

ДООЧИСТКА ХОЛОДНОЙ И ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ ДЛЯ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ И ЖИЛЫХ КОМПЛЕКСОВ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Рукобратский Н. И., Баруздин Р. Э.

TERTIARY TREATMENT OF COLD AND HOT WATER IN APARTMENT HOUSES AND CLUSTERS OF ST. PETERSBURG

Rukobratsky N. I., Baruzdin R. E.

Аннотация

Введение. Источник водоснабжения Санкт-Петербурга — река Нева, вода которой по физико-химическим свойствам нестабильна. Поэтому в распределительных сетях как холодного, так и горячего водоснабжения происходят коррозионные процессы, в результате протекания которых потребители не всегда обеспечиваются высококачественной водой, прежде всего по органолептическим показателям и содержанию железа. В настоящее время значительная доля рынка жилья приходится на дома повышенной комфортности, где имеет место малый водоразбор и значительные перерывы во времени потребления воды. Поэтому в момент начала потребления качество холодной и особенно горячей воды не удовлетворяет требованиям СанПиН 2.1.4.1074–02 по органолептическим показателям. **Методы.** Приводятся данные по стабилизационной обработке водопроводной воды фильтрованием через фракционированные природные материалы: кальцит, доломит и сорбент «МС». Приведены технологические схемы установок доочистки, возможный состав их оборудования и технические характеристики. Представлены результаты анализов проб горячей воды в распределительной домовой сети, выполненной из полипропиленовых труб с использованием части арматуры и соединительных элементов из углеродистой стали и при ее выполнении полностью из коррозионноустойчивых материалов. **Результаты.** Повышение качества холодной и горячей воды в многоквартирных домах возможно путем применения локальных установок доочистки холодной и горячей воды и использования в разводящих сетях трубопроводов из полимерных материалов, запорно-регулирующей арматуры, соединительных элементов из полимерных материалов и сплавов из цветных металлов.

Ключевые слова: доочистка воды, многоквартирные дома, коррозионные процессы.

Abstract

Introduction. Neva River is the source of water supply of St. Petersburg. The physical and chemical properties of its water are unstable. Therefore, due to corrosion in distribution networks of both cold and hot water supply it is not always possible to provide the consumers with high-quality water, particularly in terms of organoleptic indicators and content of iron. Russian housing market now includes a considerable share of comfort class estate characterized by low water intake and considerable breaks in water consumption. Thus, the beginning of consumption demonstrates such quality of cold, and especially hot, water that does not meet the organoleptic requirements of Sanitary Regulations and Norms (SanPiN 2.1.4.1074-02). **Methods.** The paper provides data on stabilization processing of tap water by filtering through the fractionated natural materials: calcite, dolomite and sorbent of «MS»; technological schemes of installations of tertiary treatment and possible structure of their equipment and technical characteristics. The study presents test results and water samples for hot water distribution in house networks of two different designs: one with polypropylene pipes and partial use of carbon steel fittings and connecting elements and the other one built completely from corrosion-resistant materials. **Results.** Improvement of quality of cold and hot water in apartment houses is possible by application of local installations of tertiary treatment of cold and hot water and use in the parting networks of pipelines of polymeric materials, shut-off and control valves, connecting elements of polymeric materials and alloys of non-ferrous metals.

Keywords: water tertiary treatment, apartment houses, corrosion.

Введение

Обеспечение человека качественной водой для хозяйственно-питьевых нужд является одним из условий его комфортного проживания в доме.

Водоснабжение Санкт-Петербурга осуществляется из поверхностных и подземных водоис-

точников [9]. Основной источник — река Нева, из которой забирается около 98 % объема воды потребляемой городом. Вода, подаваемая населению, последовательно проходит сооружения водозабора, водопроводные очистные станции, повысительные насосные станции и сети транс-

портировки (магистральные, внутриквартальные, распределительные домовые и внутриквартальные). Протяженность сетей транспортировки и распределения воды составляет 7216,6 км. ГУП «Водоканал СПб» обеспечивает подачу питьевой воды до водомерного узла, установленного на входе в дом, и контролирует качество воды на входе, выходе и в точках распределительной сети в зоне действия водопроводных станций. Производственный контроль осуществляется в 432 точках и по 111 показателям. Вода является безвредной по химическому составу и безопасной в эпидемическом и радиационном отношении и соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074–01 [3, 13]. Среднестатистические значения органолептических показателей качества воды составляют: цветность — 6–10 град, мутность — 0,14–0,38 мг/л, содержание железа — 0,1–0,19 мг/л¹.

Однако из-за физико-химических свойств воды реки Невы при работе распределительных сетей с малым водоразбором, особенно внутриквартальных и домовых, практически повсеместно имеют место коррозионные процессы. Агрессивность воды не только разрушает материал труб (вплоть до образования раковин и свищей), но также снижает их пропускную способность (из-за зарастания стенок труб коррозионными отложениями).

Зарастание коррозионными отложениями трубопроводов обусловлено:

- бугристыми отложениями, образуемыми железно- и серобактериями из растворенного из-за агрессивности воды закисного железа, карбонатов и сульфатов;
- биологическими обрастаниями, вызванными жизнедеятельностью симбиоза многих нитчатых бактерий, зооглейных бактерий, полипов.

