

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОПОДГОТОВКИ НА КОМПЛЕКСЕ ВОДООЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ МУП «ВОДОКАНАЛ» Г. ЧЕРЕПОВЦА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЕЗЗАРАЖИВАЮЩИХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ ПОЛИГЕКСАМЕТИЛЕНГУАНИДИН ГИДРОХЛОРИДА (ПГМГ-ГХ)

INNOVATIVE WATER TREATMENT TECHNOLOGIES AT WATER TREATMENT FACILITIES OF MUE «VODOKANAL» OF CHEREPOVETS CITY WITH USE OF DISINFECTING AGENTS BASED ON POLYHEXAMETHYLENE GUANIDINE HYDROCHLORIDE (PHMG-HC)

Инновационные технологии очистки и обеззараживания воды централизованного водоснабжения, внедренные в 2010 г. на комплексе водоочистных сооружений г. Череповца (Вологодская обл.), включают бесхлорное обеззараживание воды с использованием средств на основе полигексаметиленгуанидин гидрохлорида («Дезавид-концентрат» и его аналоги) в сочетании с ультрафиолетовым облучением, а также сорбционную обработку воды и микрофильтрацию. Внедрение новых технологий позволило улучшить качество питьевой воды по показателям цветности, мутности, перманганатной окисляемости, исключить образование хлороформа, снизить содержание в воде алюминия и железа. Описана эффективность, безопасность и экономичность внедрения инновационных технологий.

The innovative technologies of water purification and disinfection in centralized water supply systems introduced in 2010 at the water treatment facilities of Cherepovets City (Vologda Region) include chlorine-free water disinfection with use of the agents based on Polyhexamethylene Guanidine Hydrochloride (DEZAVID Concentrate and so on) in combination with UV disinfectors as well as sorptive water treatment and microfiltering. Introduction of the new technologies provided for the improved quality of drinking water in terms of such parameters as colority, turbidity, permanganate oxidizability, prevented chloroform formation, decreased the content of aluminum and iron in water. The efficacy, safety and cost-efficiency of introducing the innovative technologies are described.

Ключевые слова: полигексаметиленгуанидин гидрохлорид, питьевая вода, бесхлорная технология обеззараживания воды

Key words: Polyhexamethylene Guanidine Hydrochloride, drinking water, chlorine-free water disinfection technology

И.И. Воинцева,* доктор химических наук, ведущий научный сотрудник, ООО «ЭВИМА-М»

С.Н. Ильин, директор, МУП «Водоканал» г. Череповца

Л.А. Конкина, начальник центра исследования воды, МУП «Водоканал» г. Череповца

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

I.I. Vointseva, S.N. Ilyin, L.A. Konkina, N.M. Makarova

* Адрес для корреспонденции: voin-irina@yandex.ru

Посвящается памяти П.А. Гембицкого

Введение

Основные требования, предъявляемые к качеству питьевой воды, сформулированные в середине XX века, состоят в следующем: питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом отношении, безвредна по химическому составу и обладать благоприятными органолептическими свойствами. Безусловно, наибольшее влияние на качество питьевой воды и здоровье людей оказывают микробиологические загрязнения, и с позиции профилактики эпидемических ситуаций самой главной стадией подготовки питьевой воды является ее обеззараживание. Однако в последние 50-60 лет отмечается значительное ухудшение качества воды по химическому составу, т.к. возрастает количество различных химических веществ, попадающих в поверхностные источники воды со сточными водами промышленных предприятий, населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий, ферм. В связи с этим особую актуальность приобретает задача обеспечения не только эпидемической безопасности, но и химической безвредности питьевой воды [1].

Вредные химические факторы реагентов-окислителей для обеззараживания воды

Хорошо известно, что наиболее изученный, эффективный и экономичный метод обеззараживания воды — хлорирование; этот метод обеспечивает стойкий и длительный эффект. Другие традиционные методы обеззараживания воды (озонирование, ультрафиолетовое облучение (**УФО**) не обладают необходимым временем последствия и эффективны лишь как элемент комплексной дезинфекции воды с обязательным использованием хлора или хлорсодержащего препарата на последней стадии обеззараживания [2].

Главная опасность применения хлора заключается в том, что, обеззараживая воду, реагент делает ее более вредной по химическому составу, так как окисляет и хлорирует растворенные в природной воде органические примеси (гуминовые и таниновые кислоты, белковые вещества, пестициды, нефтепродукты, поверхностно-активные вещества, красители, продукты метаболизма фито- и зоопланктона, соли тяжелых металлов и др.).

При высоких дозах хлора в обеззараженной воде образуется большое количество летучих хлорорганических соединений, в основном, тригалогидметанов (хлороформ, бромдихлорметан, дибромхлорметан и др.), причем концентрация образующегося хлороформа, как правило, во много раз превышает содержание других соединений.

При низких дозах хлора окислительного потенциала реагента обычно не хватает, и образуются, преимущественно, нелетучие хлорорганические соединения, которые не удаляются из воды на последующих стадиях водоподготовки и могут инициировать образование в воде новых форм неизвестных патогенных штаммов микроорганизмов,

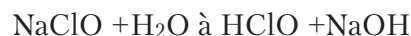
действие которых на организм человека предвидеть невозможно.

Применение хлора, изначально направленное на обеспечение эпидемической безопасности воды, может приводить к формированию неинфекционной заболеваемости населения, т.к. многие из образующихся соединений обладают канцерогенными свойствами, мутагенной активностью, эмбриотоксическим, гонадотоксическим действием, понижают иммунитет, вызывают аллергические реакции, могут вызывать бесплодие, нарушение обмена веществ и деятельности эндокринной системы, инициировать наследственные изменения, вплоть до врожденных уродств [2, 3].

