

Установки доочистки воды централизованных систем питьевого водоснабжения

Несмотря на достаточно строгий контроль качества воды, подаваемой в населённые пункты со станций очистки природных вод, нельзя исключать возможность ухудшения её качества в процессе доставки потребителю. Перед тем, как вода попадёт к водоразборным точкам потребителя, она проходит по многокилометровым трубопроводным сетям, часть из которых может находиться в состоянии частичной или полной изношенности.

Наиболее распространёнными причинами вторичного загрязнения воды являются: коррозия металлических трубопроводов, биоплёнка, закреплённая на внутренних стенках труб, инфильтрация загрязнений, обусловленная утратой герметичности сети. Перечисленные факторы ухудшают не только органолептические показатели качества воды, но и обобщённые (возрастает общая минерализация, жёсткость, концентрация железа) и микробиологические. Ситуация усугубляется на участках сети с малой интенсивностью водоразбора (как правило, тупиковых), что характерно для районов новостроек, на участках с частым отключением воды, с большим числом присоединений (что обусловлено повышенными местными сопротивлениями). Учёными доказана взаимосвязь несоответствия питьевой воды санитарно-гигиеническим нормам с эндемическими заболеваниями, патологиями желудочно-кишечного тракта, костно-мышечной и сердечно-сосудистой систем [1, 2].

В отношении наружных сетей причиной вторичного микробиологического загрязнения являются в большинстве случаев железобактерии. Согласно исследованиям [3], толщина биообрастаний на стенках стальных водопроводов может достигать 40 мм за 15 лет эксплуатации. Это приводит не только к негативным изменениям гидравлического режима

Наиболее распространёнными причинами вторичного загрязнения воды являются: коррозия металлических трубопроводов, биоплёнка на внутренних стенках труб, инфильтрация загрязнений, обусловленная утратой герметичности сети

работы сети (снижению пропускной способности, возрастанию энергозатрат на транспортировку воды), но и риску инфекционных заболеваний среди водопотребителей. Железобактерии, закрепляясь на стенках труб, образуют биоплёнку. Они активно аккумулируют двухвалентное железо, содержащееся в воде даже в малых концентрациях, окисляя его до трёхвалентного. Так образуется биологическая коррозия. При резких изменениях давления в водопроводной сети фрагменты отложений открепляются от стенок труб и транспортируются с потоком воды, ухудшая её качество.

В зоне внутреннего водопровода зданий причиной вторичного микробиологического загрязнения могут стать бактерии *Legionella*, вызывающие такое крайне опасное заболевание, как легионеллёз. Особую опасность они представляют для систем горячего водоснабжения (в случае «недогрева» воды, подаваемой потребителю, неудовлетворительной циркуляции воды по системе), но, как показывает практика, системы холодного водоснабжения тоже становятся средой обитания таких бактерий. Причиной этому является повышение температуры в системе водопровода холодной воды, обусловленное отсутствием (или неудовлетворительным состоянием) тепловой изоляции, близким расположением стояков и магистралей горячего и холодного водоснабжения, а также застойные участки.

Рецензия эксперта на статью получена 17.11.2022 [The expert review of the article was received on November 17, 2022]

УДК 628.16. Научная специальность: 2.1.4 (05.23.04).

Установки доочистки воды централизованных систем питьевого водоснабжения

Ю. А. Рыльцева, кафедра «Водоснабжение и водоотведение», [Московский государственный строительный университет \(НИУ МГСУ\)](#)

Согласно Федеральному закону РФ №416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении» организация, осуществляющая централизованную подачу питьевой воды абонентам, обязана заботиться о её соответствии установленным требованиям. Качество водопроводной воды в каждом регионе, городе индивидуально и зависит от многих факторов: типа и состояния водоисточника, уровня модернизации станции водоподготовки и её оснащённости современным оборудованием, эффективности применяемых технологий водоподготовки, состояния водопроводных сетей. В некоторых городах имеют место быть случаи обеспокоенности населения качеством водопроводной воды, о чём свидетельствуют объёмы продаж бутилированной воды и бытовых фильтров.

Ключевые слова: доочистка воды, бытовые фильтры, промышленные фильтры, мембраны, обратный осмос, питьевая вода.

UDC 628.16. The number of scientific specialty: 2.1.4 (05.23.04).

