

Применение КНС с предварительной очисткой обеспечивает эксплуатирующей организации следующие преимущества:

- обеспечивается минимальная вероятность засорения, т. к. насосы не контактируют с твердыми и нерастворимыми частицами в сточной воде;
- обеспечивается возможность использования простых дешевых насосов с небольшим свободным проходом, за счет чего требуется более низкая потребность в электроэнергии при более высоком КПД, а также снижаются эксплуатационные расходы;
- обеспечиваются гигиенические условия для технического обслуживания и выполнения монтажных работ, т. к. все элементы доступны снаружи;
- помещение для насосов чистое, сухое и без запаха;
- меньший механический износ, т. к. не происходит перекачивания твердых частиц через гидравлическую часть;
- гарантированная непрерывная надежная эксплуатация;
- допускается сокращение санитарно-защитной зоны.

#### **Список литературы**

1 Патент BY 13459. Канализационная насосная станция с предварительной очисткой : опубл. 20.04.2024 / Лисицын В. Л., Роденко А. В., Гордеев С. В.

2 Патент RU 224641. Канализационная насосная станция с предварительной очисткой : опубл. 29.03.2024 / Лисицын В. Л., Роденко А. В., Гордеев С. В.

УДК 613.31; 628.16; 644.61

### **БЫТОВЫЕ ФИЛЬТРЫ ДЛЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ. МАРКЕТИНГОВЫЙ ХОД ИЛИ ОСОЗНАННАЯ НЕОБХОДИМОСТЬ?**

*В. В. САВИЧ<sup>1</sup>, А. М. ТАРАЙКОВИЧ<sup>1</sup>, Д. Ю. ВЕРБИЦКИЙ<sup>1</sup>,  
Р. П. ГОЛОДОК<sup>1</sup>, Л. П. ПИЛИНЕВИЧ<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Институт порошковой металлургии имени академика О. В. Романа,  
г. Минск, Республика Беларусь  
office@pminstitute.by*

*<sup>2</sup>Белорусский государственный университет информатики  
и радиоэлектроники, г. Минск  
savich.vadim@gmail.com*

**Актуальность.** Очистка воды для ее условно безопасного потребления интересовала людей с древних времен. Не могла не интересовать, ведь зависимость здоровья от качества потребляемой воды очевидна. Использовалась, в первую очередь, визуальная оценка чистоты и прозрачности, а также

органолептическая оценка. С этой точки зрения родниковая вода, прошедшая естественную фильтрацию через грунт, имела безусловные преимущества и не требовала дополнительной очистки. Речная и озерная вода не всегда была пригодна для питья без хотя бы ее отстаивания. Эффективным стало рытье ямки вблизи берега водоема, реки, ручья. Вода, просачиваясь сквозь толщу земли, фильтровалась естественным образом. Конечно, вода не была чистой в современном понимании, но визуально она выглядела, по крайней мере, прозрачной. Следующим шагом стало рытье колодцев – первых гидротехнических сооружений для добыwania и получения подземных вод из первого от поверхности безнапорного водоносного пласта, вода в котором проходила очистку фильтрацией через грунт.

С развитием мегаполисов уже в Древнем мире встала проблема централизованного водоснабжения их населения. Для этого разведывались источники чистой воды, которые зачастую находились в отдалении – на расстоянии десятков километров, что побудило к строительству водопроводящих каналов и акведуков, а в самих городах – к строительству закрытых трубопроводов из керамики, дерева и свинца, который, не загрязняя воду визуально, насыщал ее токсичными соединениями.

В эпоху Средневековья централизованное водоснабжение в Европе было предоставлено на откуп мэриям и магистратам городов. Однако со второй половины XVIII века повсеместно стали использоваться отстойники и засыпные песчаные фильтры для очистки воды перед ее подачей в уличные устройства для разбора питьевой воды, что позволяло ее неплохо очищать от механических примесей.

В современных населенных пунктах вода от источников до поступления в водопроводную сеть проходит все необходимые стадии промышленной очистки на соответствующих сооружениях, подвергается постоянному тщательному химическому и микробиологическому анализу и в целом соответствует санитарным нормам. Это значит, что она не токсична и не опасна для здоровья. То есть ПДК (предельно допустимые концентрации) вредных веществ в такой воде не превышены. Да, они там могут быть, но в количествах, допустимых стандартом. Чтобы было совсем понятно: такую воду можно пить без риска умереть сразу после питья. Но такая вода может содержать остатки хлора, пестициды, другую органику. Пройдя по трубам, вода собирает коллоидное железо, оксиды железа, ионы других металлов, из которых выполнены трубы, краны, задвижки, фитинги и другая водопроводная арматура.

В [1] приведено сравнение показателей качества питьевой воды, нормируемое в Российской Федерации, в СССР, в ЕС и рекомендации ВОЗ. На выходе из коммунальных очистных сооружений вода должна соответствовать этим показателям и, в принципе, не представляет опасности для здоровья потребителей. Однако на пути к распределительным устройствам в жилье качество воды неизбежно ухудшается вследствие ряда причин.

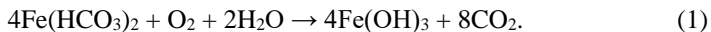
## Основные результаты.