По своим физическим свойствам хлор — это газ с резким удушающим запахом, раздражающим действием на кожу и дыхательные пути. Хранение запасов хлора в черте города, его транспортировка и применение представляет серьезную экологическую опасность и требует проведения на водоочистной станции комплекса организационно-технических мероприятий, направленных на повышение промышленной безопасности, защиту населения и территорий от последствий возникновения возможных аварий. Объекты водопроводно-канализационного хозяйства, на которых осуществляется использование хлора, относятся к опасным производственным объектам. На данные объекты требуется разработка декларации промышленной безопасности; они должны быть укомплектованы оборудованием, внесенным в специальный реестр, что влечет за собой большие финансовые затраты.

Традиционной альтернативой хлору считаются хлорсодержащие соединения, в первую очередь гипохлорит натрия и диоксид хлора, озон.

Гипохлорит натрия представляет собой твердое вещество и поставляется на объект в виде водного раствора или может быть получен на месте электролизом из раствора поваренной соли. Бактерицидное действие реагенту придает хлорноватистая кислота, образующаяся при его растворении в воде и распадающаяся с выделением хлора:



Гипохлорит натрия нестабилен: за счет гидролиза соли и разложения образующейся хлорноватистой кислоты он может потерять до 30 % активного хлора за 40 сут. хранения. Получение гипохлорита натрия на месте его применения требует серьезных дополнительных мер безопасности, т.к. процесс электролиза сопровождается образованием взрывоопасной смеси водорода, кислорода и хлора [4]. При обеззараживании воды гипохлоритом не исключено образование хлорорганических соединений, а использование для их устранения предварительной аммонизации приводит

к образованию в воде хлораминов, негативно влияющих на систему кроветворения человека.

Диоксид хлора — газ красно-желтого цвета с резким запахом, производится непосредственно на месте применения, малоустойчив. При растворении в воде образуются хлористая и хлорноватая кислоты; на свету хлористая кислота быстро разлагается с выделением хлора:



В воде образуются хлориты и хлораты — соединения, оказывающие негативное влияние на репродуктивную функцию, обладающие эмбриотоксическим действием, угнетающие образование гормонов щитовидной железы, повреждающие эритроциты, снижающие уровень гемоглобина в крови.

Под действием озона в обеззараживаемой воде образуются побочные продукты озонолиза (альдегиды, кетоны, органические кислоты, бромформ, броматы, пероксиды, бромуксусная кислота), многие из которых являются высокотоксичными соединениями, канцерогенами. Действие озона одновременно (полностью распадается за 6-10 мин).

Таким образом, хлор и другие реагенты-окислители — мало стабильные, неудобные в применении вещества, представляющие экологическую опасность и загрязняющие ее новыми химическими соединениями.

С введением в действие в 2007 г. новых гигиенических нормативов [5] были ужесточены требования к качеству питьевой воды по некоторым показателям, наиболее пагубно влияющим на здоровье человека; в частности, хлороформ и бромдихлорметан были отнесены к группе канцерогенов 1 класса опасности (чрезвычайно опасные) по санитарно-токсикологическому признаку вредности.

В связи с этим появилась необходимость поиска новых решений в процессе обеззараживания питьевой воды.

Передовые и наиболее перспективные инновационные технологии водоподготовки, имеющие целью улучшение качества воды по всем параметрам, а также повышение энергоэффективности производства, были внедрены на водоочистой станции №3 МУП «Водоканал» г. Череповца.

Характеристика природной воды поверхностного источника

Г. Череповец является крупным промышленным центром Северо-западного региона (Вологодская обл.). На территории города расположены такие крупные предприятия, как металлургический комбинат ПАО «Северсталь», группа химических заводов ОАО «ФОС-АГРО», в связи с чем антропогенная нагрузка на окружающую среду выше, чем в других населенных пунктах области.

Источником для обеспечения жителей Череповца питьевой водой является р. Шексна, по показателям качества относящаяся к маломутным, цветным водам, имеющим невысокий щелоч-

ной резерв. Средние значения показателей цветности 50-90 град. (мах 130 град.) обусловлены большим содержанием гуминовых соединений в воде; значения перманганатной окисляемости находятся в пределах от 9 до 17 мгО₂/дм³; средние показатели мутности — 3,5-7,9 мг/дм³ (в паводковые периоды поднимаются до 20 мг/дм³); рН — в пределах 7,60-7,95; общая минерализация не превышает 200 мг/дм³.

Характерной особенностью водоема является высокое содержание органических соединений, а в период с мая по сентябрь обильное цветение воды, что влечет за собой повышение содержания фито- и зоопланктона, затрудняющих процесс водоочистки и способствующих ухудшению органолептических показателей качества питьевой воды из-за появления специфического неприятного запаха. Из фитопланктона преобладают диатомовые, сине-зеленые и зеленые водоросли, общее количество которых насчитывает от 25 до 10 000 кл./см³. По числу бактерий группы кишечной палочки водоем относится к 3 классу по ГОСТ 2761-84 (колииндекс до 50 000 ед./дм³). В воде реки фиксируется наличие колифагов, являющихся индикаторами вирусного загрязнения водоисточника, причем в паводковые периоды (весна-осень) максимальное их число может достигать 250 ед./100 см³.

