуатационные затраты, в т.ч. затраты на приобретение новых и утилизацию отработанных ламп.

Доля расхода эл/энергии на УФО от общего расхода на ВООС до модернизации составляла 11 %, после модернизации – 4%.

Кроме того, высокое качество осветленной воды после первой ступени позволяет снижать интенсивность УФ-облучения в период слабого бактериального и вирусного загрязнения водоисточника, а также варьировать количество работающих установок в зависимости от подачи воды на станцию водоподготовки и качества исходной воды. Это позволяет уменьшить затраты на электроэнергию до 7 % от общего расхода и сэкономить до 500 тыс. рублей в месяц.

Особенностью технологической схемы на ВОС-3 является расположение УФ-установок между ступенями водоочистки (рециркуляторами

и скорыми фильтрами). Это позволяет обеспечить требуемое санитарное состояние песчаной загрузки и дает возможность использования различных реагентов и дезинфицирующих средств нового поколения в процессе водоподготовки.

В процессе подготовки питьевой воды на КВОС используются следующие химические реагенты:

1. Коагулянт – алюминий сернокислый 7,6 %.
2. Сорбент – уголь активный древесный порошкообразный СПДК-2.
3. Композиционный флокулянт «УНИКО-Ф-ОХА-12».
4. Гипохлорит натрия марки «А» (в летний период).
5. Аммиак водный технический марки «А» (в летний период).

Дозы реагентов определяются в зависимости от сезонов года и качества воды водоисточника.

В 2016 г. в процессе водоподготовки на водоочистных станциях МУП «Водоканал» стал применяться новый реагент – композиционный флокулянт УНИКО-Ф-ОХА-12. Основными действующими веществами данного реагента являются ПГМГ-ГХ (до 12,5 %) и оксид алюминия (не более 4 %). Композиционный флокулянт УНИКО-Ф-ОХА-12 обладает высокой флокулятивной способностью и антимикробной активностью по отношению к санитарно-показательным и условно-патогенным микроорганизмам и вирусам, обеспечивая при этом пролонгирующий эффект.

Для достижения наилучших результатов по качеству очистки и обеззараживания воды на водоочистной станции используется дробное введение УНИКО-Ф-ОХА-12: основное количество вводится в речную воду перед контактными камерами, где реагент выполняет функцию дезинфицирующего средства, а добавочная доза – перед осветлителями-рециркуляторами, где

средство заменило используемый ранее анионный флокулянт.

Использование реагентов нового поколения позволяет минимизировать применение хлорсодержащих реагентов для обеззараживания воды на водоочистной станции (в настоящее время хлорсодержащие средства применяются на КВОС 3–4 месяца в году, в летний период). В результате снижается вероятность образования в процессе обеззараживания воды токсичных хлорорганических соединений, в том числе хлороформа, что способствует уменьшению риска возникновения канцерогенных эффектов при употреблении питьевой воды из поверхностных водоисточников.

Кроме того, переход на бесхлорную технологию водоподготовки позволил отказаться от эксплуатации химически опасных производственных объектов: базисный склад хлора, рассчитанный на хранение 120 т жидкого хлора и расходный склад хлора, производительностью 15 т хлора, расположенный на территории комплекса водоочистных сооружений в черте города. Таким образом, исключаются риски, связанные с возможностью аварий техногенного и террористического характера.

Использование реагентов нового поколения позволяет достигать требуемого качества воды как по химическим, так и по микробиологическим показателям при одновременном упрощении и удешевлении реагентной схемы.

Сравнительный анализ затрат на обработку воды по традиционной схеме с использованием хлора или хлорсодержащих реагентов (гипохлорит натрия) с инновационной схемой подтверждает, что по затратам используемая в настоящее время реагентная схема обработки воды на КВОС является экономически предпочтительной. Экономия по сравнению с использованием гипохлорита составляет 10 %, хлора жидкого – 27 %. Экономический

эффект складывается из сокращения затрат на приобретение реагентов, обслуживание дозирующего оборудования. Кроме того, отпадает необходимость в содержании хлорного хозяйства.

Фильтрация на скорых фильтрах

Завершающей стадией процесса подготовки питьевой воды является стадия фильтрации на скорых фильтрах. Конструкция скорых фильтров также имеет ряд технических особенностей и преимуществ, а именно:

- распределительная система большого сопротивления из перфорированных полиэтиленовых труб;
- водовоздушная промывка, позволяющая проводить эффективную промывку загрузки с экономией расхода воды;
- загрузка, состоящая из гранитной крошки с поддерживающими гравийными слоями, позволяющая увеличить фильтроцикл до 48 часов при скорости фильтрации 5–6 м/ч.

Описанные технические решения обеспечивают равномерное распределение промывной воды по площади фильтровальных сооружений, что предотвращает смещение гравийных слоев. За 16 лет эксплуатации загрузка фильтров не изменила своих свойств и соответствует всем требованиям, предъявляемым к фильтрующим материалам по механической и химической прочности и гранулометрическому составу. Содержание остаточных загрязнений не превышает 1 %. Лабораторные исследования загрузки проводятся ежегодно.

Использование водовоздушной промывки фильтров позволяет уменьшить расход промывной воды на 35 % по сравнению с водной, тем самым сократить затраты на приготовление воды и работу оборудования. Кроме того, отсутствие необходимости при-

обретения загрузки позволило предприятию сэкономить до 10 млн руб.

Промывные воды скорых фильтров возвращаются в «голову» сооружений на 1-ю ступень водоочистки в рециркуляторы-осветлители, что не только не снижает эффективность работы сооружений первой ступени очистки в основном технологическом процессе, но и способствует улучшению протекания процессов коагуляции. Одновременно исключается негативное воздействие на водоисточник.

Улучшение качества питьевой воды, повышение энергоэффективности производства за счет использования наилучших доступных, эффективных, безопасных и преимущественно отечественных технологий, является приоритетным направлением для дальнейшего развития предприятия.

В настоящее время прорабатывается вопрос внедрения технологии мембранной очистки воды с использованием технологии ультрафильтрации. В 2016 г. на базе ВОС-3 были проведены пилотные испытания по технологии доочистки воды с помощью безнапорных ультрафильтрационных мембран, которые показали положительные результаты в плане улучшения качества воды по ряду показателей (включая содержание остаточного алюминия и перманганатной окисляемости).

Наша практика подтверждает, что и в современных экономических условиях у предприятий ВКХ небольших городов есть возможность использования современных, эффективных технологий для совершенствования системы водоснабжения, не допуская значительного роста тарифа, сохранив тем самым доступность данной услуги для всех групп населения и предприятий. Тариф на 1 м³ питьевой воды в г. Череповце составляет 17,33 руб. (с НДС) и остается одним из самых низких среди регионов Российской Федерации.