### 1 Вторичное загрязнение воды в водопроводных сетях

В результате транспортировки воды по водопроводным сетям качество ее ухудшается – увеличивается содержание железа в воде, повышается мутность и цветность. Указанное явление, именуемое как вторичное загрязнение, традиционно связывают с коррозионной активностью воды, которая, как правило, объясняется ее химическим составом. В ряде случаев наблюдаются увеличение концентрации железа до 1 мг/л и ухудшение качества воды по органолептическим показателям [2]. В результате биообрастания внутренние поверхности металлических трубопроводов покрываются органическими наростами и отложениями, высота которых может достигать 30–40 мм. Практика показывает [3], что 30–40 % вновь построенных металлических трубопроводов в результате образования таких наростов теряют пропускную способность на 20–60 % в течение 10–15 лет, а в некоторых случаях – даже в течение первых 4–6 лет эксплуатации. Микроорганизмы, прикрепившиеся к стенкам трубопроводов, образуют достаточно толстый слой, сокращают их проходное сечение и изменяют гидравлический режим работы водопроводной сети, что в свою очередь приводит к увеличению энергетических затрат на подачу воды потребителям, к периодическим смывам микроорганизмов, частиц оксидов железа, других металлов.

Вторичное загрязнение воды обусловлено заселением стенок трубопроводов железобактериями и неравномерностью гидравлического режима работы водопроводной сети. Железобактерии – типичные представители микрофлоры, которые выносятся из источника водоснабжения в водопроводную сеть, после чего закрепляются на стенках трубопровода. Учитывая, что поверхность трубы не является идеально гладкой, а железобактерии в большей своей части представлены нитчатыми формами, на первой стадии происходит механическое удерживание (иммобилизация) микроорганизмов. Закрепившись на стенке трубопровода, железобактерии размножаются, формируя биопленку. Низкие концентрации органических веществ, биогенных элементов и восстановленных соединений железа компенсируются условиями протока. Железобактерии окисляют двухвалентное железо ( $\text{Fe}^{2+}$ ) до трехвалентного ( $\text{Fe}^{3+}$ ), используют освобождающуюся при этом энергию на усвоение углерода из углекислого газа и карбонатов [4–7].

Окисление протекает по следующей реакции:



При этом энергии выделяется немного, поэтому железобактерии окисляют большое количество двухвалентного железа.

Например, род *Leptothrix*, окисляя двухвалентное железо  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$  и  $\text{FeCO}_3$ , присутствующее в водоемах, выделяет гидроокись железа  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , которая откладывается на поверхности клеток. При этом образуется чехол, который препятствует сообщению клеток с внешней средой. Когда чехол становится достаточно плотным и начинает препятствовать сообщению

клеток с внешней средой, они его покидают и начинают формировать новый. Даже при незначительном количестве (менее 0,3 мг/л) железа в воде (прежде всего двухвалентного) клетки микроорганизмов активно аккумулируют его, так как испытывают в нем физиологическую потребность для удаления токсичных продуктов метаболизма. Таким образом, на поверхности трубопровода появляются участки, покрытые обильными охристыми отложениями, образованными биогенным путем [5]. При резких изменениях давления и, соответственно, скоростей течения воды, а также знакопеременных потоков в водопроводной сети охристые отложения с внутренней поверхности трубы срываются, ухудшая тем самым качество воды по органолептическим показателям. В воде, протекающей по трубопроводу, содержится определенное количество кислорода. Участки трубопровода, не подвергшиеся обрастанию железобактериями, омываются водой и хорошо вентилируются. Участки под охристыми отложениями водой не омываются и поэтому аэрируются слабее, что способствует протеканию коррозии [6].

Во вторичное загрязнение воды вносят свою лепту мелкодисперсный песок и глина, попадающие в сеть через неплотности трубопроводов и арматуры [4, 7].

Основными проблемами, обусловленными качеством питьевых вод в Беларуси, являются повышенное содержание железа и марганца в воде из подземных источников, азотсодержащих соединений (нитратов, нитритов, аммиака) в воде неглубоких источников (колодцев), мутность и окраска воды, микробиологическое загрязнение воды колодцев [8].

Высокое содержание железа и марганца – это природное свойство наших подземных вод, превышение норматива по содержанию железа (0,3 мг/л) характерно для половины артезианских скважин на территории страны [8]. В то же время железо относят к веществам, присутствие которых в воде в повышенных количествах нежелательно по эстетическим и бытовым аспектам – вода становится мутной, приобретает бурую окраску и горьковатый металлический привкус. В такой воде стирка белья оставляет разводы, остаются пятна на санитарно-технических изделиях, да и на вкус и внешний вид она неприятна. Последствия же для организма наступают при более высокой концентрации: по данным ВОЗ при содержании железа до 2 мг/л (в 7 раз выше норматива) воду можно пить всю жизнь и не получить заболевания. Решают эту проблему в Беларуси с помощью массового строительства станций обезжелезивания, даже в малых населенных пунктах. В бытовых условиях железо, как правило, убирается самыми простыми фильтрами.

Жесткость воды является одним из критериев, по которому потребители судят о ее качестве. Известно, что в жесткой воде овощи и мясо развариваются плохо, она портит вид, вкус и качество чая, в жесткой воде плохо мылится мыло. Жесткость определяет отложение накипи на посуде и нагревательных элементах. Общая жесткость воды обусловлена содержанием солей кальция и магния. В основном проблема высокой жесткости характерна для воды из

глубоких водозаборов. У лиц с чувствительной тонкой кожей жесткая вода приводит к закупорке протоков сальных желез кожи и вызывает болезненную сухость и раздражение. Установлена связь очень высокой жесткости воды с мочекаменной болезнью, влияет жесткость и на изменение белково-липидного и водно-солевого обменов.