Образующиеся в процессе жизнедеятельности этих организмов органические вещества приводят к появлению в воде сероводорода и усиленному развитию в разводящей сети серобактерий. При этом образующийся сероводород дополнительно стимулирует процессы коррозии.

Известно, что коррозионность воды обусловлена агрессивным действием кислорода и углекислоты, тесно связана с общим содержанием, величиной щелочности и рН, а также температурой воды [10, 11]. При нагревании коррозионные свойства воды возрастают. Для

оценки стабильности воды используют индекс Ланжелье J [5, 10]:

$$J = \text{pH}_s - \text{pH},$$

где pH_s — рН равновесного насыщения воды карбонатом кальция; pH — измеренное значение рН исходной воды. Вода стабильна, когда $J = 0$. Для невисской водопроводной воды индекс $J \approx -(2-3,5)$, что свидетельствует о ее высоком агрессивном действии по отношению к стали.

Нестабильность воды является основной причиной ухудшения некоторых показателей ее качества, прежде всего цветности, мутности, запаха, привкуса, содержания железа. Из-за наличия вторичных загрязнений в воде при ее транспортировке по водопроводным сетям, имеющим в своем составе элементы, изготовленные из коррозионных материалов, питьевая вода, поступающая к потребителям, может не соответствовать требованиям СанПиН 2.1.4.1074–01. В связи с этим возникает необходимость проведения исследований и разработка мероприятий по обеспечению в квартирах раздачи холодной и горячей воды, качество которой отвечает требованиям действующих правил и нормативов [3, 6, 13, 14, 17].

Решение этой проблемы возможно путем выполнения водопроводных сетей из коррозионностойких материалов. ГУП «Водоканал СПб» для исключения процессов коррозии при ремонте и санации водопроводных сетей используют полимерные трубопроводы и качественную запорную арматуру. Проведение этих работ требует значительных бюджетных капитальных затрат и времени. Перспективными проектами ГУП «Водоканал СПб» предусматривается реконструкция водопроводных сетей и замена запорной арматуры 200–250 км/год.

Поэтому в настоящее время для гарантированного обеспечения потребителей качественной питьевой водой в многоквартирных домах устанавливаются локальные установки доочистки воды, которые монтируются на вводе в дом после водомерного узла, а внутридомовые сети выполняют из полимерных материалов и арматуры из сплавов цветных металлов.

Методы и материалы исследования

Доочистка холодной воды

В Санкт-Петербурге в начале 90-х годов в гостиницах, санаториях, пансионатах и курортно-оздоровительных центрах, а затем в строящихся

¹ По данным ГУП «Водоканал СПб» (www.vodokanal.spb.ru).

жилых зданиях и комплексах стали использовать установки доочистки водопроводной воды. Назначение установок — удаление вторичных загрязнений воды.

Основной состав оборудования установок доочистки воды, применяемого в многоквартирных домах в зависимости от уровня комфортности жилья, представлен в табл. 1

Установки доочистки для жилого дома гарантируют потребителю получение высококачественной питьевой воды. При этом усредненные показатели составляют цветность 3–10 градусов, мутность менее 0,1–0,5 мг/л, содержание железа 0,05–0,1, окисляемость до 3 мг·О₂/л.

Оптимальная с технико-экономической точки зрения технологическая схема установки доочистки включает следующие стадии обработки [1, 2, 10, 11]:

- удаление грубых примесей;
- фильтрование через многокомпонентную загрузку с целью удаления коллоидных и взвешенных примесей и задержания растворенных органических веществ и ионов металлов, а также снижения агрессивности воды;
- обеззараживание УФО прежде всего для повышения вирусной безопасности питьевой воды [8, 15].

Данная технология реализуется путем применения комплекса оборудования [12]:

- механических сетчатых фильтров с блоком автоматической промывки;

- фильтрами с зернистой загрузкой в корпусах из полимерных материалов или из коррозионностойкой стали;
- микронными мешочными фильтрами;
- бактерицидными установками.

В настоящее время фильтры из коррозионностойкой стали по сравнению с фильтрами из полимерных материалов обладают более высокими эксплуатационными характеристиками и представляются более предпочтительными с точки зрения надежности, ремонтпригодности, срока службы, но имеют более высокую стоимость. Поэтому оборудование из коррозионностойкой стали применяют в условиях доочистки воды в многоквартирных домах класса комфорт и выше.

В качестве примера представлена технологическая блок-схема установки доочистки холодной воды (рис. 1), а ее технические характеристики в табл. 2.

Установка состоит из узлов фильтрации и обеззараживания.

Узел фильтрации включает в себя механический сетчатый фильтр, пять параллельно соединенных скорых напорных фильтров с зернистой нагрузкой и пять параллельно соединенных микронных мешочных фильтров со сменными картриджами цилиндрической формы из микропористого тканевого материала.