Water purification plants of centralized drinking water supply systems

Yu. A. Ryltseva, the Department "Water supply and water removal", [Moscow State University of Civil Engineering \(NRU MGSU\)](#)

According to the Federal Law of the Russian Federation No. 416 "On Water Supply and Sanitation", an organization that provides centralized supply of drinking water to subscribers is obliged to take care of its compliance with the established requirements. The quality of tap water in each region, city is individual and depends on many factors: the type and condition of the water source, the level of modernization of the water treatment plant and its equipment with modern equipment, the effectiveness of water treatment technologies used, the condition of water supply networks. In some cities, there are cases of public concern about the quality of tap water, as evidenced, among other things, by the volume of sales of bottled water and household filters.

Key words: water purification, household filters, industrial filters, membranes, reverse osmosis, drinking water.

Варианты ступеней очистки воды с мембранами в составе бытовых УДВ

табл. 1

Префильтр	Мембрана	Постфильтр
Один картридж с загрузкой из вспененного полипропилена → два картриджа с угольной загрузкой	Обратно-осмотическая	Картридж с угольной загрузкой
Один картридж с загрузкой из вспененного полипропилена → один картридж с загрузкой из сорбентов и ионообменных материалов	Нанофильтрационная	Картридж с угольной загрузкой
Один картридж с загрузкой из сорбентов и ионообменных материалов	Обратно-осмотическая	Картридж с угольной загрузкой
Один картридж с загрузкой из вспененного полипропилена → три картриджа с угольной загрузкой	Ультрафильтрационная	Картридж с угольной загрузкой

В работе [4] описаны результаты тепловизионного обследования коммуникационной шахты здания, предназначенной для размещения стояков водоснабжения и водоотведения. Согласно зафиксированным результатам, трубопровод холодной воды может нагреваться до $+32^{\circ}\text{C}$, то есть до температуры, благоприятной для интенсивного развития бактерий. Вполне естественно, что при таких условиях функционирования системы водоснабжения санитарная безопасность воды будет снижаться. Не меньшей проблемой в отношении систем внутреннего водопровода из стальных труб является коррозия, причины которой подробно описаны в работе [5].

В целях улучшения органолептических и санитарно-микробиологических показателей качества воды, снижения жёсткости и концентрации железа многие водопотребители принимают решение об устройстве в своих квартирах установок доочистки воды. В целом, современные бытовые установки доочистки воды отличаются количеством ступеней очистки, разновидностью фильтров (вспененный полипропилен, уголь, нитяные фильтры), наличием или отсутствием мембран (обратноосмотических, нанофильтрационных, ультрафильтрационных) в составе установки, а также постфильтров, вы-

полняющих в том числе функцию минерализатора (табл. 1). В целях обеспечения более высокой производительности установки доочистки воды могут дополнительно комплектоваться гидроаккумуляторами объёмом от 8 л. Стоимость установок составляет от 5 до 30 тыс. руб.



Рис. 1. Пурифайер напольный

О необходимости устройства минерализатора (постфильтра) в составе мембранных установок доочистки воды споры учёных на сегодняшний день продолжают: одни настаивают на его необходимости в целях повышения концентрации кальция, магния, калия и pH воды, прошедшей через мембрану, другие склонны полагать, что достаточное количество перечисленных солей содержится в продуктах питания. Наиболее распространённым видом загрузки минерализаторов является активированный кокосовый уголь и кальцит.

Новинкой в сфере бытовых систем доочистки воды являются такие приборы как пурифайеры.

Пурифайер — это автомат по приготовлению питьевой воды со встроенными фильтрами и системой подогрева (охлаждения) воды. Приборы могут быть дополнительно укомплектованы ультрафильтрационными или обратноосмотическими мембранами, предполагают напольную (рис. 1) или настольную установку (рис. 2). Пурифайеры подключаются к системе внутреннего водопровода, стоимость их изменяется в широких пределах в зависимости от дополнительных функций (от 18 до 150 тыс. руб.).

Производители отмечают, что пурифайеры более выгодны в эксплуатации (по стоимости 1 л подготовленной воды) в сравнении с кулерами, требующими весьма недешёвой систематической доставки бутилированной воды.