Однако и употребление очень мягкой воды неблагоприятно сказывается на здоровье. Научные данные свидетельствуют, что при ее употреблении возникают нарушения проводимости нервных импульсов в сердечной мышце, увеличивается частота и тяжесть течения сердечно-сосудистых заболеваний (ишемической болезни сердца, артериальной гипертензии). Кроме того, очень мягкие воды способствуют развитию коррозии водопроводных труб. Оптимальная жесткость питьевой воды составляет 7 мг-экв/л (в некоторых регионах допускается до 10). Такой гигиенический норматив для жесткости установлен исходя из влияния на приемлемость для потребления с точки зрения привкуса и отложения накипи.

Одной из приоритетных для Республики Беларусь является проблема загрязнения питьевой воды азотсодержащими соединениями (нитратами, нитритами, ионами аммония). Эта проблема в основном касается колодцев и артезианских скважин, подающих воду из неглубоких водоносных горизонтов. По данным санитарной службы Минздрава до 30 % проб воды из колодцев ежегодно не соответствуют нормативам по содержанию нитратов. Проникновение компонентов сельскохозяйственного загрязнения прослеживается на глубину до 14–16 м, а вниз по потоку грунтовых вод – до 1,5 км от зоны загрязнения. ВОЗ доказано, что если при концентрации нитратов в питьевой воде менее 10 мг/л основным источником поступления нитратов в организм действительно служат овощи, то при содержании нитратов в воде свыше 50 мг/л основным источником суммарного потребления нитратов является питьевая вода. Нитраты вступают в реакцию с гемоглобином в крови и лишают красные кровяные тельца возможности насыщать клетки организма кислородом. Это приводит к нарушению обмена веществ, снижению иммунитета, а при очень высоком содержании нитратов – к заболеванию, называемому метгемоглобинемией, при котором кровь полностью теряет способность переносить кислород к тканям и органам. Особенно опасно высокое содержание нитратов в воде для детей на искусственном вскармливании, беременных, людей, страдающих от заболеваний анемиями, сердечно-сосудистой, дыхательной и пищеварительной систем, дисбактериозом кишечника, для здоровых взрослых – в меньшей степени. Гигиенический норматив для нитратов не более 45 мг на литр. Проблема нитратного загрязнения воды является актуальной еще и потому, что нитраты трудно удалить из воды обычными методами очистки, необходимо использование более совершенных дорогостоящих технологий.

Для обеззараживания питьевой воды, транспортируемой по металлическим трубопроводам, и борьбы с биообрастанием в отечественной и зарубежной

практике широко используются различные окислители, преимущественно хлор или гипохлорит натрия. Эти окислители обладают существенными недостатками – возможностью образования в виде канцерогенных и других токсических продуктов, являющихся вторичным загрязнением, инициирующим также развитие злокачественных новообразований в организме человека. Кроме того, у микроорганизмов, живущих в слое отложений на внутренней поверхности труб, вырабатывается резистентность к хлору, что свидетельствует об эпидемической опасности питьевой воды [9].

## 2 Основные типы бытовых фильтров

В работе [10] приведен характерный рисунок, связывающий виды загрязнений в воде и методы фильтрации, позволяющие их эффективно удалять (рисунок 1)

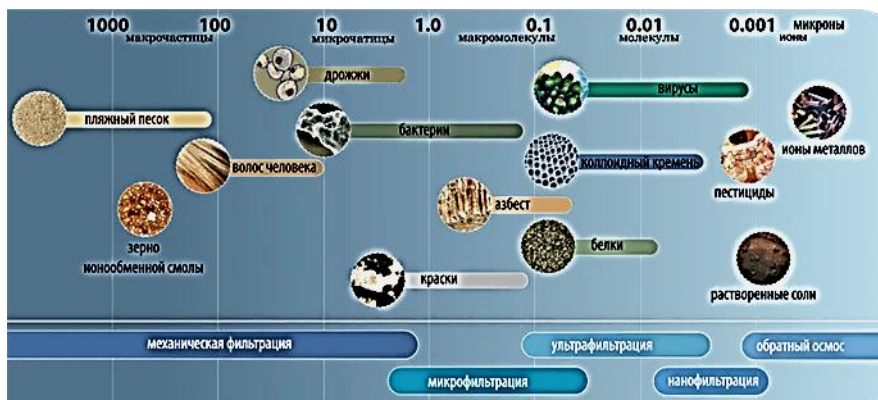


Рисунок 1 – Тонкость фильтрации различных методов очистки воды [10]

Из рисунка 1 хорошо видно, что значительную часть загрязнений можно и нужно удалять механической фильтрацией.

