

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Архитектурно-строительный институт

(наименование института полностью)

Центр «Центр инженерного оборудования»

(наименование)

08.04.01 Строительство

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Водоснабжение городов и промышленных предприятий

(направленность (профиль)/ специализации)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Проектирование водоочистки для водозабора в д. Софьевка
сельского поселения Кротовка муниципального района Кинель-Черкасский

Обучающийся

О.Д. Сергеев

(инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный

док.техн.наук, профессор, В.А. Селезнев

руководитель

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти, 2025

Оглавление

Введение.....	4
Глава 1 Анализ текущего состояния подземных вод и основных проблем водоснабжения в Самарской области.	7
1.1 Общая характеристика подземных вод региона.....	7
1.1.1 Гидрогеологические условия.....	7
1.1.2 Основные водоносные горизонты.....	8
1.1.3 Оценка ожидаемой динамики уровня подземных вод.....	14
1.2 Особенности качества воды из подземных источников.....	15
1.2.1 Химический состав и минерализация подземных вод.....	17
1.2.2 Загрязнение природного и антропогенного характера.....	19
1.2.3 Соответствие воды санитарно-гигиеническим нормам.....	23
1.3 Особенности систем подземного водоснабжения Самарской области.....	25
1.3.1 Доля подземных вод в общем водоснабжении региона.....	26
1.3.2 Техническое состояние скважин и инфраструктуры.....	28
1.3.3 Ухудшение качества воды и риски для здоровья населения... ..	30
1.4 Характеристика населенного пункта.....	33
Глава 2 Анализ технологий очистки воды на питьевые нужды.....	37
2.1 Классификация технологий очистки воды.....	37
2.1.1 Безреагентные методы.....	37
2.1.2 Реагентные методы.....	44
2.1.3 Биологические методы.....	50
2.2 Особенности очистки воды из подземных источников.....	52
2.2.1 Специфика загрязнений.....	53
2.2.2 Технологические схемы очистки.....	55
2.3 Ошибки в проектировании водоочистных систем в поселках.....	61
2.4 Выбор технологических схем очистки воды из подземных источников для малых поселений.....	64

Глава 3 Проектирование системы водоочистки для водозабора в деревне Софьевка сельского поселения Кротовка.....	71
3.1 Анализ возможной технологической схемы очистки для водоподготовки в условиях Кинель-Черкасского района	71
3.2 Разработка технологической схемы водоочистки для деревни Софьевка	74
Заключение	87
Список используемой литературы и используемых источников.....	88
Приложение А Экспертное заключение по качеству воды	94

Введение

Актуальность. Каждый второй житель Российской Федерации вынужден использовать для питьевых целей воду, не соответствующую по ряду показателей установленным нормативам, почти треть населения страны пользуется источниками водоснабжения без соответствующей водоподготовки, население ряда регионов страдает от недостатка питьевой воды и отсутствия, связанных с этим, надлежащих санитарно-бытовых условий проживания. Проектирование системы водоочистки для водозабора в д. Софьевка сельского поселения Кротовка муниципального района Кинель-Черкасский является крайне актуальной и важной. Вода, используемая жителями этого района, характеризуется повышенным содержанием железа, цветности и мутности, что серьезно снижает ее качество и безопасность для потребления.

Высокое содержание железа может вызывать не только проблемы со здоровьем, но и технические сложности при использовании в быту. Цветность и мутность свидетельствуют о наличии других примесей, которые также могут быть потенциально опасными.

Проектирование эффективной системы очистки воды позволит обеспечить доступ жителей к чистой и безопасной питьевой воде. Это не только улучшит условия жизни местного населения, но также может способствовать улучшению общественного здоровья за счет предотвращения заболеваний, связанных с употреблением загрязненной воды.

Кроме того, разработка и реализация проекта по очистке воды подчеркнет значимость проблематики сохранения качества водных ресурсов на местном уровне и может стать примером для других подобных проектов.

Цель работы – разработка системы водоочистки для обеспечения населения деревни Софьевка, сельского поселения Кротовка Кинель-

Черкасского муниципального района, качественной питьевой водой, соответствующей санитарно-гигиеническим нормам, на основе анализа характеристик подземного источника водоснабжения и проектирования оптимальной технологической схемы очистки.

В рамках данной работы объектом исследования является технология комплексной водоподготовки, применяемая для получения питьевой воды из подземного источника, расположенного в деревне Софьевка. Рассматриваемый процесс представляет собой последовательность взаимосвязанных технологических операций, каждая из которых обеспечивает повышение санитарно-гигиенических характеристик получаемой воды. Конечной целью выступает достижение показателей, соответствующих действующим гигиеническим нормативам для питьевой воды, установленным санитарным законодательством.

Предмет исследования: Комплексная детальная проработка инженерных решений и способов очистки воды, разрабатываемых жителям деревни Софьевка. Особое внимание уделяется подбору оптимальной технологической схемы, в которой все этапы – от предварительной обработки до окончательного обеззараживания. В анализ вовлечены современные методы: аэрация, различные виды фильтрации, удаление железа, процессы умягчения и дезинфекции. Каждая из этих технологий рассматривается с точки зрения эффективности в отношении выявленных загрязнителей. Ключевым элементом является также выбор оборудования, включающего фильтрующие устройства, установки для дезинфекции, при оценке которых учитывается соответствие эксплуатационным параметрам и производительности. Значительный акцент делается на организации контроля показателей воды на каждом этапе, подборе аналитических инструментов и автоматизации мониторинга.

Задачи:

Изучение проблем водоснабжения небольших поселений из подземных источников в Самарской области;

Анализ и обзор технологий очистки воды из подземных источников;

Разработка методов и технологических схем очистки подземной воды для нужд малых поселений (на примере д. Софьевка сельского поселения Кротовка муниципального района Кинель-Черкасский Самарской области).

Методы исследования: на основании литературных данных в данной работе были использованы такие методы исследования, как аналитический, статистический, и метод экспертных оценок, так же был проведен анализ нормативно-технических баз документаций (ГОСТ, СП, СНИП).

Научная новизна диссертации составляет, что в ходе проведения работы были проанализированы и использованы различные схемы и способы водоочистки, и способы смягчения воды, в том числе аэрация, и хлорирование, в результате с учетом создаваемых требований по технически-экономическим показателям предложен вариант усовершенствования и водоочистки водозабора в д. Софьевка сельского поселения Кротовка.

Практическая значимость диссертационной работы заключается, в том, что в данной работе изложены и разработаны варианты усовершенствования водоочистки, которые приведут к обеспечению доступа жителей к чистой и безопасной питьевой воде.

На защиту выносятся: стратегию улучшения эффективности систем водоочистки водозабора села Софьевка, Кротовское сельское поселение Кинель-Черкасского района.

Апробация работы. Научные результаты внесены и обсуждены в публикации научно – практической конференции:

- Научно-практическая конференция: «Дни науки ТГУ», Тольятти, 2024. Выступление с докладом «Особенности проектирования водоочистки подземных вод сельских поселений».

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 3 глав, выводов по главам, общих выводов, библиографии из 38 наименований. Общий объем работы 96 стр., включая 24 иллюстрации и 7 таблиц.

Глава 1 Анализ текущего состояния подземных вод и основных проблем водоснабжения в Самарской области.

1.1 Общая характеристика подземных вод региона

1.1.1 Гидрогеологические условия

Гидрографическая сеть территории района представлена р. Бол. Кинель. Согласно гидрографической схеме данная сеть принадлежит бассейну реки Самары, входящей в свою очередь в бассейн Саратовского водохранилища. Река Бол. Кинель берет начало на западных склонах Общего Сырта в Оренбургской области и впадает в р. Самару справа, в 44 км от устья. Длина ее составляет 44 км, площадь водосбора 14900 км², средний уклон 0,6 %.

На описываемой территории река Бол. Кинель пересекает ее с северо-востока на юго-запад и представлена своим средним течением. Долина реки хорошо выражена, трапецеидальной формы, имеет асимметричное строение: правые склоны крутые, местами обрывистые, левые пологие, террасированные. Пойма реки высокорасположенная, преимущественно двухсторонняя, ширина ее варьирует от 2 до 6 км. Поверхность поймы пересечена озерами и старицами, покрыта кустарником. В высокое половодье пойма затопляется на глубину 1-3 м, в обычные половодья затопляется лишь на пониженных участках. Продолжительность затопления 18-25 дней.

Русло реки меандрирует, местами разделяясь на рукава с островами, затопляемыми в паводковый период, ширина его 35-50 м, средняя глубина 2-4 м. В ложе русла, на отдельных участках, отмечаются глубоководные плесы, перемежающиеся с мелководными участками. Дно ровное песчаное, на перекатах галечное, на плесах заиленное. Средний годовой расход воды за многолетний период составляет 44,1 м³/сут. Скорость течения реки от 0,2 м/с (на плесах) до 0,6-1,1 м/с (на перекатах). По типу река Большая Кинель является равнинной. Водный режим реки Бол. Кинель характеризуется продолжительной меженью в летне-осенний и зимний периоды, а также

высоким весенним половодьем и редкими незначительными подъемами уровней, связанными с дождями.

Формирование стока происходит за счёт таяния снега и грунтового питания, при этом 60-80 % годового стока приходится на весеннее половодье, осадки тёплого периода отражаются на стоке в менее выраженной форме. Весенний подъем реки начинается при ледоставе в начале апреля и длится 9-15 дней. Интенсивность подъема составляет 0,2-0,6 м/сут. Высота паводка достигает 4,4-10,3 м. Максимальные уровни наблюдаются в середине апреля, продолжительность их стояния менее суток. Средняя продолжительность половодья 35 дней. Летняя и зимняя межень устойчивые, наиболее низкие уровни в августе и декабре. Замерзают воды реки в конце ноября, вскрываются в начале апреля. Толщина льда к концу зимы достигает 60-90 см.

Минерализация воды в реке весной 0,3-0,5 г/л, химический ее состав гидрокарбонатный кальциевый, жесткость в пределах допустимого. В межень минерализация повышается до 0,8-1,2 г/л, химический состав изменяется на гидрокарбонатно-сульфатный, жесткость в этот период достигает 10-180 Ж.

1.1.2 Основные водоносные горизонты

Согласно общей схеме гидрогеологического районирования, рассматриваемая территория расположена в пределах Сыртовского артезианского бассейна.

Исходя из геолого-структурных особенностей описываемого района, степени обводненности пород, условий формирования подземных вод, в вышеописанном разрезе выделяются следующие гидрогеологические подразделения:

- 1) водоносный современный аллювиальный горизонт;
- 2) водоносный средне-верхнечетвертичный аллювиальный горизонт;
- 3) водоносный акчагыльский терригенный комплекс;
- 4) водоносный северодвинский терригенно-карбонатный комплекс.