В настоящее время основной объем питьевой воды для нужд населения и промышленных предприятий Череповца производится на водоочистой станции №3 МУП «Водоканал» производительностью 110 000 м³/сут. Проектом была заложена работа станции по «неоклассической» двухступенчатой схеме с использованием осветлителей-рециркуляторов в качестве сооружений 1-ой ступени очистки и скорых фильтров — 2-ой ступени и традиционной реагентной схемы водоподготовки с применением жидкого хлора или хлорсодержащих реагентов, коагулянта и флокулянта. Очищенная по традиционной технологии вода по качественным показателям полностью соответствовала существовавшим в то время гигиеническим требованиям [6, 7]. Основную органолептическую, санитарно-химическую и токсикологическую нагрузку питьевой воды в Череповце определяло образование в получаемой питьевой воде хлороформа и остаточного алюминия, являющегося сильным нейротоксикантом.

Водоочистная станция была введена в эксплуатацию в 2000-2001 гг. За 15 лет, прошедших с момента ввода в эксплуатацию водоочистой станции, в традиционную технологическую схему водоподготовки был внесен ряд новых технических решений: УФО (2002-2003 гг.), система сорбционной обработки воды (2010 г.), бесхлорное обеззараживание воды с использованием дезинфицирующих средств нового поколения (2010 г.), микрофильтрация (2014 г.). Инновационные преобразования осуществлялись за счет использования наилучших доступных и приоритетно отечественных технологий.

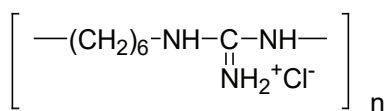
Инновационные технологии водоподготовки на водоочистных сооружениях г. Череповца

Первым шагом на пути к снижению негативного воздействия на здоровье человека токсичных хлорорганических соединений, образующихся в процессе хлорирования воды, было внедрение на предприятии в 2002-2003 гг. 8 установок УФО после 1-й ступени водоочистки. Данная технология дала возможность уменьшить расход жидкого хлора на 40 % и снизить содержание хлороформа в воде на 25 %, но не позволила полностью исключить хлорирование воды.

В 2010 г. на предприятии была произведена замена хлорирования воды на бесхлорную технологию с применением обеззараживающих средств нового поколения («Дезавид-концентрат» и его аналоги) на основе полигексаметиленгуанидин гидрохлорида (ПГМГ-ГХ) в сочетании с уже существующим методом УФО.

Многолетние исследования, проведенные учеными в специализированных организациях России и Украины, показали, что ПГМГ-ГХ и дезинфицирующие средства на его основе могут служить настоящей альтернативой реагентам-окислителям, т.к. сочетают широкий спектр биоцидного действия с относительно низкой токсичностью и удобной физической формой. Применение этих средств является простым, экономичным и эффективным способом обеззараживания воды, обеспечивающим одновременно эпидемиологическую безопасность и химическую безвредность воды [2, 3, 8-12].

По своей химической природе ПГМГ-ГХ представляет собой высокомолекулярное соединение со степенью полимеризации $n=30-90$. В каждом повторяющемся звене полимера содержится физиологически активная гуанидиновая группировка, несущая положительный заряд:



ПГМГ-ГХ не является окислителем; его биоцидное действие осуществляется за счет электростатического взаимодействия гуанидиновых группировок в цепи полимера с отрицательно заряженной поверхностью бактериальной клетки, которое приводит к разрушению клеточной мембраны и гибели клетки.

Следует отметить, что гуанидиновые соединения широко распространены в природе. К ним относятся входящая в состав белковых молекул аминокислота аргинин, фолиевая кислота, многочисленные белки и нуклеиновые кислоты. Различные производные гуанидина применяются в качестве лекарственных средств, антибиотиков и антисептиков (сульгин, исмелин, фарингосепт, стрептомицин, бластицидин, мильдомицин и др.); они также представлены среди специфических веществ, с помощью которых растения защищаются от атаки микроорганизмов (агматины, хордатины).

По физическим свойствам ПГМГ-ГХ — твердое вещество без цвета и запаха, хорошо растворимое в воде (до 50 %); стабильное в воде и на воздухе (до 120 °С); на протяжении многих лет (более 30) может храниться без потери свойств; стабилизиру-

ет материалы в отношении био- и окислительной деструкции; по степени воздействия на организм человека по ГОСТ 12.1.007-76 относится к 3 классу умеренно опасных веществ (внутрижелудочно) и 4 классу малоопасных веществ (накожно).

Химическая безвредность и экологическая безопасность использования ПГМГ-ГХ в процессах водоподготовки обусловлена его химическими свойствами:

- при растворении в воде не изменяет своего химического состава, не образует новых химических веществ; растворы стабильны на протяжении более 2 лет;
- не окисляет органические и минеральные примеси природной воды, а образует с ними малорастворимые комплексные соединения, легко удаляемые в процессе седиментации;
- являясь катионным полиэлектролитом, аккумулируется механическими примесями воды, большинство из которых имеет анионную природу, и вместе с ними оседает на дно;
- являясь биоцидным флокулянт, исключает необходимость использования дополнительных флокулянтов иной химической природы;
- являясь ингибитором коррозии, исключает порчу стальных труб и оборудования и появление в питьевой воде железа;
- обладает алгицидными свойствами и пролонгированным биоцидным действием: защищает воду от вторичного микробного обсеменения, а трубопроводы от биообрастания на всей протяженности водопроводной сети;
- не вызывает развитие у микроорганизмов устойчивости к дезинфектанту (резистентности);
- не инициирует мутагенез; обладает ярко выраженным антимутагенным действием относительно сильных индукторов мутагенеза, которые могут присутствовать в природной воде;
- подвергается биохимическому окислению под воздействием бактерий «активного ила» на дне водоемов; конечными продуктами разложения полимера являются аммиак, углекислый газ, молекулярный азот и закись азота.