### 2.1 Механические фильтры грубой и тонкой очистки

На рисунке 2 представлена конструкция наиболее распространенного косого сетчатого фильтра грубой очистки. Такие фильтры обычно устанавливают перед счетчиками воды, предохраняя их от повреждения частицами песка, оксида железа и т. д. Тонкость очистки фильтров определяется размером ячейки сетки и составляет, как правило, 50, 80 или 100 мкм. Сетчатый фильтроэлемент обеспечивает поверхностный режим фильтрации и имеет небольшой ресурс работы до падения производительности, поэтому требует периодической регенерации обратным током либо промывкой вне корпуса. На рисунке 3 представлена конструкция самопромывного сетчатого фильтра. Его конструкция сложнее, чем у предыдущего, но позволяет на месте проводить промывку тангенциальным потоком либо обратным, в зависимости от схемы подключения. Имеются фильтры механической очистки с

объемно-пористыми картриджами, выполненными намоткой из полимерной нити, спеченные из порошка полимера, керамики или металла. Ресурс таких фильтров многократно выше, чем сетчатых, однако их регенерация затруднена, поэтому проще просто поменять картридж. При больших объемах фильтрации для механической очистки используют засыпные фильтры-колонны, в которые засыпают песок, мелкий гравий, щебень, другой гранулированный минеральный материал, часто комбинируемый с сорбентами.

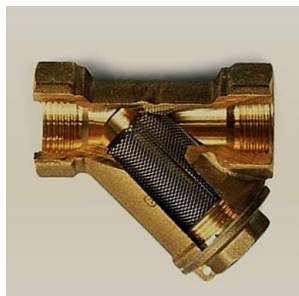


Рисунок 2 – Косой сетчатый фильтр грубой очистки. Тонкость очистки 50–100 мкм

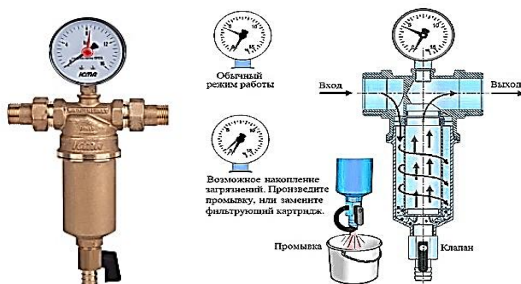


Рисунок 3 – Фильтр сетчатый самопромывной Иста 751 1/2" Ду15 Ру25 Т-образный с наружной резьбой, латунный. Тонкость очистки 50–100 мкм

## 2.2 Сорбционные фильтры

Первый и до недавнего времени самый распространенный сорбент – активированный уголь. Его, как впрочем и другие сорбенты, например ОДМ-2Ф – автокаталитический алюмосиликатный сорбент, используют в двух формах: гранулах размерами 0,8–2,0 или 0,7–1,5 мм либо в виде более мелких фрагментов (менее 0,6–1,0 мм), зафиксированных в объеме пористых элементов – картриджах, служащих фильтрами механической очистки.

На рисунке 4 [10] схематично представлена сепарация загрязнений из воды сорбентами.



Рисунок 4 – Схема очистки воды сорбентами [10]

На наш взгляд, сорбенты удаляют и неорганические вещества, и механические частицы. Сорбенты способны удалить неприятный привкус и запахи,

устраняют из воды хлор и побочные продукты хлорирования, эффективно удаляют многие химические вещества и газы. Но, как правило, это не влияет на общее количество растворенных твердых веществ, жесткость, тяжелые металлы и большинство бактерий и вирусов.

Гранулированный активированный уголь используется чаще всего, поскольку является основным продуктом производства. Он засыпается в большие баллоны (колонного типа), в небольшие корпуса фильтров (картриджного типа). Недостаток – он не удаляет из воды сложные хлорсодержащие соединения. При длительном использовании (более 3 месяцев) накапливает бактерии и микроорганизмы. На рисунке 5 представлена схема и внешний вид типовой станции водоподготовки с сорбционной колонной.

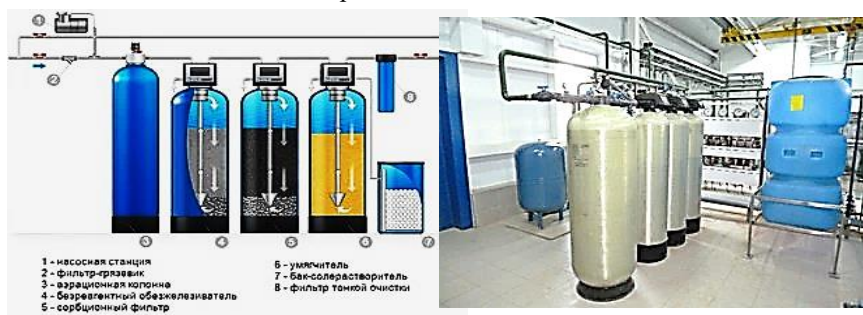


Рисунок 5 — Схема и внешний вид типовой станции водоподготовки с сорбционной колонной

### 2.3 Мембранные фильтры

Принцип работы мембранных фильтров прост. Вода проходит под давлением через полупроницаемую мембрану, при этом все загрязнения, превышающие размер её пор, задерживаются на поверхности фильтрующего элемента. По диапазону фильтрации различают следующие подгруппы (размер пор в мкм): «микро» – 0,5–5; «ультра» – 0,02–0,4; «нано» – 0,002–0,01. Исходя из размеров пор мембран, начиная от ультрафильтрации, мембраны удаляют не только механические частицы, коллоиды, но и бактерии, вирусы. Обратный осмос позволяет задерживать любые фракции загрязнений крупнее молекул воды. Через подобную преграду (минимальный размер отверстий 0,0001–0,0005 мкм) не проникают мельчайшие микроорганизмы, соли жесткости. Ее можно использовать как альтернативу термической дистилляции.