Водоносный современный аллювиальный горизонт приурочен к пойме и руслу реки Большой Кинель с ее притоками. Водовмещающие породы

представлены песками тонко- и среднезернистыми, часто пылеватыми глинистыми, переслаивающимися с суглинками и супесями. Мощность водоносного горизонта изменяется от 0,3 до 6,0 м. Воды грунтовые, глубина залегания зеркала изменяется от 0,5 до 7,5 м. Дебиты скважин изменяются от 0,23 до 1,4 л/с при понижениях уровня на 1,9-2,14 м.

«По химическому составу воды пестрые: от сульфатно-гидрокарбонатных кальциево-магниевых до гидрокарбонатно-хлоридных натриево-кальциевых. Минерализация вод изменяется от 0,36 до 2,0 г/л, жесткость колеблется от 4,49 до 160 Ж. Питание водоносного горизонта современных аллювиальных отложений осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и паводковых вод, разгрузка - в реки, за счет испарения и транспирации растениями» [2].

Водоносный средне-верхнечетвертичный аллювиальный горизонт.

Подземные воды горизонта приурочены к отложениям первой и второй надпойменных террас. Водовмещающими породами являются супеси, суглинки, пески с линзами гравия и галечника. Мощность водоносного горизонта изменяется от 3 до 10-15,0 м. Подстиляется он верхнеплиоценовыми и верхнепермскими отложениями. Водоносный горизонт безнапорный, лишь на отдельных участках, где в кровле обводнённой толщи имеются линзы и прослой глины, могут образовываться местные напоры до 1,5-4,0 м. Воды вскрываются на различных глубинах от 1,4 до 15 м. Обводненность пород на отдельных участках хорошая, удельные дебиты скважин здесь достигают 0,6 л/с.

«По химическому составу воды пестрые: гидрокарбонатные натриево-кальциево- магниевые, гидрокарбонатно- хлоридные кальциево-магниевые и др. с минерализацией 0,3-2,6 г/л.

Область питания горизонта совпадает с областью его распространения, питание осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, талых вод и подпитывания водами из нижележащих горизонтов. Разгрузка - в реки, за счет испарения и транспирации растениями» [2].

Водоносный акчагыльский терригенный комплекс приурочен к акчагыльским образованиям палеодолины р. Бол. Кинель.

Водоносный комплекс состоит из этажно-расположенных, невыдержанных по площади и разрезу песчаных прослоев и линз, мощность которых изменяется от 0,5-2 до 7-15 м. На большей части территории разрез акчагыльского яруса полностью выполнен глинами, частично песчанистыми. Обводненность пород незначительная.

Удельные дебиты скважин равны 0,013-0,06 л/с.

По химическому составу воды гидрокарбонатно - сульфатные натриевые, сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридные натриевые и хлоридно-сульфатные натриевые с минерализацией от 1 до 3,27 г/л.

Питание водоносного комплекса осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, на участках выхода акчагыльских отложений на поверхность и за счет перетока вод из более древних отложений по бортам палеодолины. Разгрузка - в современные русла рек и путём регионального стока по тальвегу палеодолины.

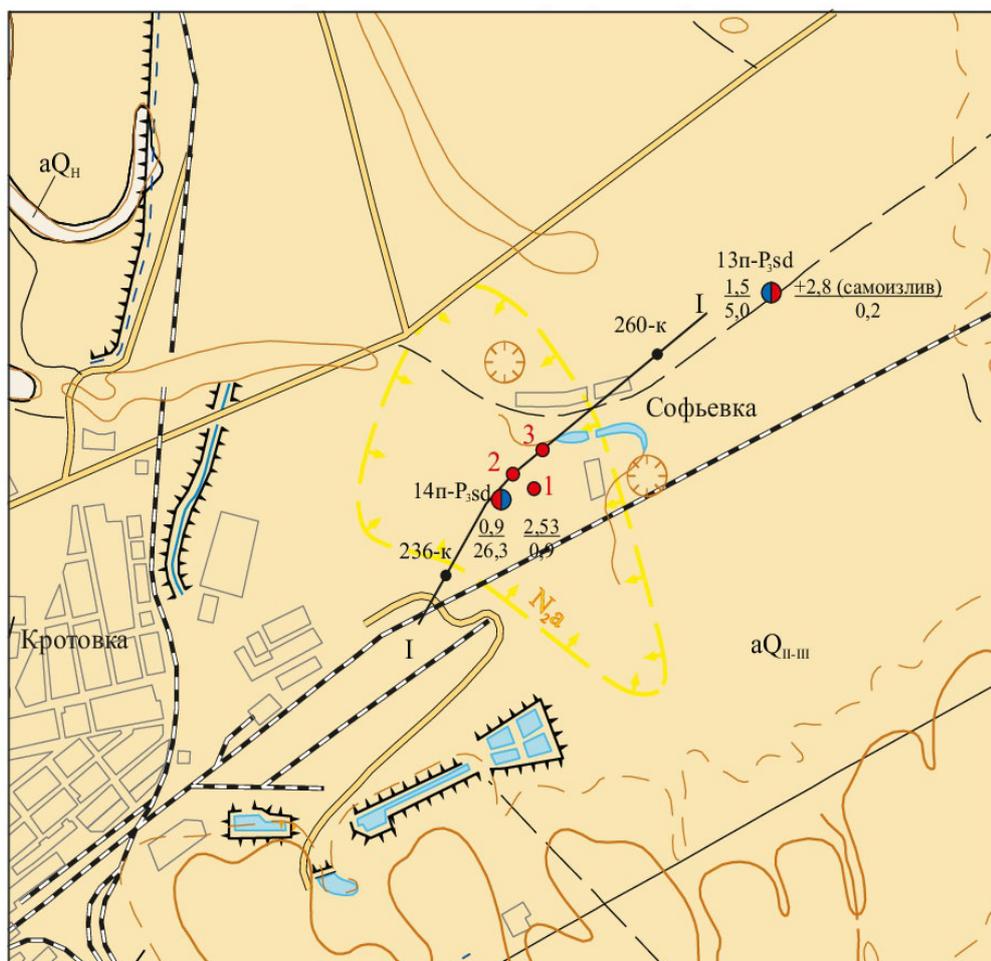
Водоносный северодвинский терригенный комплекс в пределах района работ распространен повсеместно. Данный водоносный комплекс приурочен к отложениям малокинельской свиты Водовмещающими породами служат песчаники, алевролиты, реже трещиноватые известняки и мергели. Разделяющие их прослой глины не выдержаны по простиранию, поэтому все обводнённые прослой гидравлически взаимосвязаны. Мощность водоносных прослоев изменяется от 2 до 20 м. Глубина вскрытия комплекса в пределах района исследований колеблется от 10 до 70 м.

Воды комплекса напорные, высота напора изменяется от 10 до 60 м. По долине р. Бол. Кинель, где трещиноватые породы верхней пачки перекрываются четвертичными отложениями, воды данного горизонта гидравлически взаимосвязаны с водами четвертичного водоносного горизонта. При наличии на их контакте глинистых пород, подземные воды комплекса напорные, что подтверждается рядом самоизливающихся скважин.

Абсолютные отметки статического уровня водоносного комплекса колеблются от 40 до 45 м. Уклон потока подземных вод имеет северо-западное направление. Обводнённость комплекса зависит от мощности и степени трещиноватости водовмещающих пород. Удельные дебиты в пределах описываемого района изменяются от 0,07 до 1,5-2,0 л/с. По материалам поисково-разведочных работ, проведенных на Куйбышевской Главной государственной экспертизе в 2010-2012 гг., в районе с. Софьевка, для водоносного северодвинского яруса малокинельской свиты принятый коэффициент водопроницаемости равен 3,7 м²/сут, коэффициент фильтрации - 0,2 м/сут. По химическому составу воды гидрокарбонатно-хлоридные натриевые с минерализацией 0,94 г/л и показателем жёсткости 4,60 Ж. Питание водоносного северодвинского терригенного комплекса осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и талых вод на участках выхода отложений на поверхность, а также перетока подземных вод из сопредельных водоносных горизонтов и комплексов.

Разгрузка происходит за счет регионального стока и в палеодолину.

Залегание первых от поверхности водоносных горизонтов и комплексов показано на схематической гидрогеологической карте и на гидрологическом разрезе расположенных на рисунках 1, 2.



Масштаб 1:25000

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

1. Гидрогеологические подразделения, распространённые по площади

Залегающие первыми от поверхности	Залегающие ниже первых от поверхности	Наименование гидрогеологических подразделений
aQ _н		Водоносный современный аллювиальный горизонт. Суглинки, пески мелко- и разномерные, глинистые, в подошве с линзами гравийно-галечного материала.
aQ _{п-ш}		Водоносный средне-верхнечетвертичный аллювиальный горизонт. Суглинки, пески мелко- и разномерные, глинистые, в подошве с гравием.
Na *	↑ Na ↑	Водоносный акагальский терригенный комплекс. Линзы песков тонко- и мелкозернистых в толще глин.
Psd *		Водоносный северодвинский терригенный комплекс. Песчаники, алевролиты, мергели, известняки, доломиты.

*-только на разрезе

Водопункты. Искусственные водопоявления.

Скважина гидрогеологическая.
 Цифры: сверху - номер скважины и индекс возраста гидрогеологического подразделения;
 слева в числителе - дебит, л/с, в знаменателе - понижение, м;
 справа в числителе - глубина установившегося уровня воды, м, в знаменателе - минерализация воды, г/л.
 Закраска соответствует химическому типу воды в опробуемом интервале.
 1
 ● Скважина проектируемая.

4. Химический тип подземных вод

● гидрокарбонатно-хлоридный ● хлоридно-гидрокарбонатный

Рисунок 1 – Гидрологическая карта района работ

1.1.3 Оценка ожидаемой динамики уровня подземных вод

Водоснабжение объектов предполагается осуществляется за счет подземных вод водоносного северодвинского терригенного комплекса. В разрезе водоносный комплекс ограничен водоупорными пластами, верхний из которых сложен плотными, выдержанными по простиранию суглинками и глинами с тонкими прослоями песков четвертичного возраста, нижний – плотными одновозрастными глинами. Глубина залегания кровли водовмещающих пород на участке проектируемого водозабора составляет 34,5 м. (абсолютная отметка 7,5 м). Установившийся статический уровень подземных вод фиксируется в пределах абсолютных отметок 38,4 м. Величина напора над кровлей водоносного комплекса достигает $\approx 30,9$ м. Уклон потока подземных вод направлен с юго-востока на северо-запад к долине р. Большой Кинель.

Расчетная производительность водозабора, состоящего из двух эксплуатационных скважин, составляет 168,09 м³/сут.