Скорые напорные фильтры цилиндрической формы с коническими днищами диаметром 600 мм и высотой 1800 мм, изготовленные из листовой нержавеющей стали, загружаются

Таблица 1

Оборудования для доочистки воды

№ п/п	Класс жилья	Основное оборудование	Примечание
1	Эконом	Фильтры грубой механической очистки, бактерицидная установка УФО	Качество воды соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074–01, повышается надежность и срок службы санитарно-технических приборов
2	Комфорт	Фильтры механической грубой очистки, фильтры с зернистой сорбционной загрузкой, микронные фильтры и бактерицидная установка УФО	Повышенные гарантии потребителю по качеству воды, согласно СанПиН 2.1.4.1074–01
3	Бизнес	Оборудования класса жилья комфорт, отличающиеся использованием более качественных материалов и комплектующих элементов	Обеспечивается высокий уровень надежности работы оборудования, долговечности, контроля и управления
4	Премиум	Ультрафильтрационные и обратноосмотические блоки	Обеспечивается высокий уровень автоматизации, возможна коррекция минерального состава

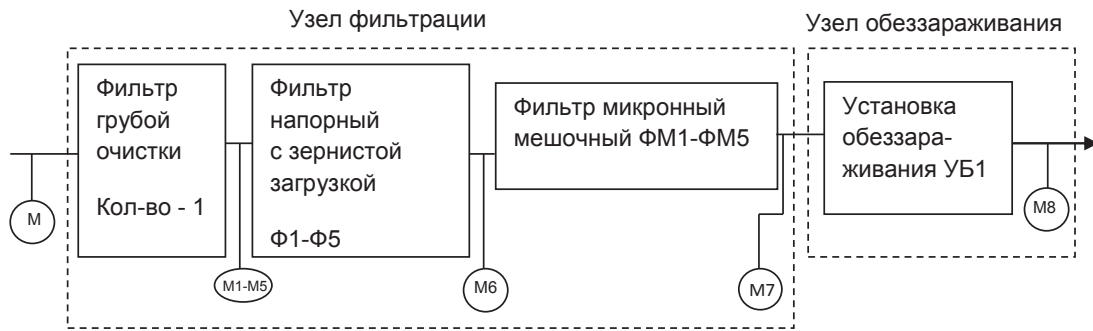


Рис. 1. Блок-схема установки доочистки холодной воды

Таблица 2
Технические характеристики установки доочистки холодной воды

Наименование технических характеристик	Единицы измерения	Численные значения технических характеристик
Максимальная производительность	м ³ /ч	12,5
Максимальное давление в системе	мПа	1,0
Минимальная температура воды	°С	4
Интенсивность промывки фильтров с зернистой загрузкой	л/с·м ²	6÷8
Объем воды от промывки одного фильтра с зернистой загрузкой	м ³	1,5
Электроснабжение:		
напряжение	В	220
частота тока	Гц	50
Мощность, не более	кВт	1,0
Степень защиты		IP55

дробленным кварцитом с крупностью зерен 1,5–3 мм и фильтросорбционным материалом крупностью 0,7–1,2 мм. На боковой цилиндрической поверхности каждого фильтра имеется ревизионный люк, который используется для выгрузки фильтрующего материала. Загрузка фильтра производится через верхнюю горловину при снятом верхнем дренажном устройстве. Измерение давления после скорых фильтров осуществляется манометром, установленным на сборном коллекторе отфильтрованной воды.

Корпус микронного мешочного фильтра диаметром 220 мм и высотой 800 мм выполнен из коррозионностойкой стали, в котором установ-

лен картридж из нетканого фильтрующего полотна с размером пор 20 мкм.

Узел обеззараживания воды включает в себя одну установку ультрафиолетового обеззараживания воды УОВ-30см-15 стандартной модификации в вертикальном исполнении.

Подача напряжения на основные электропотребители установки и автоматическое управление промывкой скорых фильтров осуществляется посредством шкафа управления с классом защиты IP-55, в который установлены электро-технические и микропроцессорные устройства.

Трубопроводная обвязка установки выполнена из полипропиленовых труб с номинальным давлением 2 МПа (PN 20) и наружными диаметрами 90, 75, 40 и 25 мм.

В установке используются запорно-регулирующая и предохранительная арматура, выполненная из коррозионностойких материалов, допущенных к контакту с питьевой водой.

Доочистка воды из городской сети осуществляется согласно технологической схеме. Исходная вода под давлением до 0,8 МПа поступает на механический сетчатый фильтр с размером пор 100 мкм. Далее по коллектору вода равномерно распределяется на скорые напорные фильтры (Ф1–Ф5), за которыми установлено пять микронных мешочных фильтров (ФМ1–ФМ5), выполняющих функции защитного барьера в случае возможных проскоков продуктов истирания частиц загрузки в дренажах фильтров Ф1–Ф5. После этого очищенная вода обеззараживается на бактерицидной установке УФО (УБ1) и подается к потребителю.

Промывка скорых фильтров осуществляется фильтрованной водой и проводится автомати-

чески с помощью трехходовых клапанов с сервоприводами и программируемых таймеров в очередном режиме или микроконтроллера. Один из пяти фильтров переводится в режим промывки, а остальные четыре остаются в режиме фильтрации. Программирование автоматической промывки проводится на панели шкафа управления. Промывка фильтров выполняется в ночное время в период наименьшего водопотребления. Отработанные промывные воды сбрасываются в хозяйственно-бытовую канализацию.