#### Основные типы мембранных фильтров:

1 Плоскостные мембранные фильтры. В качестве фильтрующего элемента используется набор плоских полимерных пленок или металлокерамических пластин, через которые проходит вода. Изначально их устанавливали в специальные плоскостные аппараты по типу фильтр-пресса, ограниченные по глубине очистки и производительности. Современные



фильтры с плоскими дисковыми мембранами применяют в основном для микрофильтрации.

2 Фильтры для воды с трубчатыми мембранами. Представляют собой корпус со встроенными в него тонкостенными трубками из пористых материалов: керамики, металла, полимеров. Его используют в основном для микро- и ультрафильтрации при условиях необходимости высокой химической, температурной или радиационной устойчивости материалов.

3 Фильтры для воды с полволоконными мембранами. Фильтры состоят из множества пористых трубочек малого диаметра. В качестве материала чаще всего используется пищевой полиэтилен, полисульфон. Размер пор составляет 0,1 мкм. Обладают компактными размерами при достаточной большой площади фильтрации. Однако быстро забиваются и требуют качественной предварительной очистки воды.

4 Фильтры для воды с рулонными мембранами и установки обратного осмоса. Мембранный элемент рулонного типа (рисунок 6) представляет собой дренажную трубку, на которую наматывается многослойный пористый материал, закрытый с двух сторон специальными прокладками.

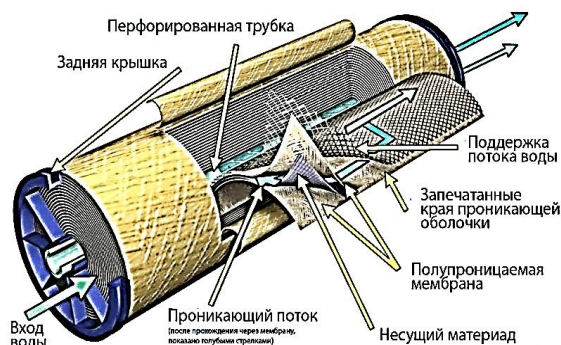


Рисунок 6 – Мембранный элемент рулонного типа

Такой вид мембраны применяют в основном для установок обратного осмоса. Большая площадь фильтрации и диаметр пор менее 0,0001 мкм позволяют получить практически идеальную дистиллированную воду. Это оборудование успешно применяется в промышленности для водоподготовки и обеспечения технологических процессов, опреснения морской воды и стерилизации растворов. Бытовые системы обратного осмоса достаточно компактны. Однако для защиты чувствительного мембранного элемента от забивания и повреждений необходима предварительная водоподготовка.

Если обратноосмотическая установка используется для получения питьевой воды, то рекомендуется дополнительно устанавливать специальный картридж для нормализации её минерального состава. Также специалисты рекомендуют делать замену обратноосмотической мембраны не реже, чем раз в 3 месяца.

Представляет интерес новое поколение фильтров с промывными мембранами из структурированного титана (рисунок 7). Фильтры с промывными титановыми мембранами применяются как для водоподготовки в промышленности, так и для очистки питьевой воды в бытовых условиях. Обычно устанавливается в качестве самостоятельного фильтра для водопроводной воды или в качестве фильтра тонкой очистки в последней ступени водоочистных систем.



Рисунок 7 – Промывная титановая мембрана

Мембрана состоит из структурированных частичек титана, нанесённых на полимерную пористую подложку плазмохимическим методом. Размер пор мембраны составляет 0,1 мкм. Удаляет из воды взвеси, коллоиды, механические частицы, окисленное железо и бактерии (размер самой маленькой из них – 0,2–0,3 мкм). Промывка осуществляется обратным гидроударом очищенной воды из гидробака или второго фильтра в параллели, после чего все накопленные на поверхности мембраны загрязнения сбрасываются в канализацию. Титан устойчив к коррозии, инертен и безопасен для человека. Срок службы фильтра с промывной титановой мембраной не менее 10 лет.

Выбор обратного осмоса или ультрафильтрации необходимо делать основываясь на качество исходной воды, а именно количество в ней примесей и уровень жесткости. Обратный осмос полностью очищает воду от всех микроэлементов. В результате она становится мягкой и чистой, а также приобретает приятный вкус. Но при этом теряет минеральные вещества.

Ультрафильтрация не оказывает влияние на минеральный состав исходной жидкости, но при этом удаляет из нее все вирусы и бактерии.

В очищенной воде сохраняются полезные минералы и микроэлементы, а также остается привычный вкус.

Итак, если качество исходной воды очень плохое, в ней содержится много хлора, присутствует неприятный запах, осадок, муть, то целесообразно использовать обратный осмос. Если вода в целом неплохого качества, но хочется его улучшить, то идеально подойдет система ультрафильтрации.

## 2.4 Ионообменные фильтры

Ионообменный фильтр используется для очистки воды от различных загрязнений и солей. Он основан на принципе обмена, который происходит между ионами веществ в воде и ионами, находящимися на поверхности фильтра. Он состоит из полимерной смолы, на которой располагаются ионы, меняющиеся с ионами веществ в воде. В процессе фильтрования вода проходит через слои смолы, и ионы загрязнений замещаются ионами, находящимися на поверхности фильтра. В результате этого вода очищается от различных загрязнений, таких как хлор, свинец, железо, медь и другие.