В табл. 1 показаны преимущества ПГМГ-ГХ по сравнению с традиционными реагентами, используемыми для обеззараживания воды.

Разработанные в последние годы обеззараживающие средства нового поколения «Дезавид-концентрат» и его аналоги представляют собой водные растворы, в которых ПГМГ-ГХ является основным действующим веществом.

Средства не имеют цвета и запаха; стабильны; не представляют экологической опасности в процессе хранения и применения; не вызывают коррозию оборудования и аллергию у людей; не требуют специальных мероприятий при хранении, приготовлении и дозировании. По степени воздействия на организм по ГОСТ 12.1.007-76 средства относятся к 4 классу малоопасных веществ при любом пути поступления в организм.

Средства на основе ПГМГ-ГХ обладают бактерицидным и вирулицидным действием в отношении санитарно-показательных и условно-патогенных микроорганизмов (общее микробное число (**ОМЧ**), общие колиформные бактерии (**ОКБ**), термотолерантные коиформные бактерии (**ТКБ**), *E.coli*, стафилококки, сальмонеллы, синегнойная палочка, сульфитредуцирующие клостридии, колифаги), не вызывают реактивацию бактерий в воде даже при 37 °С, обладают не только бактериостатическим, но и остаточным бактерицидным действием, а также алгицидной активностью и флокулирующей способностью [13,14]. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) «Дезавид-концентрат» и его аналоги зарегистрированы в качестве дезинфицирующих средств для обеззараживания воды в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения [15-17].

Схема узла для приготовления и дозирования рабочего раствора средств на основе ПГМГ-ГХ очень проста и малозатратна [18, 19]. Для этого используются кубовые емкости из полиэтилена и насосы-дозаторы для каждой точки дозирования. Одним из условий эффективной работы средства является соблюдение времени контакта с реагентами — не менее 3-5 ч, что позволяет обеспечить существующая на станции двухступенчатая технологическая схема очистки воды с использованием осветлителей-рециркуляторов. Кроме того, необходимо выдерживание строгих норм по качеству воды после 1-й ступени очистки: цветность — не более 15 градусов, мутность — не более 1,5 мг/дм³.

Количество точек ввода средства выбирают в зависимости от сезона года и бактериального состояния источника воды. При введении средства в трубопровод речной воды перед осветлителями-

рециркуляторами оно выполняет свою основную функцию по обеззараживанию воды, а также улучшает процесс коагуляции; введение дополнительных флокулянтов не требуется, что упрощает реагентную технологию очистки воды.

Введение средства перед скорыми фильтрами позволяет обеспечить санитарное состояние песчаной загрузки, что особенно актуально при повышении температуры воды и увеличении содержания фитопланктона.

Введение средства в резервуар чистой воды перед подачей в разводящую сеть позволяет гарантировать качество воды по микробиологическим показателям при транспортировке по городской трубопроводной системе протяженностью около 500 км.

Диапазон рабочих доз средства варьируется в пределах 0,06-0,18 мг/дм³ (по ПГМГ-ГХ). При этом остаточное содержание ПГМГ-ГХ в питьевой воде на выходе в разводящую сеть города не превышает установленного значения ПДК (0,1 мг/дм³).

Основным результатом пятилетней практики применения бесхлорной технологии обеззараживания воды является отсутствие в питьевой воде хлороформа, а также уменьшение содержания железа и алюминия (*табл. 2*).

В Череповце наиболее проблемным с точки зрения коррозии трубопроводов является Зашекснинский район, куда подача воды осуществляется по существующим водоводам диаметром 800-1000 мм и протяженностью 7-8 км. Потребляемый объем воды в этом районе не превышает 15000 м³/сут, что приводит к застою воды в трубопроводах и, как следствие, накоплению продуктов биообращения и ржавчины, появлению привкуса и запаха. Через 2-3 года после перехода на бесхлорную технологию обеззараживания воды содержание железа в питьевой воде снизилось (*рис. 1*), т.к. под воздействием реагента трубопроводы очистились от многолетних отложений и ржавчины; одновременно улучшились органолептические свойства воды.

С 2010 г. на водоочистой станции №3 МУП «Водоканал» успешно эксплуатируется также система сорбционной обработки воды с использованием порошкообразных активных углей. В качестве сорбента применяется порошкообразный сорбент марки СПДК-27Д в виде 1 %-ной угольной пульпы, которую в дозе 1-5 мг/дм³ вводят в трубопровод подачи речной воды перед осветлителями-рециркуляторами. Сорбент способствует улучшению качества воды по химическому составу: эффективно поглощает карбонильные соединения и карбоновые кислоты, алифатические спирты, углеводороды нефти и нефтепродуктов, другие органические соединения, металлы. При этом достигается снижение мутности на 20 %, перманганатной окисляемости — на 30 %, содержание остаточного алюминия в готовом фильтрате — на 40-50 %; в период «цветения» воды удаляется запах и привкус.