Контроль давления на отдельных участках водоочистного комплекса осуществляется при помощи манометров, установленных перед скорыми напорными фильтрами (М1–М5), на сборных коллекторах после скорых фильтров (М6) и микронных мешочных фильтров (М7) и на трубопроводе после бактерицидной установки (М8).

Для оценки эффективности очистки питьевой воды по физико-химическим и бактериологическим показателям, определяемыми лабораторными исследованиями, производится периодический отбор проб их пробоотборных кранов.

В комплект установки входит датчик протечки (ДМП), при срабатывании которого происходит подача сигнала на закрытие дискового поворотного затвора на входном трубопроводе и прекращается подача воды на установку.

Для обеспечения дистанционного контроля за работой установки очистки холодной воды предусмотрены системы диспетчеризации, передающие сигналы «авария», «работа» и «промывка фильтра» на пульт диспетчера. Сигнал «авария» подается диспетчеру при срабатывании устройства защитного отключения, а сигналы «работа», «промывка фильтра» — от таймеров или микропроцессора.

Применение установок доочистки целесообразно лишь для тех районов города, где ГУП «Водоканал» не может обеспечить требуемое качество воды, или для профилактики в паводковые периоды.

Результаты исследований и обсуждение

Доочистка горячей воды

В настоящее время в соответствии с концепцией развития теплоснабжения Санкт-Петербурга при строительстве многоквартирных домов и жилых комплексов устанавливаются автоматизированные индивидуальные тепловые пункты (ИТП).

В период приемо-сдаточных работ и устранения замечаний заказчика в одной из секций жилого комплекса в Приморском районе Санкт-Петербурга были проведены исследования проб воды в распределительной сети замкнутой системы горячего водоснабжения (ГВС), выполненной с использованием полипропиленовых труб. Рассчитанный часовой расход ГВС составлял 1,8 м³/ч.

Анализы проб воды проводили по стандартным методикам до и после замены запорно-регулирующей арматуры, деталей и узлов трубопроводов, изготовленных из углеродистой стали на элементы из полимерных материалов и сплавов из цветных металлов, а также при включении в состав системы ГВС установки доочистки обратной воды.

В табл. 3 представлены показатели качества воды в замкнутой системе ГВС с использованием части арматуры из углеродистой стали. Проба воды после водогрейного котла была отобрана спустя 3 дня после начала работы ИТП. Подпитка системы ГВС осуществлялась водопроводной водой, прошедшей доочистку. Её показатели приведены в этой же таблице.

Полученные результаты анализов (см. табл. 3) показывают, что процесс коррозии металла в системе ГВС протекает достаточно интенсивно. Общее содержание железа в обратной воде превышает ПДК более чем в 5 раз, также увеличилась мутность и цветность соответственно до 2,4 мг/л и 16,5 град.

Для улучшения качества воды в замкнутой системе ГВС перед ее возвратом в ИТП смонтирована установка доочистки, предназначенная для удаления грубых примесей и взвешенных веществ (рис. 2).

Установка доочистки состоит из сетчатого фильтра F76S с блоком автоматической промывки и микронного мешочного фильтра.

Цилиндрический корпус микронного мешочного фильтра диаметром 220 мм и высотой 800 мм выполнен из нержавеющей стали, а картридж — из нетканого материала с размером пор не более 20 мкм. Трубопроводная обвязка установки выполнена из полипропиленовых труб с номинальным давлением 2 МПа (PN 20) и наружными диаметрами 40 и 25 мм. В установке используется запорно-регулирующая и предохранительная

арматура, выполненная из коррозионностойких материалов, допущенных к контакту с питьевой водой.

Горячая вода из обратной сети под давлением до 0,7 МПа поступает на установку доочистки. Вода подается на сетчатый фильтр F76S, где происходит задержка крупных механических включений. Затем вода поступает на микронный мешочный фильтр ФМ. После этого очищенная вода возвращается в ИТП.

Периодическая промывка сетчатого фильтра осуществляется исходной водой. Режим промывки автоматизирован.

Контроль давления осуществляется при помощи манометров, установленных на сетчатом фильтре и после микронного фильтра.

Результаты физико-химического анализа проб воды представлены в табл. 4:

Проба*:

1) на входе в ИТП из системы холодного водоснабжения, имеющей в составе установку доочистки;

2) на выходе из ИТП;

3) перед установкой доочистки горячей воды;

4) после установки доочистки горячей воды.

Анализ полученных результатов (табл. 4) свидетельствует, что показатели качества воды в системе ГВС (проба 3) не соответствуют дейст-

вующему стандарту, содержание железа общее составляет 5,28 мг/л. Установка доочистки удаляет значительное количество взвесей, однако содержание железа общее составляет 0,44 мг/л и превышает ПДК — 0,3 мг/л. Поэтому применение только установки доочистки в этом случае недостаточно.

Результаты анализа проб воды, взятые после замены в этой системе ГВС арматуры деталей и соединений трубопроводов из стали на элементы из полимерных материалов и сплавов из цветных материалов представлены в табл. 5.