Ионообменные установки используются для смягчения воды – удаления из нее избыточного содержания кальция и магния, других элементов.

На поверхности каждой гранулы сосредоточен электрический заряд с отрицательным и положительным знаком (рисунок 8).

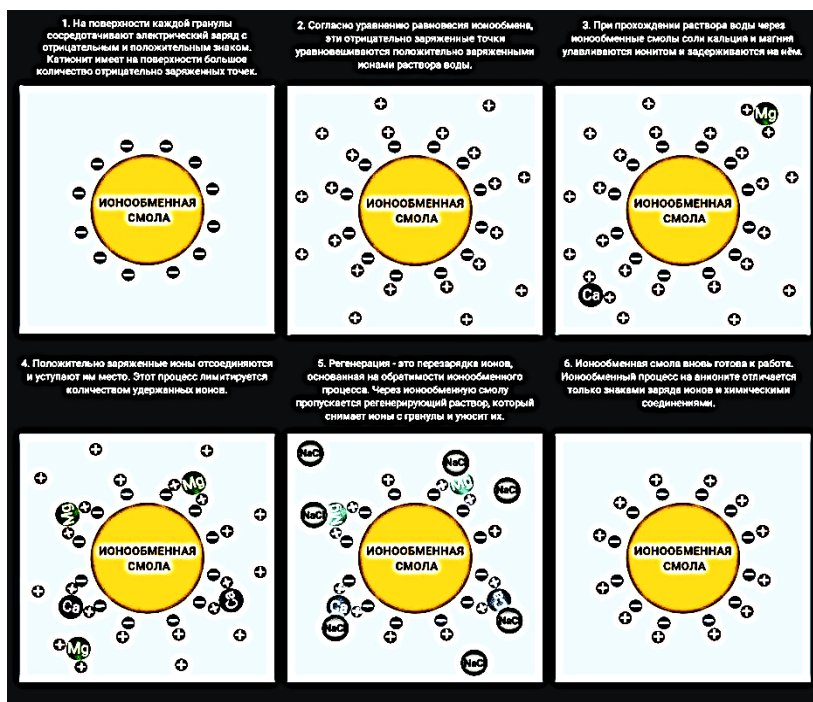


Рисунок 8 – Принцип работы ионообменной смолы

Катионит имеет на поверхности большое количество отрицательно заряженных точек. Согласно уравнению равновесия ионообмена, эти отрицательно заряженные точки уравниваются положительно заряженными ионами воды. При прохождении воды через ионообменные смолы

соли кальция и магния улавливаются ионитом и задерживаются на нём. Положительно заряженные ионы отсоединяются и уступают им место. Этот процесс лимитируется количеством удержанных ионов. Далее происходит перезарядка ионов – регенерация, основанная на обратимости ионообменного процесса. Теперь через ионообменную смолу пропускается регенерирующий раствор, который снимает ионы с гранулы и уносит их. Чаще всего в качестве регенерирующего раствора используют раствор нейодированной соли. Ионообменная смола вновь готова к работе. Ионообменный процесс на анионите отличается только знаками заряда ионов и химическими соединениями.

На рисунке 9 представлена конструкция типового бытового ионообменного фильтра для очистки воды.



Рисунок 9 – Конструкция бытового ионообменного фильтра для очистки воды

В зависимости от загрузки, ионообменные фильтры могут применяться для удаления из жидкости солей жесткости (Са и Mg), железа, марганца и тяжелых металлов, нитратов, кислот, солей кремния, органических соединений, радиоактивных отходов и прочих загрязнений. Результатом становится высокая степень очистки воды и, как следствие, возможность самостоятельного применения ионообменного фильтра без обратного осмоса.

### 3 Причины использования бытовых фильтров

*Квартира в многоквартирном доме.*

На рисунке 10 представлена типовая схема дополнительной очистки воды в квартире (отдельном жилом доме), подключенной к системе централизованного водоснабжения. Ниже приведены комментарии к составным частям указанной системы.

Редуктор холодной (1А) и горячей (1Б) воды. Предназначены для защиты сантехнической арматуры, шланговых соединений, стиральных, посудомоечных машин, а также душевых кабин и т. д. от скачков гидравлического

давления в системе холодного и горячего водоснабжения, а также способны поддерживать давление во входной магистрали не выше заданного.

На первом этапе воду освобождают от взвешенных частиц: песка, ржавчины, окалины труб и кальцинированного осадка. Для этого применяют фильтры механической очистки. В квартирах обычно используются такие фильтры двух видов: сетчатые и картриджные.

Сетчатые фильтры механической очистки (2А, 2Б). Сетки таких фильтров выполнены из коррозионностойкой стали и могут служить десятилетиями. Обеспечивают предварительную грубую фильтрацию и очистку от частиц свыше 100 мкм.

Картриджные фильтры (3А, 3Б). Представляют собой пластиковые или металлические корпуса, в которые помещаются сменные фильтрующие элементы. Картриджи механической очистки освобождают воду уже от более мелких примесей (диапазон 0,5–100 микрон). Можно использовать не только полипропиленовые и волоконные, но и угольные, а также угольно-волоконные картриджи, которые производят очистку воды не только от механических примесей, но и от хлора, неприятного вкуса и запаха.