Оцениваемый участок недр по степени сложности геологического строения и гидрогеологических условий определяется первой группой и характеризуется ненарушенным залеганием, однородными фильтрационными свойствами водовмещающих пород, выдержанными гидрохимическими закономерностями и возможностью количественной оценки основных источников формирования эксплуатационных запасов.

Исходя из геолого-гидрогеологической модели участка при оценке запасов подземных вод водоносный северодвинский терригенный комплекс схематизируется как условно однородный, неограниченный в плане пласт.

Для обеспечения поступления необходимого количества воды в скважину в течение всего эксплуатационного периода понижение уровня воды в скважине водозабора не должно превышать допустимое. С учетом особенностей геологического строения участка, данных по эксплуатации водозабора и результатов опытно-фильтрационных работ, величина допустимого понижения уровня для условий напорно-безнапорной фильтрации (в процессе эксплуатации происходит частичная сработка напора) согласно выполненным расчетам и с

учетом проектной конструкции эксплуатационной скважины, принимается равной величине напора над кровлей водоносного комплекса – 30,9 м.

Предварительная оценка запасов подземных вод водоносного северодвинского терригенного комплекса на участке проектируемого водозабора выполнена на основании расчетов, приведенных в балансовой таблице водопотребления и водоотведения.

При подсчете запасов величина заявленной потребности принимается равной 168,09 м³/сут. Объемы потребления подземных вод в текущее время и в будущем должны быть обеспечены их эксплуатационными запасами. Таким образом, величина запасов подземных вод, должна контролировать существующую производительность водозабора и обосновывать перспективы её наращивания. Данные расчеты направлены на обоснование расчетного водоотбора и доказательство надежности работы водозабора на расчетный срок эксплуатации- 104 сут.

Запасы подземных вод на данном участке оценены по категории С1 в объеме 0,3 тыс.м³/сут.

Расчетная величина потребности 168,09 м³/сут положена в основу предварительной оценки запасов подземных вод.

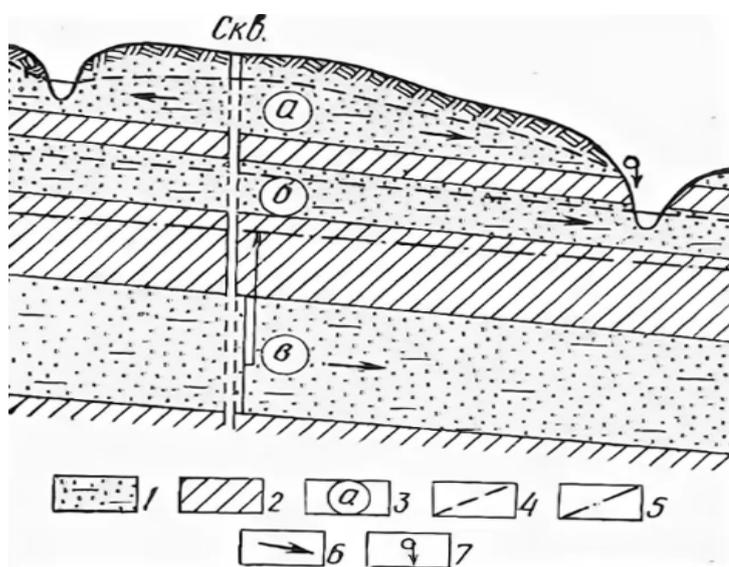
1.2 Особенности качества воды из подземных источников

Подземные воды образуются естественным образом, когда атмосферные и поверхностные воды просачиваются в землю и заполняют верхние слои земной коры. Этот процесс называется инфильтрацией. Инфильтрационные воды проходят через разные типы горных пород, такие как песок, гравий и глины, и достигают водоносных горизонтов.

Подземные воды играют важную роль в экосистемах и обеспечивают водой растения, животных и людей. Они также влияют на климат, регулируя температуру и влажность почвы. Кроме того, подземные воды участвуют в геологических процессах, таких как эрозия и формирование пещер.

Существует несколько теорий происхождения подземных вод. Одна из них инфильтрационная теория, согласно которой подземные воды образуются в результате просачивания атмосферных и поверхностных осадков в горные породы. Другая теория седиментационно - диагенетическая, которая объясняет происхождение вод путём проникновения морских иловых вод в толщи пород на различных этапах накопления осадков.

«Конденсационная теория допускает конденсацию водяных паров атмосферного и почвенного воздуха с образованием капельножидких свободных вод в поверхностных слоях литосферы. В тёплое время года упругость водяного пара в воздухе больше, чем в почвенном слое и нижележащих горных породах. Поэтому водяные пары атмосферы непрерывно поступают в почву и опускаются до слоя постоянных температур, расположенного на разных глубинах — от 1 метра до нескольких десятков метров от поверхности Земли. На рисунке 3 показано расположение подземных вод в земной коре» [16].



1 – водоносные горизонты, (а – грунтовые воды, б – межпластовые ненапорные, в – артезианские); 2 – водоупорные породы; 3 – уровень ненапорных вод; 4 – пьезометрический уровень напорных вод; 5 – направление движения подземных вод; 6 – родник грунтовых вод.

Рисунок 3 – Расположение подземных вод в земной коре

Подземные воды, как правило, не содержат взвешенных веществ и поэтому весьма прозрачны, а также бесцветны. Это делает их идеальными для использования в качестве источника питьевой воды.

Артезианские воды обладают особым природным происхождением, так как они находятся под слоями водонепроницаемых пород. Это защищает их от загрязнений, которые могут проникнуть с поверхности земли. Благодаря этой защите, артезианские воды имеют высокие санитарные качества.

Однако у подземных вод есть и некоторые негативные особенности. Они часто содержат большое количество минеральных веществ, таких как соли железа, марганца, кальция и магния, что приводит к их высокой минерализации. Это может негативно сказаться на здоровье человека при употреблении такой воды в больших количествах.

Для улучшения качества подземных вод и снижения их минерализации используются различные методы очистки и обработки. Например, фильтры обратного осмоса, ионный обмен и электродиализ позволяют удалить избыток солей и других примесей из воды.

В целом, подземные воды являются важным источником пресной воды и играют значительную роль в обеспечении населения питьевой водой. Однако их использование требует внимательного подхода и учёта особенностей состава воды.

1.2.1 Химический состав и минерализация подземных вод

Исследование подземных вод представляет собой ключевой аспект в области гидрогеологии для обеспечения потребностей людей в питьевой и промышленной воде. Важное значение имеет химический состав и степень минерализации подземных вод, так как эти факторы напрямую влияют на их пригодность к использованию в различных целях, а также задают тенденции коррозионных процессов, формирования отложений и микробной активности.

Основу химического состава подземных вод составляют ионы, которые классифицируются согласно [9, 20] на:

- а) катионы:
- 1) кальций (Ca^{2+}) – основной компонент жесткости, источник образования накипи;
 - 2) магний (Mg^{2+}) – также влияет на жесткость, при высоких концентрациях придает воде горьковатый привкус;
 - 3) натрий (Na^+) и калий (K^+) – преобладают в минерализованных водах, повышают коррозионную активность;
 - 4) железо ($\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$) и марганец (Mn^{2+}) – вызывают окрашивание воды и отложения в трубопроводах;
 - 5) аммоний (NH_4^+) – индикатор органического загрязнения.
- б) анионы:
- 1) гидрокарбонаты (HCO_3^-) и карбонаты (CO_3^{2-}) – определяют щелочность воды;
 - 2) сульфаты (SO_4^{2-}) – при высоких концентрациях (>250 мг/л) ухудшают вкус и могут вызывать коррозию;
 - 3) хлориды (Cl^-) – индикатор загрязнения или связи с морскими водами;
 - 4) нитраты (NO_3^-) и нитриты (NO_2^-) – свидетельствуют о загрязнении сельскохозяйственными стоками.
- в) растворенные газы:
- 1) кислород (O_2) – влияет на коррозионные процессы;
 - 2) диоксид углерода (CO_2) – повышает агрессивность воды;
 - 3) сероводород (H_2S) – придает воде неприятный запах, усиливает коррозию.
- г) органические вещества:
- 1) гуминовые и фульвокислоты – характерны для болотных и поверхностных вод;
 - 2) техногенные загрязнители (нефтепродукты, пестициды).
- д) микроэлементы и тяжелые металлы:

- 1) полезные микроэлементы (F⁻, I⁻, Se) – важны для физиологии человека, но при превышении ПДК токсичны;
- 2) токсичные металлы (Pb, Cd, Hg, As) – нормируются строгими стандартами (СанПиН, ВОЗ).

Согласно СанПиН 2.1.3684-21, и другим нормативным документам [24, 25, 26], подразделение подземных вод по минерализации приводятся в таблице 1.

Таблица 1 – Классификация по минерализации

Группа	Минерализация, г/л	Характеристика
Ультрапресные	< 0,1	Ледники, горные источники
Пресные	0,1–1,0	Основной источник питьевого водоснабжения
Солоноватые	1,0–10,0	Требуют опреснения
Соленые	10,0–35,0	Промышленное использование
Рассолы	> 35,0	Глубинные воды, геотермальные источники

1.2.2 Загрязнение природного и антропогенного характера

Вот некоторые примеры нежелательных свойств подземных вод:

Неприятный привкус. Некоторые подземные воды могут иметь неприятный вкус из-за присутствия определённых растворённых веществ. Это может сделать воду менее приятной на вкус и снизить её привлекательность для питья или использования в бытовых целях.

Вредные вещества. Некоторые подземные воды могут содержать вредные для организма человека вещества, такие как тяжёлые металлы или химические загрязнители. Употребление таких вод может представлять опасность для здоровья.

Повышенная жёсткость. Подземные воды могут иметь повышенную жёсткость из-за высокого содержания минеральных солей, особенно кальция

и магния. Это может привести к образованию накипи и затруднить использование воды в бытовых целях.

Важно отметить, что не все подземные воды обладают этими отрицательными свойствами. Свойства подземных вод могут сильно варьироваться в разных регионах и местоположениях, и необходимо проводить анализ и контроль качества воды для определения её пригодности для различных целей.

Нежелательные свойства подземных вод могут оказывать негативное влияние на здоровье людей и окружающую среду. Вот ещё несколько примеров нежелательных свойств подземных вод:

Бактериальное загрязнение. Подземные воды могут быть заражены бактериями, такими как кишечная палочка, сальмонелла и другими патогенами. Это может привести к инфекциям и заболеваниям, особенно если вода используется для питья или приготовления пищи.

Растворимые газы. Подземные воды могут содержать различные газы, такие как сероводород, метан и углекислый газ. Эти газы могут ухудшать вкус и запах воды, а также создавать проблемы при использовании воды в быту.