В случае выполнения системы ГВС из коррозионностойких материалов (табл. 5), продукты коррозии в воде отсутствуют. Данные, приведенные в таблицах 4 и 5, показывают, что общее содержание железа в замкнутой системе ГВС с использованием части арматуры из углеродистой стали составляет 5,28 мг/л, а при её замене на арматуру из коррозионностойких материалов — 0,5,0,1 мг/л, что удовлетворяет требованиям, предъявляемым к качеству воды, используемой на хозяйственно-питьевые нужды. В этих условиях нет необходимости в использовании установки доочистки горячей воды.

Применение установок доочистки может быть целесообразным только при наличии в системе ГВС оборудования и арматуры из коррозионно-

Таблица 3

Состав и свойства воды в системе холодного и горячего водоснабжения с использованием части арматуры из углеродистой стали

№ п/п	Показатель	Единицы измерения	Требования СанПиН 2.1.4.1074–01. Нормативы, не более	Значения показателей в пробах	
				После установки доочистки холодной воды	После водогрейного котла ИТП
1	Цветность	град	20	8,5	16,5
2	Взвешенные вещества	мг/дм ³	1,5	0,5	2,4
3	Общее солесодержание	мг/дм ³	1000	61,5	62,6
4	рН		6-9	6,0	6,5
5	Щелочность	ммоль/дм ³	–	0,27	0,27
6	Жесткость общая	ммоль/дм ³	7,0	0,77	0,77
7	Кальций	мг/дм ³	–	11,0	11,0
8	Магний	мг/дм ³	–	2,7	2,7
9	Железо общее	мг/дм ³	0,3	0,04	1,6
10	Окисляемость перманганатная	мг·О ₂ /дм ³	5,0	3,3	3,0
11	Хлориды	мг/дм ³	350	9,4	9,4
12	Нитраты	мг/дм ³	45	–	–
13	Аммоний	мг/дм ³	2,0	0,08	0,11
14	Гидрокарбонаты	мг/дм ³	–	16,5	16,5
15	Сульфаты	мг/дм ³	500	18,5	18,5

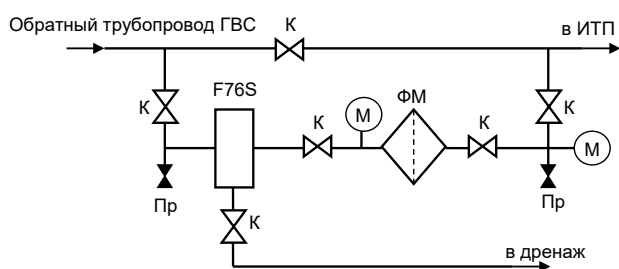


Рис. 2. Схема установки доочистки обратной сети ГВС: ФМ — микронный мешочный фильтр; К — кран шаровый или затвор дисковый; М — манометр; Пр — кран пробочный

нестойких материалов и при условии обеспечения подачи потребителю воды, качество которой отвечает требованиям действующих стандартов.

Технологическое исследование стабилизационной обработки воды

Существующие локальные установки доочистки воды для многоквартирных домов решают только задачу удаления вторичных загрязнений, появляющихся в воде в результате протекания коррозионных процессов.

Согласно СНиП 2.04.02–84 при проектировании сооружений стабилизационной обработ-

Таблица 4

Показатели качества горячей воды в замкнутой системе ГВС с использованием части арматуры из стали и оборудованной установкой доочистки

№ п/п	Показатель	Проба*			
		1	2	3	4
1	рН	6,45	6,61	6,67	6,68
2	Цветность, град	6	18,8	72,2	24,7
3	Мутность, мг/л	0,3	0,6	19,0	1,3
4	Железо общее, мг/л	0,08	0,17	5,28	0,44
5	Окисляемость, мг·O ₂ /л	2,9	3,2	5	3,4

Таблица 5

Показатели качества горячей воды в замкнутой системе ГВС с использованием арматуры из коррозионностойких материалов

№ п/п	Показатель	Проба			
		1	2	3	4
1	рН	6,0	6,35	6,0	6,45
2	Цветность, град.	7,0	11,0	12,5	14,0
3	Железо общее, мг/л	0,03	0,05	0,09	0,1
4	Мутность, мг/л	0,3	0,5	0,4	0,4
5	Окисляемость, мг·O ₂ /л	2,9	2,9	2,9	2,9

ки маломинерализованных вод с содержанием кальция менее 20,30 мг/л и щелочностью менее 1,0, 1,8 моль/л (случай Санкт-Петербурга) необходимо проводить технологические исследования.

Исследования проводились на воде из централизованной системы питьевого водоснабжения Невского района Санкт-Петербурга, физико-химические показатели которой представлены в табл. 6.

Расчетный индекс стабильности J , приведенный в табл. 6, свидетельствует о недопустимой агрессивности водопроводной воды. Известно, что стабилизационная обработка воды при отрицательном индексе J заключается в ее подщелачивании, которое может быть произведено обработкой известью и двуокисью углерода, содой, щелочью. Для стабилизации применяются ингибиторы коррозии, например, гексаметафосфат, триполифосфат, препараты «Тефлекс» и «Сиквест». Также стабилизации воды можно добиться путем фильтрации воды через фракционированные природные материалы на основе карбонатов кальция и магния (кальцит, доломит, магнезит и др.) [10, 11, 16].