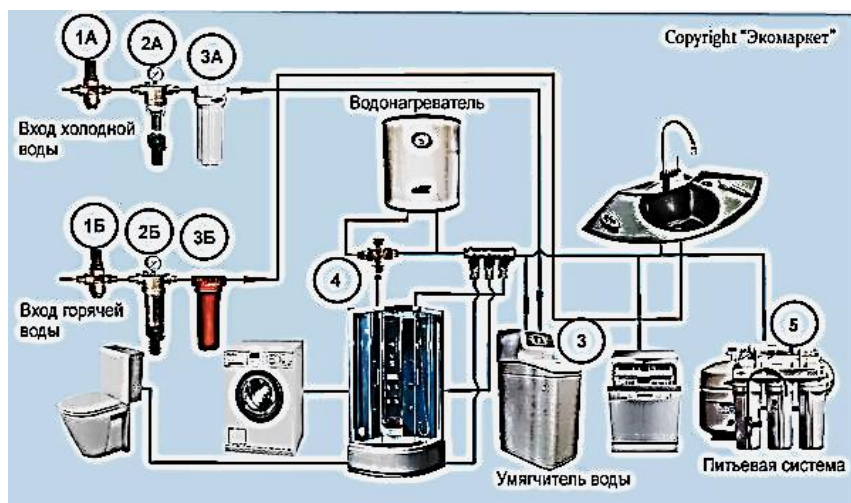


Рисунок 10 – Типовая схема дополнительной очистки воды в квартире (отдельном жилом доме), подключенной к системе централизованного водоснабжения

Фильтр-умягчитель воды малой производительности (3). Устанавливается только на холодную воду. Освобождает воду от солей жесткости. Требуется подключения к дренажной системе, так как этот аппарат нуждается в периодической регенерации фильтрующей среды. Установка такой системы очистки воды предотвратит образование накипи в проточных водонагревателях, бойлерах, на тэнах стиральных и посудомоечных машин,

в форсунках гидромассажных кабин, джакузи и другой бытовой технике. Обычно это ионообменный фильтр.

Терморегулирующий смесительный клапан с защитой от ожогов (4). Обеспечивает температуру воды на выходе не выше заданной. Используется для централизованной регулировки температуры в системах горячего водоснабжения, ограничения температуры воды в возвратном трубопроводе бойлера. При исчезновении холодной воды прекращается и поступление горячей. Также перекрывается впуск холодной воды при исчезновении горячей.

Фильтр питьевой воды (5). Устройство для получения чистой питьевой воды. Фильтр устанавливается под кухонную мойку и снабжен отдельным краном для чистой воды.

По субъективному мнению авторов, представленная на рисунке 10 схема является идеальной. Для практических целей в квартире с централизованным водоснабжением холодной и горячей водой достаточно позиций 1А, 2А и 3 на линии холодной воды. Вместо редукторов 1А и 1Б можно устанавливать обычные шаровые краны. Сетчатые фильтры 2А и 2Б целесообразно устанавливать последовательно с повышением тонкости очистки, например 100 и 50 мкм, что позволит повысить ресурс их работы, а также картриджных фильтров тонкой очистки 3А и 3Б до обслуживания. Подачу холодной воды в стиральную и посудомоечную машины, в бойлер (при его наличии) следует вести через ионообменный фильтр 3. При желании на отдельный кран питьевой воды можно подавать воду также через фильтр 3. В этом случае система фильтров 5 избыточна.

*Индивидуальный дом в сельской местности. Дачный дом.*

Как правило, водоснабжение в сельской местности ведется из двух источников: колодцы и скважины, качество воды в которых отличается. При этом следует регулярно проводить анализ воды в обоих случаях для оценки ее качества. При водоснабжении из колодцев ведрами обычно достаточно отстаивания в стационарной емкости для хозяйственных целей и дополнительной очистки фильтрами кувшинного типа при использовании для питья. Глубина колодцев от 5 до 30 метров. Часто используют в колодцах погружные насосы для водоснабжения дома. В этом случае в схему, подобную рисунку 10, вводится напорный бак на входе. Стандартным оснащением может быть использование устройств позиции 1А, 2А и 3А на линии холодной воды, причем тип ионообменной смолы следует выбирать по результатам анализа воды и наличию в ней конкретных загрязнений.

Глубина скважин от 20 до 200 метров. Водоснабжение ведется погружными насосами. Наличие напорного бака обязательно. Поскольку вода из скважин забирается с более глубоких горизонтов, чем колодцы, она более чистая, то вполне достаточно использовать в схеме водоочистки простейший механический сетчатый фильтр 2А и ионообменный фильтр 3 с ионообменной смолой, селективной к железу и марганцу.

**Выводы.** Беларусь входит по данным Программы развития ООН (ПРООН) в топ-20 стран по обеспеченности доступа населения к чистой воде. По величине водных ресурсов рек Беларусь занимает четвертое место в Европе после Норвегии, Великобритании и Польши. В Беларуси насчитывается более 10 тыс. озер и свыше 20 тыс. рек, каналов. Создано 1,5 тыс. прудов, 85 водохранилищ сезонного регулирования. Запасы только поверхностных вод оцениваются почти в 59 млрд м<sup>3</sup>, подземных – в 2,3 млрд. Используется лишь малая их часть. Показатель обеспеченности водными ресурсами в Беларуси находится на уровне среднеевропейского значения – 6,2 тыс. м<sup>3</sup> в год на душу населения. Это значительно выше, чем, например, в Польше и Украине. Поэтому водные ресурсы Беларуси могут оцениваться как достаточные, чтобы удовлетворить потребности страны в воде.