Статистика наблюдений за последние 5-6 лет свидетельствует о значительном (в 3-4 раза) увеличении количества водорослей в р. Шексне. Водоросли негативно влияют как на ведение тех-

Таблица 1

Сравнение свойств реагентов для обеззараживания воды [3]

Свойства реагента	Название реагента			
	Хлор	Озон	УФ	ПГМГ-ГХ
Обеззараживание	+	+	+	+
Обеззараживающее последствие	+/-	-	-	+
Стабильность при хранении	-	-	-	+
Предотвращение роста водорослей и биообращения в системах водораспределения	+	-	-	+
Коррозионная активность	+	+		-
Флокулирующие свойства	-	-	-	+
Очистка от солей тяжелых металлов	-	-	-	+
Опасность при транспортировке и хранении	+			-
Образование в воде химических соединений, обладающих мутагенным, канцерогенным, эмбрионотоксическим, гонадотоксическим действием	+	+	-	-

Таблица 2

Среднестатистические данные анализа воды в водопроводной сети Череповца за 2006 и 2014 гг

Наименование показателя	Исходная вода	Традиционная технология* (2006 г.)	Инновационная технология** (2014 г.)	ПДК по СанПиН 2.1.4.1074-01, ГН 2.1.5.1315.03, ГН 2.1.5.2280-07
Цветность, град.	50-90	12	10	20
Мутность, мг/дм ³	3,0-5,5	0,43	0,04	1,5
Перманганатная окисляемость, мгО ₂ /дм ³	9-17	4,5-5,0	3,0- 3,5	5,0
Хлороформ, мг/дм ³	-	0,06-0,16	<0,001***	0,06
Остаточный алюминий, мг/дм ³	-	0,2-0,3	0,04-0,08	0,2
Железо по разводящей сети, мг/дм ³	-	0,2-0,3	0,05-0,09	0,3
Колифаги, ед./100см ³	20-90	отсутствие в 100 см ³	отсутствие в 100 см ³	отсутствие в 100 см ³
ОКБ, ед./100см ³	70-90	отсутствие в 100 см ³	отсутствие в 100 см ³	отсутствие в 100 см ³
ТКБ, ед./100см ³	50-70	отсутствие в 100 см ³	отсутствие в 100 см ³	отсутствие в 100 см ³

Примечание: * традиционная технология: хлор+аммиачная вода+коагулянт+флокулянт+УФО; **инновационная технология: коагулянт+ «Дефлор»+УФО (8-9месяцев в году, исключая летний период); ***чувствительность метода определения хлороформа — 0,001 мг/дм³.

нологического процесса водоподготовки, так и на качество питьевой воды (придают неприятный запах).

С целью задержания водорослей в июне 2014 г. на водоочистной станции №3 была введена в эксплуатацию 1-я установка микрофильтрации (дисковый микрофильтр) Dyna Disc производства компании «Nordic Water Products AB» (Швеция). Фильтруясь через мембраны с диаметром пор 10 мкм, речная вода освобождается от большей части содержащихся в ней водорослей. За период эксплуатации дискового микрофильтра эффективность задержания общего количества водорослей достигла 70 %, причем наибольший эффект очист-

ки наблюдается по диатомовым и сине-зеленым водорослям. Извлечение фитопланктона до стадии реагентной обработки воды приводит к снижению необходимой дозы добавляемых в воду дезинфектантов.

Применение всего комплекса инновационных технологий водоподготовки на водоочистной станции №3, включающего бесхлорное обеззараживание воды (в сочетании с УФО), сорбционную обработку воды порошкообразными активированными углями и микрофильтрацию, позволило улучшить качество питьевой воды по показателям цветности, мутности, перманганатной окисляемости, исключить образование хлороформа, снизить содержание алюминия и железа. В настоящее время на выходе с очистной станции и по разводящей сети города получается качественная и безопасная по микробиологическим и химическим показателям питьевая вода, полностью удовлетворяющая требованиям действующих нормативов (табл. 2).

Применение инновационных технологий водоочистки, а также использование новейших методов контроля качества питьевой воды (включая ПЦР-диагностику) позволило повысить эпидемиологическую безопасность воды и эпидемиологическое благополучие населения, исключить возможность возникновения массовых кишечных вирусных заболеваний, снизить канцерогенные риски, повысить экологическую безопасность работников предприятия и населения г. Череповца.

По данным Роспотребнадзора риск возникновения канцерогенных эффектов в Череповце на порядок ниже средних значений по области, в том числе и в Вологде, где для обеззараживания воды используется гипохлорит натрия.

содержание железа в питьевой воде Зашекснинского района

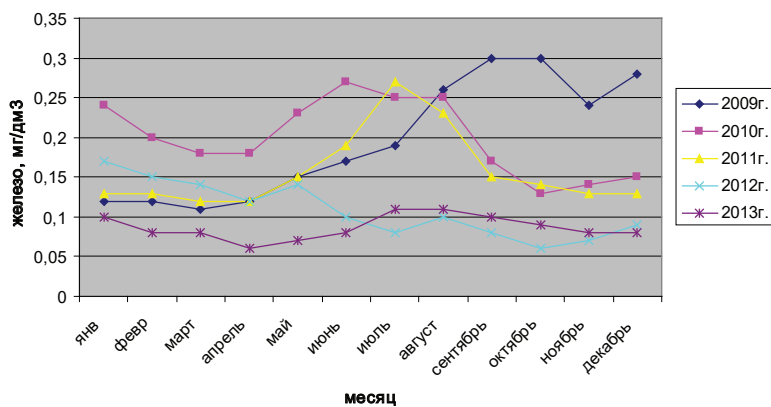


Рис. 1. Динамика изменения содержания железа в питьевой воде (по месяцам) после перехода на бесхлорную систему обеззараживания воды.

По информации с официального сайта Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Вологодской обл. (<http://35.rosпотребнадзор.ru>) в 2013 г. в г. Вологде, Междуреченском, Вологодском, Грязовецком, Сямженском и Великоустюгском районах были зафиксированы случаи заболевания, вызванные энтеровирусной инфекцией. Для данного заболевания характерна летне-осенняя сезонность; одним из путей передачи инфекции является использование некачественной питьевой воды. В Череповце случаев заболевания за этот период выявлено не было.