Радиоактивность. Некоторые подземные воды могут быть радиоактивными из-за присутствия естественных радионуклидов или техногенных радионуклидов, таких как стронций-90 и цезий-137. Радиоактивность может представлять опасность для здоровья людей и окружающей среды.

Нефтепродукты и другие органические загрязнители. Подземные воды могут загрязняться нефтепродуктами, пестицидами, гербицидами и другими органическими веществами. Это может привести к нарушению экологического баланса и негативным последствиям для живых организмов.

Важно проводить регулярный мониторинг качества подземных вод и принимать меры по очистке и обработке воды, чтобы предотвратить или минимизировать негативные последствия нежелательных свойств подземных вод.

При «сравнении показателей качества воды природных источников с основными требованиями к качеству воды можно сделать вывод о том, что для водоснабжения населенных пунктов наиболее подходящим источником являются подземные воды с низкой минерализацией, особенно артезианские и родниковые воды.

Ранее подземные водоисточники считались наиболее безопасными, так как они были надежно защищены от загрязнений. Однако в настоящее время эти представления требуют пересмотра и корректировки, так как постоянное и прогрессирующее загрязнение окружающей среды привело к ухудшению качества подземных вод, используемых для питьевых целей. Этот факт заставляет переоценить их санитарную надежность.

Необходимо проводить регулярный контроль качества подземных вод и принимать меры по их очистке и защите, чтобы обеспечить безопасное водоснабжение населенных пунктов» [16].

«Подземные воды – это полезное ископаемое, которое при эксплуатации способно возобновляться в естественных условиях. Запасы этих вод оцениваются количеством. Подземные воды являются одним из источников питания рек, они более защищены от загрязнения, чем поверхностные воды. Однако при инфильтрации в районах добычи полезных ископаемых, заводов, промышленности, полигонов, мегаполисов загрязняющие вещества активно проникают в водоносные слои.

Загрязнение подземных вод вызывает ухудшение их состава и свойств, что ограничивает или не допускает их использование для хозяйственных, питьевых, культурно-бытовых и других целей. Загрязнение подземных вод происходит под воздействием двух процессов: природного и техногенного, а также может носить региональный или локальный характер.

Хозяйственная деятельность человека привела к тому, что на поверхности Земли скопилось большое количество отходов, загрязняющих окружающую среду и её компоненты. Наибольшее количество отходов производится в промышленности, сельском хозяйстве, транспорте,

энергетике, при добыче полезных ископаемых, в коммунальном хозяйстве. Загрязняющие вещества, содержащиеся в отходах, складированных на поверхности Земли, инфильтруются со сточными водами, атмосферными осадками и частью поверхностного стока и попадают в подземные воды, ухудшая их качество.

К ухудшению качества подземных вод ведёт их отбор для целей водоснабжения и мелиорации, в процессе эксплуатации месторождений полезных ископаемых. Эти виды деятельности способствуют внедрению загрязняющих веществ в водоносные горизонты непосредственно через негерметичные скважины, подтягиванию к водозаборным скважинам некондиционных загрязнённых или минерализованных подземных вод, морских вод и рассолов» [16].

«Загрязнение подземных вод также может быть обусловлено и влиянием природных факторов: содержанием в воде повышенных концентраций природного стабильного стронция или железа, загрязнением подземных вод в результате природных катастроф (землетрясения, извержение вулканов и др.).

Наиболее подвержены загрязнению подземные воды, приуроченные к зоне активного водообмена, это преимущественно пресные воды с минерализацией до 1 г/л. Наиболее подвержен загрязнению горизонт грунтовых вод, залегающий первым от поверхности.

Еще одним фактором является загрязнение синтетическими органическими веществами, которые присутствуют во многих химических веществах и широко используются в промышленности, сельском хозяйстве и быту. Даже небольшое количество синтетических органических веществ делает воду непригодной для питья.

Также загрязнение подземных вод может происходить из-за фильтрации загрязненных поверхностных вод. В некоторых случаях соленые воды могут отжиматься из-под русел рек в сторону их бортов, что может привести к

подсосу солоноватых вод к эксплуатационным скважинам, расположенным рядом с водохранилищами» [16].

1.2.3 Соответствие воды санитарно-гигиеническим нормам

Нормативное регулирование качества воды – важная составляющая её безопасного использования. В этой области активно применяются регламенты, устанавливающие стандарты в России и за её пределами. Рассмотрим ключевые документы, применяемые в Российской Федерации и в дальнейшем, будем на них опираться [5, 6, 7, 11, 13, 24]:

- СанПиН 2.1.4.1074-01 (устанавливает гигиенические требования к питьевой воде централизованных систем);
- ГОСТ 2874-82 (утратил силу, но используется как справочный);
- ГН 2.1.5.1315-03 (перечень ПДК химических веществ в воде);
- Водный кодекс РФ (определяет правовые основы водопользования).

Таблица 2 – Основные показатели качества воды

Показатели	Единицы измерения	Нормативы (предельно допустимые концентрации (ПДК)), не более
Обобщенные показатели		
Водородный показатель	единицы рН	в пределах 6 - 9
Общая минерализация (сухой остаток)	мг/л	1000 (1500)
Жесткость общая	мг-экв./л	7.0 (10)
Окисляемость перманганатная	мг/л	5,0
Нефтепродукты, суммарно	мг/л	0,1
Поверхностно активные вещества (ПАВ), анионактивные	мг/л	0,5
Фенольный индекс	мг/л	0,25

Продолжение таблицы 2

Показатели	Единицы измерения	Нормативы (предельно допустимые концентрации (ПДК)), не более
Неорганические вещества		
Алюминий (Al ³⁺)	мг/л	0,5
Барий (Ba ²⁺)	мг/л	0,1
Бериллий (Be ²⁺)	мг/л	0,0002
Бор (В, суммарно)	мг/л	0,5
Железо (Fe, суммарно)	мг/л	0,3 (1,0)
Кадмий (Cd, суммарно)	мг/л	0,001
Марганец (Mn, суммарно)	мг/л	0.1 (0.5)
Медь (Cu, суммарно)	мг/л	1,0
Молибден (Mo, суммарно)	мг/л	0,25
Мышьяк (As, суммарно)	мг/л	0,05
Никель (Ni, суммарно)	мг/л	0,1
Нитраты (по NO ³⁻)	мг/л	45
Ртуть (Hg, суммарно)	мг/л	0,0005
Свинец (Pb, суммарно)	мг/л	0,03
Селен (Se, суммарно)	мг/л	0,01
Стронций (Sr ²⁺)	мг/л	7,0
Сульфаты	мг/л	500
Фториды (F ⁻) для климатических районов	мг/л	
I и II	мг/л	1,5
III	мг/л	1,2
Хлориды (Cl ⁻)	мг/л	350
Хром (Cr ⁶⁺)	мг/л	0,05
Цианиды (CN)	мг/л	0,035
Цинк (Zn ²⁺)	мг/л	5,0
Органические вещества		
гамма-ГХЦГ (линдан)	0,002	-
ДДТ (сумма изомеров)	0,002	-
2,4-Д	0,03	-

В рамках гидрогеологических исследований, проведенных Куйбышевской гидрогеологической экспедицией (отчет № 144), была выполнена оценка качества подземных вод Тимашевского месторождения, предназначенных для водоснабжения населенных пунктов Тимашево,

Муханово и Кротовка Кинель-Черкасского района. Полученные данные были проанализированы и приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Основные показатели качества воды

Параметр	Значение	Норматив (СанПиН 2.1.4.1074-01)	Оценка соответствия
Общая жесткость, мг-экв/л	5,0	$\leq 7,0$	Соответствует
Железо общее, мг/л	3,0	$\leq 0,3$	Превышение в 10 раз
Мутность, мг/л	27	$\leq 1,5$ (по каолину)	Значительное превышение
Цветность	28	≤ 20	Превышение
Перманганатная окисляемость, мгО ₂ /л	2,0	$\leq 5,0$	Соответствует
рН	8,46	6,0–9,0	Соответствует

В эпидемиологическом отношении подземные воды по нормируемым показателям (общему микробному числу, количеству общих и термотолерантных колиморфных бактерий) ожидаются здоровые. Подземные воды могут быть использованы для питьевого, хозяйственно – бытового и производственного водоснабжения только после водоподготовки.

1.3 Особенности систем подземного водоснабжения Самарской области

Согласно статье Березина И.И. и статьи Исакова О.Н. [2, 15] история развития водоснабжения в нашем регионе проходила так: первая водозаборная станция в Самаре была построена в 1886 году, она обеспечивала водой улицы длиной 27,5 километра, что составляло 38,5 % длины всех самарских улиц. Водопровод был оснащён специальным оборудованием для тушения пожаров и считался технически передовым не только в России, но и в Европе.

Техническое оснащение: противопожарный водопровод в Самаре был оснащён специальными приспособлениями для тушения пожаров и считался технически передовым не только в России, но и в Европе.

Развитие инфраструктуры: к 1914 году к городскому водопроводу было подключено уже 1388 домов, а общая его длина достигла 80 километров. В течение суток самарская водопроводная станция закачивала в сеть 5 520 кубометров воды, что составляло 32,5 литра на каждого жителя города.

Наличие частных водопроводов: некоторые богатые дворяне и купцы имели собственные системы водоснабжения, например, водопроводы Чаковского, Башкировых, Чельшева и других.

«Такие разнообразные и сложные схемы водоснабжения в сельской местности требуют большого количества обслуживающего персонала различных специальностей, а также разнообразной техники, оборудования и материалов, что приводит к увеличению затрат по сравнению с городскими условиями. Естественный износ требует полной замены старого оборудования, поскольку его невозможно поддерживать в рабочем состоянии. В большинстве малых населенных пунктов отсутствуют приборы учета расходов воды, давления в водопроводной сети и других параметров, что приводит к излишним потерям воды или недостаточному давлению. Сельская местность также требует компактных, простых и надежных в эксплуатации водоочистных установок» [16].

1.3.1 Доля подземных вод в общем водоснабжении региона

Согласно статье [4] Самарская область обладает значительными запасами подземных вод, которые играют важную роль в водоснабжении региона. По состоянию на 2015 год прогнозные ресурсы подземных вод составляют 5342 тыс. м³/сут, что соответствует 6,3 % от общего объема Приволжского федерального округа и 0,61 % от общероссийских запасов. На 1 января 2015 года запасы подземных вод Самарской области оценены в 2841,5 тыс. м³/сут. Это означает, что степень изученности ресурсов составляет

53,19 %, что является самым высоким показателем среди регионов Приволжского федерального округа.

В 2014 году из подземных водных объектов области было добыто 460,4 тыс. м³/сут воды, в том числе:

- 281 тыс. м³/сут - на месторождениях;
- 179,4 тыс. м³/сут - из одиночных скважин.