Более 40 % воды используется для хозяйственно-питьевых нужд. Наблюдается устойчивая тенденция к сокращению удельного водопотребления на душу населения – с 214 до 137 л в сутки. И показатель не превышает среднестатистические значения в европейских странах. Например, в Испании он составляет 126 л, в Великобритании – 136 л, Германии – 145 л, Голландии – 148 л, Франции – 159 л, Дании – 190 л, Швеции – 194 л. Существенную экологию дает внедрение оборотного и повторного водоснабжения в производственные процессы.

Внутренняя политика в области охраны и использования вод формируется Водным кодексом, Национальной стратегией управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года. Сформирована Национальная система мониторинга окружающей среды. Внимание уделяется как поверхностным, так и подземным водам. Ежегодно берется на анализ 10 тыс. проб. На контроле гидрохимические, гидробиологические, гидроморфологические показатели, а на 8 трансграничных пунктах наблюдений – содержание загрязняющих веществ в донных отложениях.

Представленные в данной работе результаты анализа авторами систем дополнительной очистки воды в квартире и в индивидуальном доме и рекомендации по их использованию носят субъективный характер. Главное – они основаны на принципе разумной достаточности.

### Список литературы

1 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества : СанПиН 2.1.4.1074-01 : утв. постановлением М-ва здравоохранения Рос. Федерации, 26 сент. 2001 г. // Сибирская экологическая компания. – URL: <https://www.sibecolog.ru/informatsiya/81> (дата обращения: 05.01.2025).

2 Калимуллина, Д. Д. Проблема загрязнения водопроводных сетей / Д. Д. Калимуллина, А. М. Гафуров // Инновационная наука. – 2016. – № 6 – С. 95–96. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-zagryazneniyavodoprovo-dnyhsetey> (дата обращения: 05.01.2025).

3 Вторичное загрязнение – опасность водопроводной воды // Ключ здоровья. – URL: <http://www.artvoda.com/vtorichnoe-zagryaznenie-opasnost-vodoprovodnoj-vody> (дата обращения: 05.01.2025).

4 **Продоус, О. А.** Предотвращение вторичного загрязнения питьевой воды в металлических сетях водоснабжения / О. А. Продоус, Д. И. Шлычков, Д. В. Спицов // Строительство: наука и образование. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 62–71. – URL: <https://doi.org/10.22227/2305-5502.2022.2.5> (дата обращения: 05.01.2025).

5 **Клейн, С. В.** Приоритетные факторы риска питьевой воды систем централизованного питьевого водоснабжения, формирующие негативные тенденции в состоянии здоровья населения / С. В. Клейн, С. А. Вековщина // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 3. – С. 49–60. – DOI: 10.21668/health.risk/2020.3.06.

6 **Гевод, В. С.** Загрязнение питьевой воды внутри водопроводов и экономичный способ ее доочистки в местах потребления / В. С. Гевод, И. А. Борисов // Водные ресурсы и климат : материалы V Междунар. Водного Форума, 5–6 окт. 2017 г., г. Минск : в 2 ч. Ч. 2 / Белорусский государственный технологический университет ; редкол.: О. Б. Дормешкин [и др.]. – Минск, 2017. – С. 10–18.

7 **Богданова, О. Ю.** Микробиологический анализ качества водопроводной и фильтрованной воды г. Санкт-Петербурга с учетом современных требований / О. Ю. Богданова, Т. Ф. Черных // Формулы Фармации. – 2022. – Т. 4, № 1. – С. 70–75.

8 **Дроздова, Е. В.** Питьевая вода – безопасная и полезная / Е. В. Дроздова // Научно-исследовательский институт гигиены, токсикологии, эпидемиологии, вирусологии и микробиологии. – URL: <https://rspch.by/ru/node/312/> (дата обращения: 05.01.2025).

9 Guidelines for drinking-water quality: first addendum to the fourth edition. – Geneva : WHO, 2017. – 541 p.

10 Методы фильтрации воды их достоинства и недостатки // AQUANOVA. – URL: <https://www.aquanova.com.ua/stati-i-obzory/metody-filtratsii-vody-ikh-dostoinstva-i-nedostatki/> (дата обращения: 05.01.2025).

УДК 628.31

## ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД В МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*В. В. СЕМЁНОВ, А. Н. ЛУГОВКИН, И. В. ПАВЛОВИЧ*

*Общество с ограниченной ответственностью «НПО Экосистема»,  
г. Солнечногорск, Российская Федерация  
[info@eco-systema.com](mailto:info@eco-systema.com)*

**Актуальность.** В России и Беларуси актуальна проблема защиты водных ресурсов от загрязнения сточными водами коммунальных и промышленных предприятий. Законодательство устанавливает строгие нормы на сброс загрязняющих веществ в водоемы и на централизованные очистные сооружения. За превышение допустимых показателей предусмотрены штрафы, которые могут достигать значительных сумм, сопоставимых с прибылью компаний. Однако одними финансовыми санкциями дело не ограничивается: при систематических нарушениях или нанесении серьезного ущерба