Ресурс фильтров бытовых установок доочистки воды составляет от 6 до 20 м³. Приобретение, монтаж, обслуживание и замена такого оборудования требуют немалых материальных вложений от их владельцев. Вместе с тем доказано, что устройство и функционирование централизованных систем, рассчитанных на массовое производство, всегда оказывается дешевле. Такой же принцип имеет место и в отношении водоподготовки в многоквартирных домах.

В настоящее время на этапе проектирования системы внутреннего водопровода жилого здания установки дополнительной водоподготовки предусматриваются скорее в отношении многоквартирных домов повышенной комфортности. Чаще всего в их числе оказываются высотные здания, являющиеся multifunctional по назначению.

Действующая нормативно-техническая документация в сфере инженерных систем зданий не предъявляет требований в отношении необходимости устройства установок водоподготовки в многоквартирных домах.



Рис. 2. Пурифайер настольный

:: Характеристики установок обратного осмоса компании «Гейзер»

табл. 2

Модель	Кол-во мембран	Производительность, м³/ч	Потребление исходной воды, м³/ч	Мощность, кВт	Размеры установки (в×д×ш), мм	Масса установки, кг
R06-4040	2×3	1,5	2,7–3,5	2,2	1100×745×2800	140
R08-4040	2×4	2,0	3	4,0	1515×745×2800	160
R012-4040	2×6	3,0	5	5,0	1515×745×2800	185
R04-8040	4	4,0	6	5,5	1700×800×2700	300
R06-8040	6	6,0	8–10	7,5	1600×800×2700	500
R08-8040	8	8,0	11	11	1700×800×2700	600
R09-8040	9	9,0	н.д.	11	н.д.	–
R010-8040	10	10,0	13–16	11	1700×800×2700	700

Источник: geizer.com.

Автором выполнен обзор производимых в настоящее время систем дополнительной подготовки воды, предлагаемых для многоквартирных жилых домов, а также отраслей промышленности, предъявляющих повышенные требования к качеству воды, используемой в технологических процессах. Так, в зависимости от конструктивных особенностей установки водоочистки можно классифицировать на мембранные и фильтровальные. Производительность установок различна, для выбора нужного варианта необходимы сведения о водопотреблении в здании. В целом для многоквартирных домов на 100 квартир и более целесообразно рассматривать варианты установок с производительностью от 1,5 м³/ч.

Мембранные высокопроизводительные установки доочистки воды (рис. 3), нацеленные на снижение её солесодержания, работают по принципу обратного осмоса. Поскольку мембраны чувствительны к повышенной концентрации хлора и мутности воды (допускается не более 1,0 ЕМФ), такие установки рекомендуется эксплуатировать с предварительными фильтрами. Обратноосмотические мембраны поставляются комплектно со всем необходимым оборудованием: насосом, защитной автоматикой, приборами контроля.

:: Качественный состав воды, подаваемой в мембранную установку водоочистки

табл. 3

Показатель	Величина для воды, подаваемой в установку водоочистки	Величина для питьевой воды централизованного водоснабжения (по СанПиН 1.2.3685–21)
Общая минерализация, мг/л	не более 5000	1000
Мутность, ЕМФ	не более 1,0	2,6
Водородный показатель pH	3–10	6–9
Содержание свободного хлора, озона, мг/л	не более 0,1	–
Нефтепродукты, мг/л	отсутствие	0,1
Общая жёсткость, мг-экв/л	не более 7,0	7,0
Содержание железа, мг/л	не более 0,1	0,3
Содержание марганца, мг/л	не более 0,1	0,1
Содержание кремния, мг/л	не более 10	25

* Сравнение данного состава воды с качеством питьевой воды централизованного водоснабжения.

В зависимости от конструктивных особенностей установки водоочистки можно классифицировать на мембранные и фильтровальные. Высокопроизводительные мембранные установки доочистки воды, нацеленные на снижение её солесодержания, работают по принципу обратного осмоса. Следует учитывать, что мембраны чувствительны к повышенной концентрации хлора и мутности воды

Требования к качеству воды, направляемой на установки водоочистки, представлены в табл. 3.

Согласно данным табл. 3, можно сделать вывод, что качество воды, подаваемой в обратноосмотические установки, должно быть изначально достаточно высоким. Например, вода из централизованного водопровода перед подачей в установку может потребовать снижения показателей мутности, уменьшения содержания нефтепродуктов, а также снижения общей жёсткости и ограничения содержания железа и кремния.