Ниже представлена сравнительная таблица 4 использования водных ресурсов.

Таблица 4 – Сравнительная таблица использования водных ресурсов

Показатель	Самарская область	Средний показатель по ПФО
Степень изученности ресурсов	53,19 %	35-40 %
Доля в ресурсах ПФО	6,3 %	-
Степень освоения запасов	9,89 %	12-15 %

Забор водных ресурсов из всех видов природных источников в Самарской области – 828,53 млн. м³, из них большая часть забрана из поверхностных водных объектов – 620,32 млн. м³ или 74,87 %, что составляет 0,31 % годового речного стока. Ниже в рисунке 4 представлена динамика забора пресной воды в Самарской области в 2010–2015 годах.

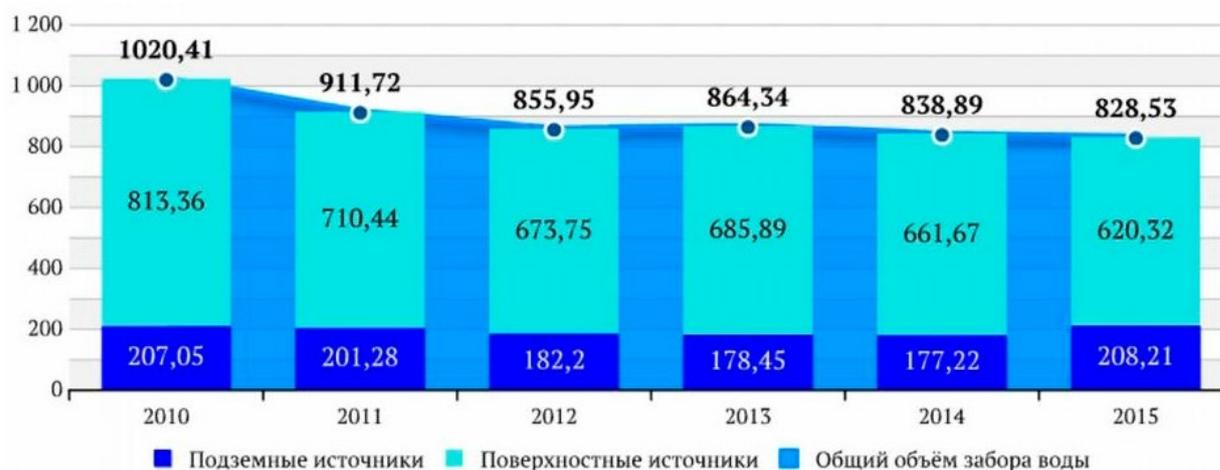


Рисунок 4 – Забор пресной воды в Самарской области (млн.куб.м)

1.3.2 Техническое состояние скважин и инфраструктуры

«Большинство систем водоснабжения небольших населенных пунктов в Самарской области состоят из различных сооружений, таких как водозаборы из подземных источников, водопроводные очистные сооружения (в редких случаях), насосные станции второго подъема, водонапорные башни и тупиковые водопроводные сети. Большинство таких водопроводов были построены в 60-70-е годы прошлого века, и, следовательно, они устарели и имеют серьезные повреждения. Естественный износ требует полной замены старого оборудования, поскольку его невозможно поддерживать в рабочем состоянии. В большинстве малых населенных пунктов отсутствуют приборы учета расходов воды, давления в водопроводной сети и других параметров, что приводит к излишним потерям воды или недостаточному давлению» [16].

Согласно постановления самарской области от 24 июля 2019 года N 508 «Об утверждении государственной программы Самарской области «Чистая вода» и установлении отдельных расходных обязательств Самарской области» [22] – Подземные воды являются основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения сельского населения Самарской области. Муниципальные районы Алексеевский, Безенчукский, Богатовский, Борский, Елховский, Исаклинский, Камышлинский, Кинельский, Кинель-Черкасский, Клявлинский, Кошкинский, Красноармейский, Красноярский, Пестравский, Похвистневский, Приволжский, Ставропольский, Сызранский, Хворостянский, Челно-Вершинский, Шенталинский, городские округа Новокуйбышевск, Октябрьск, Похвистнево Самарской области для хозяйственно-питьевых целей используют только подземные воды.

Техническое состояние инженерных сетей и сооружений характеризуется высоким уровнем износа (более 60%), ежегодно возрастающей аварийностью и низким КПД мощностей. На рисунке 5 изображена потери воды при транспортировке. Планово-предупредительный

ремонт уступил место аварийно-восстановительным работам, затраты на которые в 2 - 3 раза выше. Устаревшие технологии и оборудование для водоподготовки не позволяют добиться соответствия качества воды гигиеническим требованиям.

Согласно докладу об экологической ситуации в самарской области за 2023 год [21] доля не соответствующих гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям проб, отобранных из разводящих водопроводных сетей, составила 2,7 % в 2022 году (по Российской Федерации - 1,89 %).

Общие потери воды при транспортировке в регионе – 67,03 млн. м³ или 8,09 % забранной воды. Самарская область занимает второе место среди регионов федерального округа по объёму потерь воды при транспортировке после Саратовской области и третье место по доле утерянной воды после Пензенской и Ульяновской областей. Ниже на рисунке 5 представлена динамика потерь воды при транспортировке в Самарской области в 2010–2015 годах.



Рисунок 5 – Потери воды при транспортировке в Самарской области

1.3.3 Ухудшение качества воды и риски для здоровья населения

Вода в сельских посёлках и деревнях часто поступает из пожарных водоёмов на их территории, что может приводить к перебоям в водоснабжении. В городах же водопроводная сеть обычно прокладывается по всем улицам и проездам, создавая замкнутые контуры и зависящую от планировки города систему. В районных водопроводах, обеспечивающих несколько объектов на больших расстояниях, часто используются разветвлённые сети, что обеспечивает надёжность водоснабжения. В таких сетях необходимо иметь резервуары достаточной ёмкости.

Чтобы обеспечить надёжность системы, создаются отдельные резервуары для каждого потребителя, вместо образования кольцевой сети. Это позволяет избежать проблем с подачей воды при авариях или технических сбоях, так как каждый потребитель имеет свой источник воды. Кроме того, такая система даёт возможность проводить профилактические работы и ремонт без полного отключения водоснабжения.

Таким образом, создание отдельных резервуаров для каждого потребителя в районных водопроводах способствует повышению надёжности и стабильности водоснабжения, что особенно важно в сельской местности и отдалённых районах.

«ФГБУ «Приволжское УГМС» на территории Самарской области проводятся стационарные наблюдения за качеством воды Куйбышевского, Саратовского и Ветлянского водохранилищ, 12-ти наиболее крупных рек.

В течение 2023 года на водных объектах Самарской области отобрано 625 и 575 – дополнительных проб воды, более 60000 определений. Наблюдения за состоянием загрязнения поверхностных вод на территории области проводятся по 54 показателям. Доли проб по годам изображены на рисунках 6 и 7» [18].

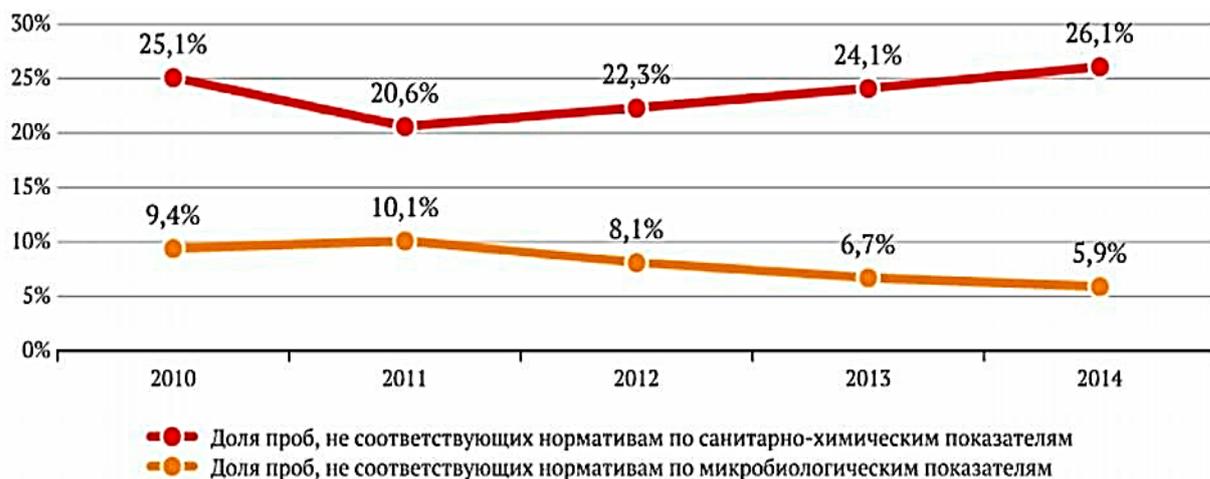


Рисунок 6 – Качество воды в Самарской области (централизованные системы водоснабжения)



Рисунок 7 – Качество воды в Самарской области (нецентрализованные системы водоснабжения)

Качество воды водохранилищ в 2023 году оценивалось во всех пунктах как «загрязненная вода». Вода рек оценивалась как:

- «загрязненная» – р.Сургут;
- «очень загрязненная» – р.Сок – пос.Сергиевск (2 створа), р.Сок (с.Красный Яр), р.Кондурча, р.Самара – пгт.Алексеевка (2 створа), р.Самара – г.о.Самара (2 створа), Ветлянского вдхр., р.Большой Кинель –

- г.о.Отрадный (2 створа), р.Большой Кинель – с.Тимашево (2 створа),
 р.Кривуша – г.Новокуйбышевск (2 створа), р.Крымза, р.Чагра;
 – «грязная» – р.Съезжая, р.Чапаевка (2 створа), р.Безенчук;
 – «экстремально грязная» – р.Падовка.

Крайне важно оценивать динамику загрязнения поверхностных источников т.к. они опосредованно могут влиять и на подземные источники воды. Динамика загрязнений вод Самарской области исходя из доклада об экологической ситуации в самарской области за 2023 год [2, 18, 20, 21] представлена в таблице 5.

Расшифровка классов качества воды:

- 2 – слабо загрязненная;
- 3А – загрязненная;
- 3Б – очень загрязненная;
- 4А, 4Б – грязная;
- 4В, 4Г, 5 – очень грязная, экстремально грязная.