С целью оценки эффективности и возможности использования последнего метода проводились исследования фильтрования воды через гранулированные природные материалы: кальцит,

Таблица 6

Показатели качества водопроводной воды

№	Показатель	Единицы измерения	Величина
1	рН	–	5,8–5,85
2	Мутность	мг/л	0,9–2,4
3	Цветность	град.	10–12
4	Щелочность	мг-экв/л	0,23–0,24
5	Жесткость	мг-экв/л	0,77–0,83
6	Ca ⁺	мг/л	10,2–10,8
7	Mg ⁺²	мг/л	3,2–3,6
8	Железо общее	мг/л	0,2–0,3
9	Окисляемость перманганатная	мг O ₂ /л	3,3–3,6
10	Хлориды	мг/л	7,4–8,8
11	Нитраты	мг/л	<0,5
12	Аммоний	мг/л	0,24
13	Сульфаты	мг/л	22,2–30,2
14	Алюминий	мг/л	0,05–0,09
15	Солесодержание	мг/л	61,2–74
16	Индекс Ланжелье	–	–3,6

доломит и сорбент МС, разрешенные к применению в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения. Данные материалы применяются для минерализации воды с целью повышения физиологической полноценности ее состава и в ряде технологических процессов водоподготовки для пищевой промышленности:

– доломит — мука известковая (доломитовая), ГОСТ 14050–93, размер частиц 0,4–3 мм, насыпная плотность 1,1–1,2 г/см³, суммарная массовая доля карбонатов кальция и магния не менее 85 %.

– кальцит — карбонат кальция не менее 99 % фракции 1,5–3 мм по ТУ 28.29.12-003-06519513–2017.

– магний — содержит сорбент «МС» фракции 0,7–1,4 мм по ТУ 20.13.62-008-06519513–2017.

Эксперименты проводились на пилотной установке, состоящей из напорного фильтра, шарового крана для подключения (отключения) к водопроводной сети, вентиля для регулирования расхода, водомерного счетчика, пробоотборников для отбора исходной и обработанной воды, водопроводные коммуникации которой выполнены из полипропиленовых труб диаметром $d_c = 20$ мм. Корпус напорного фильтра изготовлен из пластика диаметром 257 мм, высотой 1350 мм, в котором высота слоя фильтрующей загрузки составляла 1000 мм. Конструкция фильтра не имеет принципиальных отличий от напорных фильтров, предназначенных для осветления воды.

До начала экспериментов загрузка фильтра замачивалась в течение 24 часов с последующей ее отмывкой обратным потоком воды от мелких фракций ($\leq 0,4$ мм). В опытах фильтрование осуществлялось при скоростях 6,0, 8, 10 м/ч. Скорость фильтрации рассчитывали по показаниям водомерного счетчика и замирами объемным методом с помощью мерной посуды и секундомера.

Оценку эффективности режимов обработки производили по результатам физико-химического анализа проб воды, отобранных после непрерывной работы фильтра спустя 60 минут.

Показатели качества фильтрованной воды через зернистые загрузки из кальцита, доломита и сорбент «МС» при различных скоростях фильтрации и расчетные индексы Ланжелье J представлены в табл. 7.

При фильтровании воды через фракционированные материалы (табл. 7) увеличивается рН, щелочность, а также жесткость и минерализация, что повышает физиологическую полноценность ее макро- и микроэлементного состава [4, 7, 14]. Расчетные значения индекса Ланжелье указывают на снижение коррозионной активности воды по отношению к основным конструкционным материалам. Полученные результаты при фильтровании воды через загрузку фильтра кальцит и доломит нельзя признать удовлетворительными. Индексы Ланжелье при загрузке фильтра кальцитом имели значение (2,2,3), а при загрузке доломитом — (0,15,1,2), что указывает на высокую агрессивность воды и тенденцию к коррозии. При использовании загрузки фильтра сорбентом «МС» и скорости фильтрования 10 м/ч значение индекса Ланжелье близко к равновесию, рН 8,9, жесткость воды и соленосодержание, по сравнению с исходной, увеличились соответственно на 0,52 мг-экв/л и 20 мг/л. Обработанная вода соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074–01. Применение сорбента «МС» для стабилизационной обработки воды на данном этапе исследований представляется перспективным, так как данная загрузка может использоваться как фильтрующий материал для удаления взвешенных и коллоидных примесей воды.

Полученные результаты экспериментов по стабилизационной обработке воды могут быть использованы при разработке технологии водоподготовки объектов с малым водопотреблением, например, в индивидуальных домах.

Заключение

Обеспечение жителей многоквартирных домов и жилых комплексов повышенной комфортности высококачественной водой в Санкт-Петербурге возможно путем применения локальных установок доочистки в системах ХВС и ГВС и исключения использования в распределительных домовых сетях труб, соединительных элементов, запорно-регулирующей арматуры соединительных элементов из коррозионно-нестойких материалов.