Системы очистки воды на основе обратного осмоса предлагаются компанией Raifil, функционирующей на территории Российской Федерации. Все предлагаемые модели установок (табл. 4) укомплектованы префильтрами в целях увеличения срока службы мембран.

Большое разнообразие промышленных установок обратного осмоса серии «Экодар Осмос» предлагается российской инженеринговой компанией «Экодар». Производитель гарантирует получение пермеата в количестве от 60 до 80 % от очищаемого объёма воды. Модели установок сгруппированы по сериям в зависимости от исходного солесодержания воды и производительности (табл. 5).



:: Рис. 3. Установка обратного осмоса высокой производительности

Основные характеристики водоочистителей Raifil

табл. 4

Модель водоочистителя	Производительность, м³/ч	Цена, руб. (октябрь 2022)
Raifil RO-2000	2,0	896 800
Raifil CCK-1000, RO-3000	3,0	1 459 188
Raifil CCK-1000, RO-4000	4,0	2 117 392
Raifil RO-5000	5,0	1 780 266
Raifil RO-10000	10,0	3 225 884

Характеристики установок обратного осмоса компании «Экодар»

табл. 5

Модель	Количество мембран	Производительность, м³/ч	Мощность, кВт	Размеры установки (в×д×ш), мм	Масса установки, кг
Обратноосмотические системы серии WWRO Ocean					
WWRO 30001	1×6	1,5	2,3	1190×810×1780	214
WWRO 40001	1×8	2,0	3,1	1190×810×1780	231
Промышленные установки Zauberos-W (для воды с солесодержанием не более 1500 мг/л)					
Zauberos-3W	3×1	2,0–2,5	3,0	4000×1000×1600	247
Zauberos-4W	4×1	3,0–3,5	4,0	5000×1000×1600	299
Zauberos-6W	3×2	5,0–5,5	4,0	4000×1000×1600	362
Zauberos-8W	4×2	7,0–7,5	5,5	5000×1000×1600	432
Zauberos-9W	3×3	8,0–8,5	5,5	4000×1000×1600	516
Zauberos-12W	3×4	10–11	7,5	4000×1000×1800	612
Zauberos-15W	3×5	13–14	11,0	6000×1000×2000	715
Zauberos-16W	4×4	15–15	11,0	5000×1000×1800	746

Второй тип установок водоочистки, под-
ходящих в том числе для многоквартир-
ных домов, — это установки фильтро-
вального типа.

В состав установок водоочистки филь-
тровального типа входят фильтры освет-
ления (угольные фильтры), фильтры
умягчения (с ионообменными смолами)
и установки ультрафиолетового обеззара-
живания. Производительность установок
от 1,5 до 15 м³/ч. Фильтры поставляются
в стеклопластиковых ёмкостях (рис. 4),
их стоимость составляет от 80 до 900 тыс.
руб. Производителем таких установок
на территории Российской Федерации
является компания Diasel Engineering
(ООО «НПК «Диасел»).

**Бытовые установки доочистки
отличаются числом картриджей,
каждый из которых предназна-
чен для выведения из воды
определённого показателя. До-
статочную популярность име-
ют бытовые установки доочист-
ки воды с мембранами. В осно-
ве промышленных установок
доочистки воды, как правило,
предусматриваются мембраны
обратного осмоса или фильтры
с зернистой загрузкой. Расход
концентрата при использовании
мембран достаточно высок и со-
ставляет 27–57 %**

В работе [6] отмечается отсутствие выра-
женного влияния на качество водопро-
водной воды, подаваемой населению через
централизованные сети, новизны труб
водопроводной сети на уровне двора или
дома. Это даёт основание полагать, что
системы внутридомовой водоочистки не
утратят своей актуальности до масштаб-
ной реновации сетей централизованного
водоснабжения.

При этом анализ современных устано-
вок доочистки воды показал, что:

- бытовые установки доочистки отли-
чаются числом картриджей, каждый из
которых предназначен для выведения из
воды определённого показателя (мутно-
сти, цветности, солей жёсткости, железа,
бактерий и пр.);
- достаточную популярность имеют бы-
товые установки доочистки воды с мем-
бранами (ультрафильтрации, нанофиль-
трации или обратного осмоса);
- в основе промышленных установок до-
очистки воды, как правило, предусматри-
ваются мембраны обратного осмоса или
фильтры с зернистой загрузкой — в пер-
вом случае может потребоваться пред-
варительная очистка воды на зернистых
фильтрах в целях продления срока служ-
бы мембран;
- расход концентрата (воды, обогащён-
ной растворёнными солями) при исполь-
зовании мембран достаточно высок и со-
ставляет не менее 20 % — такая вода мо-
жет быть отправлена в канализацию или
возвращена в точку ввода в установку
доочистки воды (при этом качество пер-
меата может снижаться).