Таблица 5 – Классы качества воды р. Волга и малых рек Самарской области 2014-2023

Реки Самарской области	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Сок – пос.Сергиевск	3Б	3Б	3Б	4А	4А	3А	3Б	3Б	4А	3Б
Сок - с.Красный Яр	3Б	4А	3А	4А	3Б	3А	3А	3Б	3Б	3Б
Сургут	4А	4А	3Б	4А	4А	3Б	4А	4А	4А	3А
Кондурча	3Б	4А	3А	4А	3Б	3Б	3А	3Б	3Б	3Б
Самара – пгт.Алексеевка	3Б	3Б	3Б	4А	3Б	3Б	3Б	3Б	3Б	3Б
Самара – г.о.Самара	3Б	4А	3Б	4А	3Б	3Б	3Б	3Б	3Б	3Б
Съезжая	3Б	3Б	3А	4А						
Ветлянковское вдхр.	3Б	4А	3Б	4А	4А	3А	3Б	4А	3Б	3Б

Продолжение таблицы 5

Реки Самарской области	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Б.Кинель – г.о.Отрадный	3Б	3Б	3Б	4А	4А	3Б	3А	3Б	3Б	3Б
Б.Кинель – с.Тимашево	3А	3А	4А	4А	3Б	3А	3Б	4А	3Б	3Б
Падовка	4А	4В	4А	4А	4А	4А	4В	4Г	4Г	5
Чапаевка	4А	4А	4В	4В	4А	4А	4А	4А	4А	4А
Кривуша	3Б	4А	3Б	4А	4А	3Б	3Б	3Б	3Б	3Б
Безенчук	4А	3Б	4А	4А	4А	3Б	3Б	3Б	4А	4А
Крымза	3Б	4А	4А	4А	4А	3Б	3А	4А	3Б	3Б
Чагра	4А	4А	4А	4А	4А	3Б	3Б	3А	3А	3Б
Куйбышевское водохранилище										
г.о.Тольятти	3Б	3А	3А	3А	3Б	3Б	3Б	3А	3А	3А
Саратовское водохранилище										
г.о.Тольятти	3А	3А	3А	3А	3Б	3А	3А	3А	3А	3А
г.о.Самара	3Б	3Б	3А	3А	4А	3Б	3А	3А	3Б	3А
устье р.Чапаевка	3Б	3А	2	2	3А	3Б	3А	3А	3А	3А
г.о.Сызрань	3А	3А	3А	3А	3Б	3Б	3А	3А	3А	3А

1.4 Характеристика населенного пункта

Водопользователем будет: с. Кротовка сельского поселения Кротовка муниципального района Кинель - Черкасский Самарской области.

Для обеспечения водой в количестве 168,09 м³/сут (53,15 тыс. м³/год) согласно выполненному расчету, с трех водозаборных скважин (двух эксплуатационных, одной - резервной) оборудованных на совместную эксплуатацию водоносного северодвинского терригенного комплекса и водоносного акчагыльского терригенного комплекса.

Целевое назначение использования подземных вод: питьевое, хозяйственно-бытовое и производственное водоснабжение с учетом пожаротушения.

Гидрографическая сеть территории района представлена река Большой Кинель. Согласно гидрографической схеме данная сеть принадлежит бассейну реки Самары, входящей в свою очередь в бассейн Саратовского водохранилища. Река Бол. Кинель берет начало на западных склонах Общего Сырта в Оренбургской области и впадает в р. Самару справа, в 44 км от устья. Длина ее составляет 44 км, площадь водосбора 14900 км², средний уклон 0,6 %.

На описываемой территории река Большой Кинель пересекает ее с севера-востока на юго-запад и представлена своим средним течением. Долина реки хорошо выражена, трапецеидальной формы, имеет асимметричное строение: правые склоны крутые, местами обрывистые, левые пологие, террасированные.

Пойма реки высокорасположенная, преимущественно двухсторонняя, ширина ее варьирует от 2 до 6 км. Поверхность поймы пересечена озерами и старицами, покрыта кустарником. В высокое половодье пойма затопляется на глубину 1-3 м, в обычные половодья затопляется лишь на пониженных участках. Продолжительность затопления 18-25 дней.

Скважины расположены в пределах первой надпойменной террасы р. Большой Кинель в 90 м северо-восточнее поисковой скважины 14-п. Абсолютная отметка устья скважин составит 42-43 м.

Источником водоснабжения служат подземные воды водоносного северодвинского терригенного комплекса, являющегося в районе работ основным для централизованного водоснабжения населения и предприятий.

В геологическом строении проектируемого водозабора принимают участие пермские, неогеновые и четвертичные отложения.

Пермские отложения представлены северодвинским ярусом, сложенным трещиноватыми песчаниками, алевролитами, мергелями, известняками и доломитами. Вскрытая мощность отложений составила 36,6 м.

Выше по разрезу залегают отложения неогеновой системы, представленные акчагыльским ярусом, сложенным мелкозернистым глинистым песком, в подошве с гравием. Вскрытая мощность акчагыльских отложений 8,7 м.

С поверхности неоген перекрывается четвертичными отложениями мощностью 20,7 м, представленными плотными суглинками и глинами песчанистыми.

Продуктивным комплексом на участке проектируемого водозабора является водоносный северодвинский комплекс, залегающий на глубине равной ~ 34,5 м. Водовмещающими породами являются трещиноватые песчаники, алевролиты, мергели, известняки. Воды напорные. Статический уровень устанавливается на глубине ~ 3,17 м (абсолютной отметке ~ 39 м). Высота напора подземных вод достигает 31 м. Обводненность горизонта весьма непостоянная и зависит от мощности и степени трещиноватости водовмещающих пород. По результатам гидрогеологических работ проходки и геофизических исследований продуктивная зона неогена (пески р/з, глинистые) прослеживается в интервале 34,5-39,7 м. Мощность обводненной толщи в северодвинских отложениях принята 17,5 м. дебиты поисковых скважин составил 0,9-1,48 л/с при понижении уровня подземных вод на 5-26,8 м.

Питание водоносного северодвинского терригенного комплекса осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и талых вод на участках выхода отложений на поверхность, а также перетока подземных вод из сопредельных водоносных горизонтов. Разгрузка происходит за счет регионального стока и в палеодолину.

Уклон потока подземных вод имеет северо-западное направление. В 2010-2012 г.г. на участке проектируемого водозабора проведены поисковые

работы по результатам которых определена мощность водосодержащей толщи, коэффициент водопроницаемости и проведена оценка запасов подземных вод на участке Софьевка.

Тимашевского МПВ в объеме 0,3 тыс.м³/сут по категории С1. Мощность водозабора составляет 0,168 м³/сут.

Эксплуатация водозабора планируется круглогодично и круглосуточно. В работе постоянно будут задействованы две скважины, одна скважина планируется резервной.

Характеристика качества подземных вод водоносного северодвинского комплекса приведена по результатам исследований подземных вод из поисковых скважин.

Подземная вода должна быть безопасна в эпидемиологическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства.

Безвредность подземных вод по химическому составу определяется ее соответствием нормативам по обобщенным показателям и содержанию вредных веществ, наиболее часто встречающихся в подземных водах, а также элементов и соединений антропогенного происхождения, имеющих региональное распространение.

Вывод по первой главе:

Жители Самарской области, в том числе жители деревни Кротовка, используют в своих бытовых нуждах воду, качество которой не соответствует установленным в России стандартам качества по содержанию макро- и микроэлементов, а также органических соединений. Это связано с интенсивным использованием подземных источников, включая артезианские воды, что показывает наиболее ярко проблему их загрязнения железом, избыточной жесткостью, мутностью и цветностью. Соответственно, разработка технологической схемы водоподготовки с учетом специфики региональных загрязнителей представляется особенно актуальной задачей, в целях улучшения качества питьевой воды.

Глава 2 Анализ технологий очистки воды на питьевые нужды

2.1 Классификация технологий очистки воды

Хоть и считается что подземные воды более качественные и чистые по сравнению с поверхностными, но у них есть свои присущие загрязнители.

Мы выяснили из анализа воды проведенному по гидрогеологическому отчету расположенном в главе 1, что вода доступная нам в исходном её состоянии не может соответствовать требованиям СанПин. Использование только одного простого метода очистки как фильтрование или хлорирование не сможет полноценно решить проблему, в отдельно взятых случаях даже ухудшает ситуацию (например, хлорирование воды с органическими примесями может приводить к образованию канцерогенных тригалометанов).

Мы пришли к выводу что необходимо использовать комплексный подход, но он должен быть предварительно проанализирован, поэтому надо изучить следующие методы очистки природной воды: безреагентные методы, реагентные методы, биологические методы.

2.1.1 Безреагентные методы

Безреагентные методы очистки подземных вод – методы не требующие использования химических веществ (коагулянтов, окислителей, флокулянтов и т. д.).

Данные методы очистки подземных вод имеет ряд весомых плюсов:

- экологичны, что позволяет применять их в зонах, где требования по природоохране и т.п. не позволяют применять «химию»;
- экономичны на этапе эксплуатации.

Недостатки тоже присутствуют и при проектировании их необходимо учитывать:

- не всегда справляются с сложными загрязнениями (нитраты, фтор, тяжелые металлы);

- требуют энергии (УФ, обратный осмос) или частого обслуживания (замена картриджей);
- могут быть дороже на этапе монтажа.

На практике чаще всего применяются следующие безреагентные методы согласно статьям, нормативной документации и справочникам [1, 8, 9, 12, 30, 32, 34, 35, 36, 38]:

- аэрация,
- термическая деминерализация (дистилляция),
- мембранные технологии,
- ультрафиолетовое (УФ) обеззараживание,
- электрохимические методы.

Далее рассмотрим каждый из перечисленных методов подробнее.

Аэрация воды – это процесс обогащения воды кислородом, который помогает удалять из воды гидроокись железа, свободную углекислоту и сероводород. Важные параметры аэрации включают производительность кислорода системы, количество введенного кислорода за час, его удельное количество на киловатт затраченной энергии и эффективность растворения.

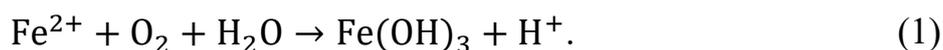
Процесс аэрации – это ключевая технология на станциях по удалению железа из воды, широко распространённая в России. Преимуществами этого метода являются его низкая сложность внедрения и высокая надёжность обработанных вод. Эффективность аэрации достигается, когда содержание железа в воде не превышает 15 мг/л, уровень сероводорода находится ниже 0,5 мг/л, а перманганатная окисляемость остаётся в пределах 15 мг/л. Превышение этих параметров может привести к ухудшению стабильности очищенной воды и риску повторного обогащения железом при прохождении по металлическим трубопроводам.

Аэрационные установки бывают двух типов: безнапорные и напорные. Безнапорная аэрация осуществляется путем распыления воды в окислительном баке. В этом случае может использоваться дополнительный

компрессор для подачи воздуха. Такой тип требует насосной станции для повышения давления после процедуры.