Установки доочистки воды должны не только решать задачу удаления вторичных загрязнений, но и снижать коррозионную активность воды. Поэтому в их состав необходимо включать оборудование для стабилизационной обработки воды.

Таблица 7

Показатели качества воды после фильтрования через зернистые загрузки

№	Загрузка	Скорость фильтрации м/ч	Показатель					Индекс Ланжелъе, J
			pH	Солесодержание, мг/л	Ca ⁺² , мг/л	Жесткость, мг-экв/л	Щелочность, мг-экв/л	
1	Кальцит	0 (водная вытяжка)	7,6	111	42	2,54	0,86	-0,7
2		6,0	6,8	102	20	1,3	0,65	-2
3		8,0	6,6	89	18	1,15	0,58	-2,3
4		10,0	6,6	86	17	1,15	0,53	-2,3
5	Доломит	0 (водная вытяжка)	8,9	279	15,6	5,8	0,93	+0,2
6		6,0	8,45	111	15,6	1,4	0,89	-0,15
7		8,0	7,8	104	15,6	1,35	0,77	-0,8
8		10,0	7,4	102	15,2	1,27	0,74	-1,2
9	Сорбент «МС»	0 (водная вытяжка)	9,3	115	9,5	1,6	1,0	+0,4
10		6,0	9,25	108	9,0	1,57	0,97	+0,35
11		8,0	9,05	97	9,0	1,33	0,8	+0,15
12		10,0	8,9	91	9,2	1,32	0,73	0

Фильтрование воды через фракционированные природные материалы (кальцит, доломит и сорбент «МС») позволяет уменьшить ее коррозионную активность и повысить физиологическую полноценность макро- и микроэлементного состава. Применение сорбента «МС» для стабилизационной обработки воды представляется перспективным, так как данная загрузка может использоваться как фильтрующий материал для удаления примесей воды.

Литература

1. Боровков, Н. В., Евельсон, Е. А., Рукобратский, Н. И. (2003) Технологии кондиционирования питьевой воды в условиях Санкт-Петербурга. В: Гигиенические проблемы водоснабжения населения и войск, 20–21 ноября 2003 г., Санкт-Петербург. СПб.: ВМедА, сс. 31–32.
2. Веселов, Ю. С., Лавров, И. С., Рукобратский, Н. И. (1985). Водоочистные оборудования: конструирование и использование. Л.: Машиностроение, 232 с.
3. Главный государственный санитарный врач РФ (2001). Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПин 2.1.4.1074–01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». Утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 26 сентября 2001 г., № 24.
4. Главный государственный санитарный врач РФ (2002). Постановление № 12 от 19 марта 2002 г. «О введении в действие санитарно-эпидемиологических правил и нормативов. СанПин 2.1.4.1116–02 «Питьевая вода. Гигиенические требования качества воды, расфасованной в емкость. Контроль качества». Зарегистрирована в Минюсте РФ 26 апреля 2002 г., № 3415.

5. Госстрой СССР (1985). Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. СНиП 2.04.02.84. М.: Стройиздат, 136 с.
6. Госстрой СССР (1976). Горячее водоснабжение. СНиП II-34-76. М.: Стройиздат, с. 27.
7. Жолус, Б. И. (1979). Физиолого-гигиенические обоснования рекомендаций по кондиционированию питьевой воды на кораблях ВМФ. Диссертация на степень канд. техн. наук, Воен. мед. акад. им. С. М. Кирова, 184 с.
8. Зайцева, С. Г. (2003). Ультрафиолетовое обеззараживание питьевой воды. В: Гигиенические проблемы водоснабжения населения и войск, 20–21 ноября 2003 г., Санкт-Петербург. СПб.: ВМедА, сс. 48–49.
9. Кармазинов, Ф. В. (ред.) (2003). Водоснабжение Санкт-Петербурга. СПб: Новый журнал, 687 с.
10. Кульский, Л. А. (1980). Теоретические основы и технология кондиционирования воды. Киев: Наукова думка, 564 с.
11. Кульский, Л. А., Булава, М. Н., Горонковский, И. Т., Смирнов, П. И. (1972). Проектирование и расчет очистных сооружений водопроводов. Издание 2-е, переработанное и дополненное. Киев: Будівельник, 424 с.
12. Малыгин, К. А., Рукобратский, Н. И. (2003). Разработка малогабаритного оборудования для минерализации, дезодорации и обеззараживания питьевой воды. В: Гигиенические проблемы водоснабжения населения и войск, 20–21 ноября 2003 г., Санкт-Петербург. СПб.: ВМедА, сс. 89–90.
13. Минздрав России (2003). Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. ГН. 2.1.5.1315-03 (с изменениями от 28 сентября 2007 г.). Москва.
14. Рахманин, Ю. А., Красовский, Т. Н., Егорова, Н. А. (2016). Гигиенические нормативы качества и безопасности воды. В: Здоровье здорового человека. Научные основы организации здравоохранения, восстановительной и

экологической медицины: Руководство. М.: Международный университет восстановительной медицины, сс. 302–309.