Также следует отметить, что споры учё-
ных о целесообразности установки мини-
рализаторов (фильтров, повышающих
содержание в воде солей) после мембран
в составе установок доочистки воды на
сегодняшний день продолжаютс. ●



Рис. 4. Фильтры для доочистки воды компании Diasel Engineering

1. Jakositz S., Pillsbury L., Greenwood S., Fahnstock M., McGreavy B., Bryce J., Mo W. Protection through partici-
pation. Crowdsourced tap water quality monitoring for
enhanced public health. Water Research. 2020. Vol. 169.
Pp. 115–209.
2. Чеснокова С.М., Подолец А.А., Савельев О.В. Оценка
макро- и микроэлементного состава бутилирован-
ных вод и водопроводной воды г. Владимира // Водос-
набжение и санитарная техника, 2018. №4. С. 6–12.
3. Калимуллина Д.Д., Гафуров А.М. Проблема загряз-
нения водопроводных сетей // Инновационная наука,
2016. №6. С. 95–96.
4. Хомайко Л. Как победить бактерии в системе водо-
снабжения: активные и пассивные способы [Электр.
текст]. Forumhouse от 03.10.2018. Режим доступа:
forumhouse.ru. Дата обрац.: 05.12.2022.
5. Чухин В.А., Андрианов А.П. Ускоренная коррозия
оцинкованных трубопроводов в системах ГВС // Журнал СОК, 2019. №7. С. 22–30.
6. Сазонова О.В., Рязанова Т.К., Тушикова Д.С. и др.
К вопросу о качестве питьевого водоснабжения в го-
родском округе Самара // Самарский научный вест-
ник, 2020. №3. С. 113–121.

References — see page 109.

Water purification plants of centralized drinking water supply systems. Pp. 34–37.

Yuliya A. Ryltseva, the “Water supply and water removal” Department, [National Research Moscow State University of Civil Engineering \(NRU MGSU\)](#)

1. S. Jakositz, L. Pillsbury, S. Greenwood, M. Fahnestock, B. McGreavy, J. Bryce, W. Mo. Protection through participation. Crowdsourced tap water quality monitoring for enhanced public health. *Water Research*. 2020. Vol. 169. Pp. 115–209.
2. S.M. Chesnokova, A.A. Podolec, O.V. Savelev. *Ocenka makro- i mikrojelementnogo sostava butilirovannyh vod i vodoprovodnoj vody g. Vladimira* [Assessment of the macro- and microelement composition of bottled waters and tap water in the Vladimir city]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika* [Water supply and sanitary engineering]. 2018. No. 4. Pp. 6–12. [In Russian]
3. D.D. Kalimullina, A.M. Gafurov. *Problema zagryaznenija vodoprovodnyh setej* [The problem of pollution of water supply networks]. *Innovatsionnaja nauka* [“Innovative science” Magazine]. 2016. No. 6. Pp. 95–96. [In Russian]
4. L. Homajko. *Kak pobedit' bakterii v sisteme vodosnabzhenija: aktivnye i passivnye sposoby* [How to defeat bacteria in the water supply: active and passive methods]. Forumhouse from October 3, 2018. Web-source: forumhouse.ru. Access date: December 5, 2022. [In Russian]
5. V.A. Chuhin, A.P. Andrianov. *Uskorennaja korrozija ocinkovannyh truboprovodov v sistemah GVS* [Accelerated corrosion of galvanized pipelines in hot water systems]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, konditsionirovanie (SOK)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2019. No. 7. Pp. 22–30. [In Russian]
6. O.V. Sazonova, T.K. Rjazanova, D.S. Tupikova et al. *K voprosu o kachestve pit'evogo vodosnabzhenija v gorodskom okruge Samara* [To the question of the quality of drinking water supply in the Samara urban district]. *Samarskij nauchnyj vestnik* [“Samara Scientific Bulletin” Magazine]. 2020. No. 3. Pp. 113–121. [In Russian]