Напорная аэрация производится нагнетанием сжатого воздуха через аэрационную колонну или окислительный бак при помощи компрессора. Газы отделяются от воды и избыток воздуха отводится. Это не требует дополнительных насосов и можно монтировать непосредственно в магистраль, но время контакта между воздухом и водой сокращается, что может уменьшить эффективность.

Двухвалентное железо, не привязанное к органическим соединениям, при контакте с кислородом воздуха или растворенным в воде кислородом окисляется до состояния трехвалентного железа:



Сейчас активно используют метод каталитического обезжелезивания с предварительной подготовкой, при которой применяется напорная или безнапорная аэрация.

Принципиальная технологическая схема напорной аэрации представлена на рисунке 8.

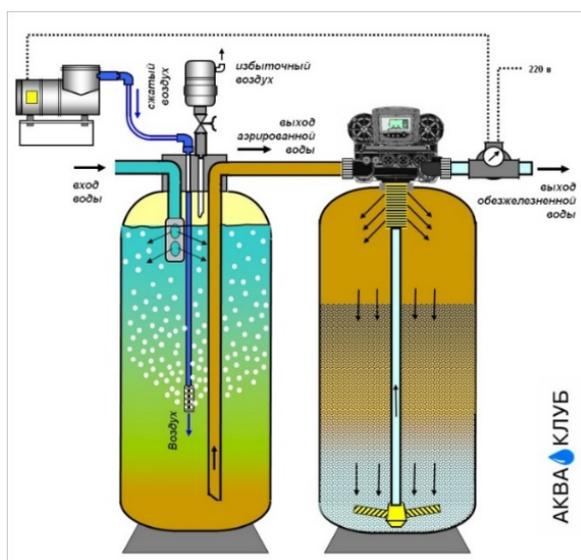


Рисунок 8 – Принципиальная технологическая схема напорной аэрации

Процессы очистки воды через аэрацию эффективна, но имеет недостатки, включая необходимость в дорогом оборудовании и регенерации ресурсов. В результате быстрого развития и широкого применения достигли баромембранные методы.

Группа баромембранных методов включает в себя обратный осмос, микрофильтрацию, ультрафильтрацию и нанофильтрацию:

- обратный осмос (размеры пор 1–15 Å, рабочее давление 0,5–8,0 МПа). Эта высокоэффективная технология позволяет устранить до 99,9 % всевозможных ионов, что делает ее исключительно популярной в различных сферах, включая бытовое и промышленное применение;
- нанофильтрация (размеры пор 10–70 Å, рабочее давление 0,5–8,0 МПа) широко применяемый метод, который способен надежно фильтровать и удалять из воды различные красители, пестициды и другие органические молекулы, обладая при этом высокой пропускной способностью;
- ультрафильтрация (размеры пор 30–1000 Å, рабочее давление 0,2–1,0 МПа) надежный способ очистки, который путем использования мембран с мелкими порами отделяет бактерии, коллоидные частицы и белки, таким образом обеспечивая высокое качество очищаемой воды;
- важным методом в арсенале современных технологий является микрофильтрация (размеры пор 500–20000 Å, рабочее давление от 0,01 до 0,2 МПа) Она заключается в использовании мембран, способных улавливать частицы размером со многие бактерии и вирусы, тем самым гарантируя безопасность воды для ее дальнейшего использования в пищевой промышленности или в быту.

Принцип устройства мембранных фильтров на примере ультрафильтрационного модуля представлен на рисунке 9.

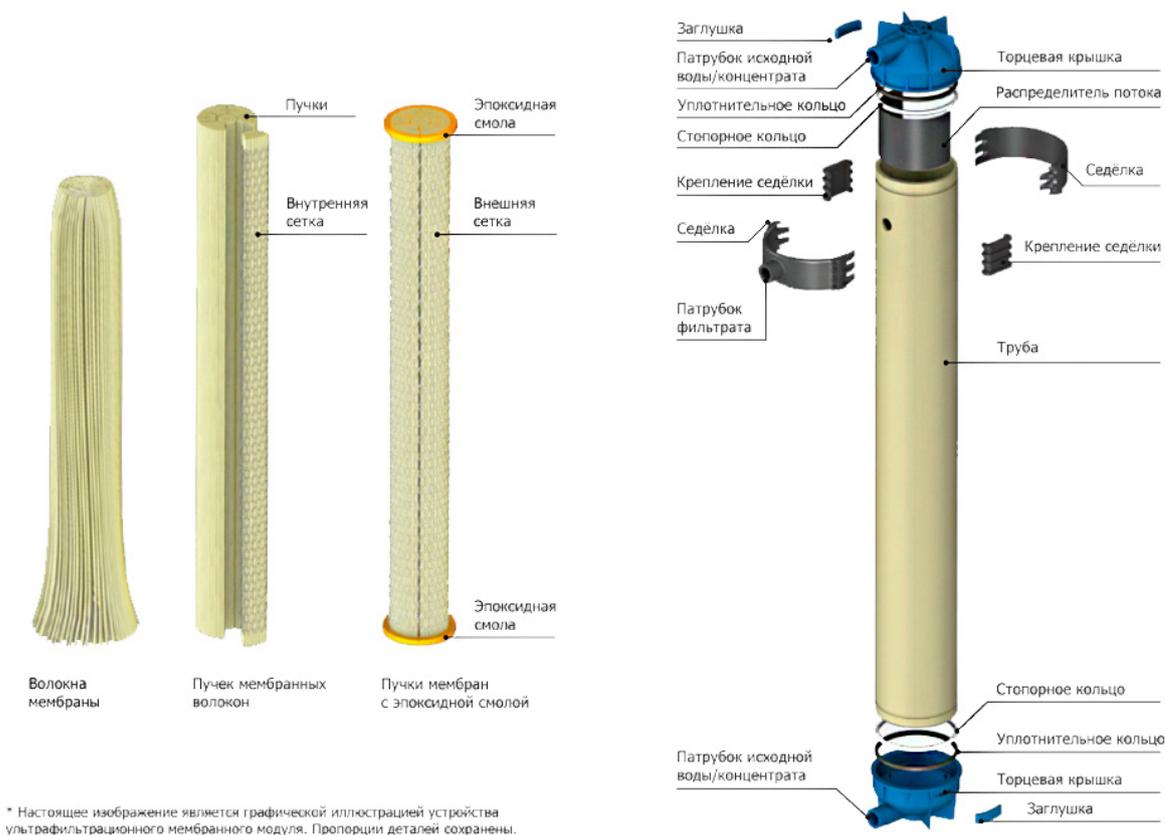


Рисунок 9 – Устройство ультрафильтрационного мембранного модуля

Обсуждая инновационные разработки, необходимо упомянуть также и трековые мембраны, которые представляют собой результат уникального производственного процесса. Данные мембраны обладают порами размером от 0,2 до 0,4 микрон и создаются путем особого метода облучения полиэтилентерефталатных пленок, что обеспечивает их высокую эффективность и прецизионную способность к фильтрации. Эти мембраны применяются для специальных целей, в частности в условиях, требующих особо тщательной и точной очистки воды.

Электромагнитное излучение в диапазоне 10-400 нм – называется ультрафиолетовым. Для обеззараживания используется «ближняя область»: 200–400 нм. Это излучение эффективно дезинфицирует воду, особенно в спектре 200-315 нм, где пик бактерицидного действия находится около 260 нм. На практике в УФ-аппаратах используется длина волны 253,7 нм для

нейтрализации микроорганизмов. С тех пор как в 1910 году в Европе начали применять УФ-обработку для очистки воды, метод доказал свою эффективность. Уничтожение микроорганизмов происходит из-за разрушения их ДНК и РНК, а также структуры клеточных мембран под воздействием ультрафиолета, что прерывает их размножение и в итоге ведёт к гибели.

Обеззараживание УФ-излучением (рисунок 10) рекомендуется применять для обработки воды, соответствующей требованиям:

- мутность – не более 2 мг/л (прозрачность по шрифту ≥ 30 градусов);
- цветность – не более 20 градусов платино-кобальтовой шкалы;
- содержание железа (Fe) – не более 0,3 мг/л (по СанПиН 2.1.4.1074-01) и 1 мг/л (по технологии установок УФ);
- коли-индекс – не более 10000 шт./л.

Контроль качества и надежности ультрафиолетовой обработки воды проводится путем определения присутствия бактерий группы кишечной палочки, среди которых Е-коли выступает важным индикатором за счет высокой устойчивости среди интеробактерий, включая патогенные. Во всемирной практике для обеспечения надежной обработки поддерживается доза облучения от 16 до 40 мДж/см². В российских стандартах зафиксирован минимальный показатель в 16 мДж/см², что обеспечивает эффективные результаты в обеззараживании.

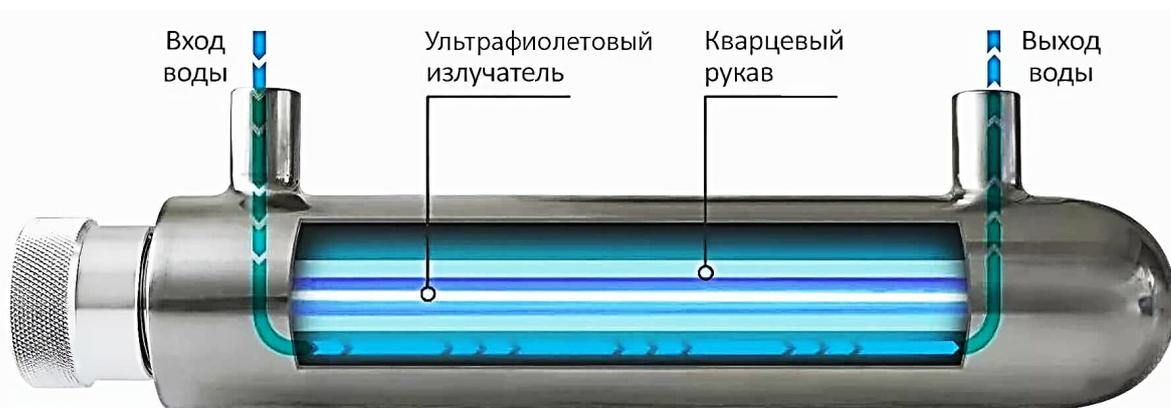


Рисунок 10 – Устройство УФ-излучателя

Использование ультрафиолетового (УФ) обеззараживания при очистке воды имеет ряд преимуществ. Среди них можно выделить то, что ультрафиолетовое облучение является минимально агрессивным по сравнению с другими физическими методами очистки, тем самым обеспечивая более естественный подход к санитарной обработке воды. Кроме того, ультрафиолетовое обеззараживание сохраняет химическую целостность воды, поскольку не изменяет ее состав. Это свойство выгодно, когда необходимо сохранить свойства воды. В отличие от дезинфекции хлором или озоном, УФ-обеззараживание не требует строгих мер безопасности, что снижает эксплуатационные риски и сложность. Еще одно важнейшее преимущество - предотвращение образования побочных продуктов очистки, что часто встречается в некоторых процессах химической обработки. Системы УФ-обеззараживания не требуют постоянного контроля со стороны специалистов, что позволяет сократить трудозатраты и свести к минимуму технические требования. Тем не менее, существуют ограничения, связанные с использованием УФ-обеззараживания для санитарной обработки воды. Эффективность системы заметно снижается при очистке мутной или цветной воды из-за препятствия проникновению УФ-излучения. Это требует предварительной обработки для обеспечения оптимальной функциональности. Регулярная очистка УФ-ламп необходима, особенно в случае воды с высокой жесткостью или уровнем загрязнения, для поддержания эффективности системы. Кроме того, отсутствие остаточной дезинфицирующей способности означает, что вода, обработанная ультрафиолетом, не обеспечивает длительной защиты от возможного повторного загрязнения после завершения процесса облучения. Это требует тщательного обращения и хранения после обработки, чтобы гарантировать, что вода остается свободной от микробного загрязнения.