15. Фоканов, В. П., Шалларь, А. В. (2003). Обеззараживание воды ультрафиолетовым облучением и хлором. Преимущества и недостатки. В: Гигиенические проблемы водоснабжения населения и войск, 20–21 ноября 2003 г., Санкт-Петербург. СПб.: ВМедА, сс. 182–183.

16. Шифрин, С. М. (ред.) (1976). Справочник по эксплуатации систем водоснабжения; Канализации и газоснабжение. Л.: Стройиздат, Ленинградское отделение, с. 89.

17. Rukobratsky, N. I., Malygin, K. A. (2018). Mineralization of distillate by filtration through granulated natural minerals. *Water and Ecology*, No. 1, pp. 22–30. DOI: 10.23968/2305-3488.2018.23.1.22-30.

References

1. Borovkov, N. V., Yevelson, E. A., Rukobratsky, N. I. (2003). Technologies for drinking water conditioning in St. Petersburg. In: Hygienic problems of water supply of the population and troops, November 20–21, 2003, St. Petersburg. St. Petersburg: Military Medical Academy, pp. 31–32

2. Veselov, Y. S., Lavrov, I. S., Rukobratsky, N. I. (1985). Water treatment equipment: design and use. L.: Mechanical Engineering, 232 p.

3. Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation (2001). Sanitary-epidemiological rules and regulations. SanPin 2.1.4.1074-01 “Drinking Water. Hygienic requirements for the quality of centralized drinking water supply systems. Quality control”. Approved Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation on September 26, 2001, No. 24.

4. Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation (2002). The decree of March 19, No. 12. “On the introduction of sanitary-epidemiological rules and regulations “Drinking water. Hygienic requirements for water quality, packaged in a container. Quality Control”. Registered in the Ministry of Justice of the Russian Federation on April 26, 2002, No. 3415.

5. Gosstroy of the USSR (1985). Water supply. External networks and facilities. SNiP 2.04.02.84. M.: Stroizdat, 136 p.

6. Gosstroy of the USSR (1976). Hot water supply. SNiP II-34-76. M.: Stroyizdat, p. 27.

7. Zholus, B. I. (1979). Physiological and hygienic substantiation of recommendations for the conditioning of drinking water on ships of the Navy. PhD in Engineering thesis, Military Medical Academy named after SM Kirov, 184 p.

8. Zaitseva, S. G. (2003). Ultraviolet disinfection of drinking water. In: Hygienic problems of water supply of the population and troops, November 20–21, 2003, St. Petersburg. St. Petersburg: Military Medical Academy, pp. 48–49.

9. Karmazinov, F. V. (Ed.) (2003). Water supply of St. Petersburg. SPb: New Journal, 687 p.

10. Kul'skiy, L.A. (1980). Theoretical foundations and water conditioning technology. Kiev: Naukova Dumka, 564 p.

11. Kul'skiy, L. A., Bulava, M. N., Goronovsky, I. T., Smirnov, P. I. (1972). Design and calculation of sewage

treatment plants]. 2nd edition, revised and enhanced. Kiev: Budivel'nik, 424 p.

12. Malygin, K. A., Rukobratsky, N. I. (2003). Development of small-sized equipment for the mineralization, deodorization and disinfection of drinking water. In: Hygienic problems of water supply for the population and troops, November 20–21, 2003, St. Petersburg. St. Petersburg: Military Medical Academy, pp. 89–90.

13. The Ministry of Health of Russia, (2003). The maximum permissible concentration (MPC) of chemicals in the water of water bodies of drinking and household water use. Gn 2.1.5.1315-03 (as amended on September 28, 2007). Moscow.

14. Rakhmanin, Y. A., Krasovsky, T. N., Egorova, N. A. (2016). Hygienic standards for water quality and safety. In: Health of a healthy person. The scientific basis of the organization of health, rehabilitation and environmental medicine. Guide. Moscow: International University of Rehabilitation Medicine, pp. 302–309.

15. Fokanov, V. P., Shallar, A. V. Water disinfection with ultraviolet radiation and chlorine. Advantages and disadvantages. In: Hygienic problems of water supply of the population and troops, November 20–21, 2003, St. Petersburg. St. Petersburg: Military Medical Academy, pp. 182–183.

16. Shifrin, S. M. (Ed.) (1976). Handbook on the operation of water supply systems; Sewerage and gas supply. L.: Stroyizdat, Leningrad Branch, p. 89.

17. Rukobratsky, N. I., Malygin, K. A. (2018). Mineralization of distillate by filtration through granulated natural minerals. *Water and Ecology*, No. 1, pp. 22–30. DOI: 10.23968/2305-3488.2018.23.1.22-30.

Авторы

Рукобратский Николай Иванович, канд. техн. наук, доцент

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: rukobratsky@mail.ru

Баруздин Ростислав Эдуардович

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: r.baruzdin@inbox.ru

Authors

Rukobratsky Nikolay Ivanovich, PhD in Engineering, Associate Professor

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, 190005, Russia

E-mail: rukobratsky@mail.ru

Baruzdin Rostislav Eduardovich

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, 190005, Russia

E-mail: r.baruzdin@inbox.ru