По результатам мониторинга химического и микробиологического загрязнения питьевой воды систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, проведенным Федеральной службой Роспотребнадзора по Вологодской области, питьевая вода в Череповце как по микробиологическим, так и по санитарно-химическим показателям занимает 2-е ранговое место среди населенных пунктов Вологодской обл., уступая лишь территориям с подземными источниками водоснабжения (К-Городецкий и Верховажский районы).

Инновационная технология обеззараживания воды является менее затратной по сравнению с традиционной схемой, благодаря чему тариф на 1 м³ питьевой воды, соответствующей требованиям СанПиН и ГН, в Череповце составляет 16,72 руб. (с НДС) и остается одним из самых низких среди регионов РФ. Экономия складывается из сокращения затрат на приобретение реагентов, обслуживание дозирующего оборудования и содержание хлорного хозяйства.

Заключение

Инновационные технологии водоподготовки, внедренные на комплексе водоочистных сооружений г. Череповца, включающие бесхлорное обеззараживание воды с использованием дезинфицирующих средств на основе ПГМГ-ГХ (в

сочетании с УФО), систему сорбционной обработки воды и микрофильтрацию, обеспечивают не только эффективное обеззараживание питьевой воды, но и улучшают ее по химическому составу. Отказ от использования хлора и хлорсодержащих реагентов позволил улучшить качество воды по параметрам цветности, мутности и окисляемости, исключить образование хлороформа и коррозию стального оборудования, уменьшить содержание в питьевой воде железа и алюминия, сделать экологически безопасной технологию водоподготовки. Использование водопроводной воды, очищенной по новой технологии, уменьшает риск распространения среди населения инфекционных и неинфекционных заболеваний. Сравнительный анализ затрат на обеззараживание воды по традиционной схеме (с использованием хлора или гипохлорита натрия) с инновационной схемой (с использованием средств на основе ПГМГ-ГХ) показывает, что экономический эффект от применения новых реагентов для очистки и обеззараживания воды составляет от 37% до 46% (экономия на 1 м³ обработанной воды). Внедрение инновационных технических решений в процессы водоподготовки вполне соответствует политике нашего государства в области обеспечения ядерной, радиационной, химической и биологической безопасности РФ. Выступая 30.10.2015г на заседании Совета Безопасности, президент РФ В.В. Путин сказал: «Надо активнее переходить на безопасные, экологичные технологии в промышленности, жилищно-коммунальном хозяйстве, внедрять жесткие современные стандарты, чтобы стимулировать использование технологий, которые снижают, а ещё лучше — полностью исключают риски. Например, уже сейчас есть возможность обходиться без хлора и других потенциально опасных веществ в системе жилищно-коммунального хозяйства». Технология очистки и обеззараживания воды с использованием реагентов на основе ПГМГ-ГХ позволяет полностью исключить указанные риски.

Литература

1. Линеви́ч С.Н. Современные и перспективные методы и технологии кондиционирования природных вод в водоснабжении / С.Н. Линеви́ч, С.В. Гетманцев. М.: ООО «ГК ИТЛ», 2013. 324 с.
2. Стрикаленко Т.В. К анализу проблемы внедрения новых технологий обеззараживания воды // Водопостачання та водовідведення. 2009. №1. С. 35-42.
3. Сердюк А.М. Новые технологии водоподготовки с позиций концепции ВОЗ «Управления рисками» / А.М. Сердюк, В.Ф. Мариевский // Вода і водоочисні технології. 2006. №3 (19). С. 23-29.
4. Кожевников А.Б. Недостатки гипохлорита фатально неисправимы / А.Б. Кожевников, О.В. Петросян, А.А. Баранов // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2010. №1. С. 62-67.
5. ГН 2.1.5.2280-07 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объ-

References

1. Linevich S.N., Getmantsev S.V. *Sovremennye i perspektivnye metody i tekhnologii konditsionirovaniia prirodnykh vod v vodosnabzhenii* [Modern and advanced methods and technologies of nature water conditioning in water supply]. Moscow, GK ITL Publ., 2013. 324 p.
2. Strikalenko T.V. K analizu problemy vnedreniia novykh tekhnologii obezzarazhivaniia vody [About analysis of the problem of introducing new water disinfection technologies]. *Vodopostachannia ta vodovidvedennia — Water supply and sanitation*, 2009, no. 1, pp. 35-42.
3. Serdiuk A.M., Marievskii V.F. *Novye tekhnologii vodorodgotovki s pozitsii kontseptsii VOZ «Upravleniia riskami»* [New water conditioning technologies in terms of WHO concept «Risk management»]. *Voda i vodoochisni tekhnologii — Water and water treatment technologies*, 2006, no. 3, vol. 19, pp. 23-29.

- ектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Дополнения и изменения 1 к гигиеническим нормативам ГН 2.1.5.1315-03» М.: Изд-во Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008. 11с.
6. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». М.: Изд-во Минздрав России, 2002. 62с.
7. ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». М.: Изд-во Минздрав России, 2003. 152с.
8. Нижник Т.Ю. К анализу результатов применения реагента неокислительного действия «АКВАТОН» на предприятиях водоподготовки / Т.Ю. Нижник, Ю.В. Нижник, Т.В. Стрикаленко, А.И. Баранова, В.Ф. Мариевский, В.Ю. Цидик, А.В. Чепурной // «Водопостачання та водовідведення». 2009. №3. С. 41-46.
9. Воинцева И.И. Полигексаметиленгуанидин гидрохлорид для очистки и обеззараживания воды как альтернатива реагентам-окислителям // Вода: химия и экология. 2011. №7. Ч. 1. С. 39-45
10. Воинцева И.И. Полигексаметиленгуанидин гидрохлорид для очистки и обеззараживания воды как альтернатива реагентам-окислителям // Вода: химия и экология. 2011. №8. Ч. 2. С. 28-35.
11. Воинцева И.И. ПГМГ-ГХ — реагент комплексного неокислительного действия для очистки и обеззараживания воды // В сб. докл. 6-ой конф. «Современные технологии в системах водоснабжения и водоотведения. Изменения в Федеральном законодательстве». Вологда. 2015. С. 30-34
12. Воинцева И.И. Полигуанидины — дезинфекционные средства и полифункциональные добавки в композиционные материалы / И.И. Воинцева, П.А. Гембицкий. М.: ЛКМ-пресс. 2009. 303 с.
13. Экспертное заключение по результатам дезинфектологической экспертизы дезинфицирующего средства «Дезавид-концентрат» производства ООО «Компания «НПХ» (Россия) по технологии фирмы ООО «Адекватные технологии» (Россия) №11-5/455 от 06.07.2010 г.
14. Тульская Е.А. Токсичность и эффективность «Дезавида» и его аналогов по сравнению с другими методами обеззараживания воды / Е.А. Тульская, З.И. Жолдакова, О.О. Сеницына, Р.А. Мамонов // Водоснабжение и канализация. 2013. №5-6. С. 44-50.
15. Таможенный союз. Свидетельство о государственной регистрации продукции RU 77.99.01.002.Е.000030.07.10. Средство дезинфицирующее «ДЕЗАВИД концентрат». Получатель: М.; ООО «Адекватные технологии», изготовитель: М.; ООО «КОМПАНИЯ «НПХ». Дата начала 27.07.2010 г.
16. Таможенный союз. Свидетельство о государственной регистрации продукции RU 77.99.88.002.Е. 003112.04.13. Средство дезинфицирующее «ДеФлок». Получатель/изготовитель: М.; ООО «ДеФлок». Дата начала 19.04.2013 г.
17. Таможенный союз. Свидетельство о государственной регистрации продукции RU 77.99.88.002.Е.007468.03.11. Средство дезинфицирующее «Препарат антимикробный «БИОПАГ» (жид-
4. Kozhevnikov A.B., Petrosian O.V., Baranov A.A. Nedostatki gipokhlorita fatal'no neispravimy [Lack of hypochlorite is fatally incorrigible]. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie — Water treatment. Water conditioning. Water supply*, 2010, no. 1, pp. 62-67.
5. GN 2.1.5.2280-07 «Predel'no dopustimye kontsentratsii (PDK) khimicheskikh veshchestv v vode vodnykh ob'ektov khoziaistvenno-pit'evogo i kul'turno-bytovogo vodopol'zovaniia. Dopolneniia i izmeneniia 1 k gigienicheskim normativam GN 2.1.5.1315-03» [Hygienic standard HS 2.1.5.2280-07 «Maximum permissible concentration (MPC) of chemicals in water bodies of drinking and cultural and community water use. Additions and amendments 1 to hygienic standards HS 2.1.5.1315-03»]. Moscow, Federal Center of Hygiene and Epidemiology Publ., 2008, 11p.
6. SanPiN 2.1.4.1074-01 «Pit'evaia voda. Gigienicheskie trebovaniia k kachestvu vody tsentralizovannykh sistem pit'evogo vodosnabzheniia. Kontrol' kachstva» [Sanitary Rules and Regulations 2.1.4.1074-01 «Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control»]. Moscow, Ministry of Health of the Russian Federation Publ., 2002, 62 p.
7. GN 2.1.5.1315-03 «Predel'no dopustimye kontsentratsii (PDK) khimicheskikh veshchestv v vode vodnykh ob'ektov khoziaistvenno-pit'evogo i kul'turno-bytovogo vodopol'zovaniia» [Hygienic standard HS 2.1.5.1315-03 «Maximum permissible concentration (MPC) of chemicals in water bodies of drinking and cultural and community water uses»]. Moscow, Ministry of Health of the Russian Federation Publ., 2003, 152 p.
8. Nizhnik T.Iu., Nizhnik Iu.V., Strikalenko T.V., Baranova A.I., Marievskii V.F., Tsidik V.Iu., Chepurnoi A.V. K analizu rezul'tatov primeneniia reagenta neokislitel'nogo deistviia «AKVATON» na predpriatiiakh vodopodgotovki [About analysis of the results of applying the reagent of non-oxidative action «AKVATON» on the water treatment plants]. *Vodopostachannia ta vodovidvedennia — Water supply and sanitation*, 2009, no. 3, pp. 41-46.
9. Vointseva I.I. Poligeksametilenguanidin gidrokhlorid dlia ochistki i obezrazhivaniia vody kak al'ternativa reagentam- okisliteliam. Ch. 1 [Polyhexamethylene guanidine hydrochloride for water purification and disinfection as an alternative for reagents-oxidants. Part 1]. *Voda: khimiia i ekologiia — Water: chemistry and ecology*, 2011, no. 7, pp. 39-45
10. Vointseva I.I. Poligeksametilenguanidin gidrokhlorid dlia ochistki i obezrazhivaniia vody kak al'ternativa reagentam- okisliteliam. Ch. 2 [Polyhexamethylene guanidine hydrochloride for water purification and disinfection as an alternative for reagents-oxidants. Part 2]. *Voda: khimiia i ekologiia — Water: chemistry and ecology*, 2011, no. 8, pp. 28-35.
11. Vointseva I.I. PGMG-GKh — reagent kompleksnogo neokislitel'nogo deistviia dlia ochistki i obezrazhivaniia vody [PGMG-GC — reagent of complex non-oxidative action for treatment and disinfection of water]. *Sb. dokl. 6-oi konf. «Sovremennye tekhnologii v sistemakh vodosnabzheniia i vodootvedeniia. Izmeneniia v Federal'nom zakonodatel'stve» — Proceedings of the 6th conference «Modern technologies in water and wastewater systems. Changes in federal legislation»*. Vologda, 2015, pp. 30-34
12. Vointseva I.I., Gembitskii P.A. Poliguanidiny — dezinfektsionnye sredstva i polifunksional'nye dobavki v kompozitsionnye materialy [Polyguanidines — disinfectants and

кая форма). Получатель/изготовитель: М.; ООО «Международный институт эколого-технологических проблем». Дата начала 25.03.2011 г.

18. Ильин С.Н. Использование инновационных технологий в области водоподготовки на комплексе водочистных сооружений МУП «Водоканал» г. Череповец / Ильин С.Н. В сб. докл. 6-ой конф. «Современные технологии в системах водоснабжения и водоотведения. Изменения в Федеральном законодательстве» Вологда. 2015. С. 13.

19. Ильин С.Н. Использование инновационных технологий в области водоподготовки на комплексе водочистных сооружений МУП «Водоканал» г. Череповец / С.Н. Ильин, Л.А. Конкина, Н.М. Макарова // Инженерные системы. 2015. №3. С. 62-69.

multifunctional additives in composites]. Moscow, LKM-press Publ., 2009, 303 p.

13. *Ekspertnoe zakliuchenie po rezul'tatam dezinfektologicheskoi ekspertizy dezinfitsiruiushchego sredstva «Dezavid-kontsentrat» proizvodstva ООО «Kompaniia «NPKh» (Rossiia) po tekhnologii firmy ООО «Adekvatnye tekhnologii» (Rossiia) №11-5/455 ot 06.07.2010 g.* [Expert conclusion on the results of the disinfectology expertise of disinfectant «Dezavid-concentrate» produced by «Company» NPH «(Russia) using technology of the company «Appropriate technologies» (Russia), number 11-5 / 455 of 06.07.2010].

14. Tul'skaia E.A., Zholdakova Z.I., Sinitsyna O.O., Mamonov R.A. Toksichnost' i effektivnost' «Dezavida» i ego analogov po sravneniiu s drugimi metodami obezrazhivaniia vody [Toxicity and efficacy of «Dezavid» and its analogues in comparison with other methods of water disinfection]. *Vodosnabzhenie i kanalizatsiia — Water supply and sanitation*, 2013, no. 5-6, pp. 44-50.

15. *Tamozhennyi soiuz. Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registratsii produktsii RU 77.99.01.002.E.000030.07.10. Sredstvo dezinfitsiruiushchee «DEZAVID kontsentrat». Poluchatel': M.; ООО «Adekvatnye tekhnologii», izgotovitel': M.; ООО «KOMPANIa «NPKh». Data nachala 27.07.2010 g.* [Customs Union. Certificate of state registration of production RU 77.99.01.002.E.000030.07.10. Disinfectant «Dezavid concentrate.» Recipient: Moscow, «Appropriate Technologies» Ltd, manufacturer: Moscow, «Company» NPH «. Start Date 27.07.2010]

16. *Tamozhennyi soiuz. Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registratsii produktsii RU 77.99.88.002.E. 003112.04.13. Sredstvo dezinfitsiruiushchee «DeFlok». Poluchatel'/izgotovitel': M.; ООО «DeFlok». Data nachala 19.04.2013 g.* [Customs Union. Certificate of state registration of products RU 77.99.88.002.E. 003112.04.13. Disinfectant «DeFlok». Receiver / manufacturer: M.; «DeFlok» LLC. The start date of 04/19/2013]

17. *Tamozhennyi soiuz. Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registratsii produktsii RU 77.99.88.002.E.007468.03.11. Sredstvo dezinfitsiruiushchee «Preparat antimikrobnyi «BIOPAG» (zhidkaia forma). Poluchatel'/izgotovitel': M.; ООО «Mezhdunarodnyi institut ekologo-tekhnologicheskikh problem». Data nachala 25.03.2011 g.* [Customs Union. Certificate of state registration of products RU 77.99.88.002.E.007468.03.11. Disinfectant «antimicrobial drug» Biopag «(liquid form). Receiver / manufacturer: M.; LLC «International Institute for ecological and technological problems.» The start date of 25.03.2011]

18. Il'in S.N. Ispol'zovanie innovatsionnykh tekhnologii v oblasti vodopodgotovki na komplekse vodochistnykh sooruzhenii MUP «Vodokanal» g. Cherepovets [The use of innovative technologies in the field of water treatment in the complex water treatment plants Municipal Unitary Enterprise «Vodokanal» Cherepovets]. *Sb. dokl. 6-oi konf. «Sovremennye tekhnologii v sistemakh vodosnabzheniia i vodoootvedeniia. Izmeneniia v Federal'nom zakonodatel'stve» — Proceedings of the 6th conference «Modern technologies in water and wastewater systems. Changes in federal legislation»*, Vologda, 2015, pp. 13-11

19. Il'in S.N., Konkina L.A., Makarova N.M. Ispol'zovanie innovatsionnykh tekhnologii v oblasti vodopodgotovki na komplekse vodochistnykh sooruzhenii MUP «Vodokanal» g. Cherepovetsa [The use of innovative technologies in the field of water treatment in the complex water treatment plants Municipal Unitary Enterprise «Vodokanal» Cherepovets]. *Inzhenernye sistemy — Engineering systems*, 2015, no. 3, pp. 62-69.