Электрохимическая очистка воды выступает в роли эффективного решения, когда другие методы, включая механическую, биологическую и физико-химическую обработку, не дают ожидаемых результатов или их

применение ограничено, например, ограниченными производственными площадями или трудностями с доставкой химических реагентов. Эти системы отличаются компактностью и высокой производительностью, их можно легко автоматизировать для контроля и управления процессами.

Электрохимическая технология часто используется вместе с другими методами очистки, обеспечивая эффективное удаление загрязнений разной природы из воды. Этот метод позволяет точно настраивать физико-химические параметры воды, имеет значительный бактерицидный потенциал и упрощает схемы очистки воды. Ключевым преимуществом является устранение риска вторичного загрязнения воды ионами, что типично для реагентных методов.

Водоочистка электрохимическими способами подразделяется на три категории. Первая направлена на модификацию физико-химических параметров загрязнений, ускоряя их удаление. Здесь лидер — электрокоагуляция. Во второй категории сосредоточение примесей происходит с помощью электрофлотации, не меняя их свойства. Так, электродиализ используется для десалинизации. Третья категория сочетает несколько методов в одной системе для очистки стоков. Электрокоагуляция в этом деле работает через растворение ионов металлов, которые коагулируют загрязнения. С другой стороны, электрофлотация переносит частицы на поверхность воды, используя пузырьки газа, образующиеся в процессе электролиза.

2.1.2 Реагентные методы

Реагентные методы основаны на использовании химических веществ (реагентов) для удаления примесей из воды. Химическая очистка становится решением там, где традиционные безреагентные подходы не способны справиться с задачей, обеспечивая необходимый уровень очистки водных ресурсов.

Данные методы обработки воды несут в себе неоспоримые преимущества. Она обеспечивает высокую степень очищения, даже когда

присутствуют устойчивые и сложные типы загрязняющих веществ. Ещё один её плюс заключается в возможности детальной настройки процесса очистки в соответствии с составом каждого типа воды, что гарантирует эффективный результат. Кроме того, метод показывает себя отличным образом при срочной нужде быстро устранить загрязнения — он работает гораздо резвее, чем биологические методы очистки.

Тем не менее, среди недостатков следует отметить факт, что процесс может приводить к формированию шламов и токсичных жидкостей как побочных продуктов, что ставит под угрозу окружающую среду. Помимо этого, для безопасности и эффективности процедуры требуется соблюдение строгих норм дозирования реагентов, что влечет за собой риск при их передозировке. Нельзя также упускать из виду и экономическую сторону вопроса: высокие затраты на эксплуатацию и покупку необходимых химических реагентов вносят существенный вклад в общие операционные издержки.

На практике чаще всего применяются следующие реагентные методы согласно статьям, нормативной документации и справочников [9, 14, 19, 31, 37]:

- коагуляция и флокуляция,
- окисление,
- ионный обмен.

Далее рассмотрим каждый из перечисленных методов подробнее.

Коагуляция — это технология очистки воды, суть которой в объединении мелких частиц для образования больших агрегатов, или «хлопьев», которые затем оседают.

Основные коагулянты:

- сульфат алюминия ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) – при pH 6,5–7,5;
- сульфат железа ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) – при pH 4–10;
- хлорное железо ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) – при pH 4–10;
- полигидроксихлорид алюминия ($\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$).

Этот метод может быть выполнен двумя путями. Первый - контактный, где коагуляции происходит на поверхности зерен материала внутри фильтра. Это быстрый и эффективный процесс, не зависящий от температуры. Второй – свободный, где коагулянт добавляется прямо в жидкость в смесительной камере. Это занимает больше времени и обычно используется для очистки сточных вод.

Осаждение коллоидных частиц гидроксида железа (III) требует времени и использует специальные насосы-дозаторы для добавления коагулянтов. Однако эффективность этого метода при обработке органического железа или при высоких концентрациях железа может быть недостаточной, особенно для компактных систем с высокой производительностью. В таких случаях могут использоваться альтернативные методы, такие как каталитическое окисление с последующей фильтрацией или ионный обмен.

Для эффективного уплотнения и скорости оседания седиментов вводят флокулянты, такие как полиакриламид, который повышает коагуляцию частиц.

Окисление – химическое преобразование загрязнителей как органического, так и неорганического происхождения путём их взаимодействия с активными окисляющими веществами. В роли этих агентов выступают:

- хлор (Cl_2) который не только уничтожает бактерии, но и способствует преобразованию железа, марганца и сероводорода;
- озон (O_3) задействуется для устранения органических примесей, вредных пестицидов, а также для нейтрализации нежелательных ароматов;
- перманганат калия (KMnO_4) применяется для окисления железа, марганца, а также для обезвреживания сероводорода, улучшая качество воды.

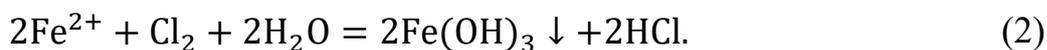
Озонирование – окисление двухвалентного железа с помощью озонирования представляет собой эффективный, автоматизированный процесс, который не увеличивает солевой состав воды и не загрязняет её

продуктами реакций. Этот метод превосходит другие подходы по многим параметрам: озон окисляет быстрее кислорода, генерируется без значительных затрат, преобразует взвеси (например, железо) в осадок для легкого удаления, обеспечивает дезинфекцию при достаточном времени воздействия, устраняет нежелательные вкусы и запахи и быстро распадается, не меняя химический состав воды.

Озонирование включает сложные физико-химические процессы взаимодействия озона с водой и её примесями. Это может быть окисление радикалами, озонлиз или не прямое окисление. Расчет озонирования требует определения объема озона для окисления двухвалентного железа, дезинфекции и удаления сероводорода, а также времени контакта озона с водой.

Хлорирование – это способ очистки воды с использованием хлора или его соединений, обладающих бактерицидными свойствами. Хлор разрушает клеточные структуры микроорганизмов и окисляет их составляющие. Этот процесс может осуществляться с использованием хлора в различных формах: жидком, газообразном или твердом (в виде порошка, гранул или таблеток).

Применение хлора включает в себя использование чистого элемента или хлорсодержащих соединений, таких как гипохлорит кальция или натрия, хлорамин и хлорная известь. В результате воздействия на двухвалентное железо образуются гидроксид железа и другие продукты. Условно этот процесс можно представить как в формуле 2:



Помимо этого, хлор окисляет двухвалентный марганец, разрушает органические вещества и нейтрализует сероводород.

В процессе очистки воды применяется ионообменная технология, которая базируется на уникальных характеристиках ионообменных смол - специализированных материалов, не растворимых в водной среде. Основное

их предназначение - проведение реакций ионообмена с катионами и анионами, находящимися в обрабатываемой воде.

Эти вещества бывают двух типов: катионные и анионные, соответственно, участвуют в обмене либо с катионами, либо с анионами воды. К катионитам относят материалы, содержащие заменяемые катионы наподобие H^+ , Na^+ , K^+ и NH_4^+ . Аниониты, в свою очередь, способны обмениваться с анионами, благодаря наличию в их структуре подвижных анионов типа OH^- .

В области промышленного использования распространены иониты на основе сульфированных углей, а также разнообразные синтетические ионообменные смолы (рисунок 11). Одним из ярких примеров служит смола, синтезируемая методом конденсации фенолсульфокислоты с формальдегидом. Эти материалы успешно применяются для очистки и подготовки воды, благодаря их высокой эффективности и способности к регенерации, что делает процесс ионообмена экономически выгодным и экологически предпочтительным.

Подобные методы водоподготовки обеспечивают удаление из воды множества примесей, что делает ионообменные процессы незаменимыми во многих областях промышленности и коммунального хозяйства, гарантируя высокий уровень очистки воды.

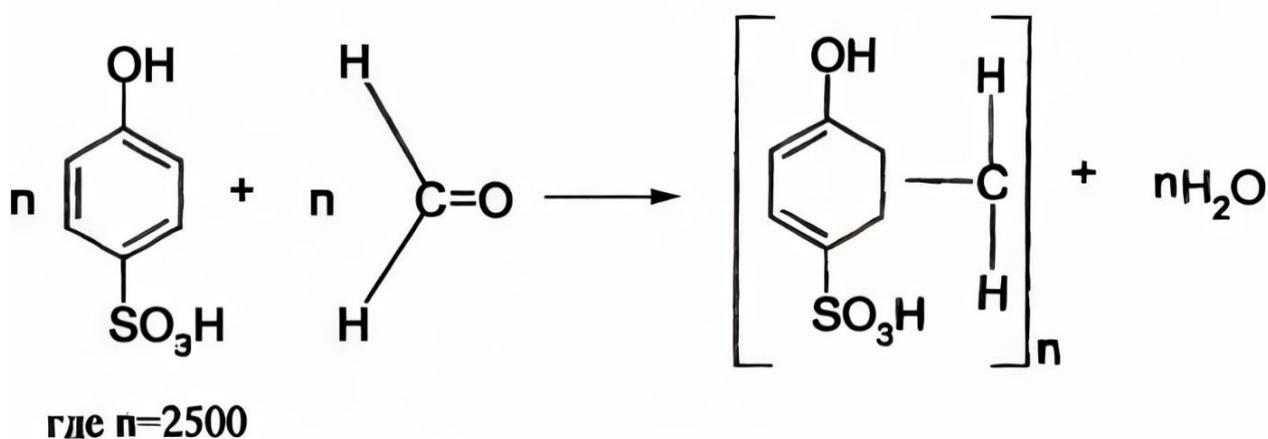
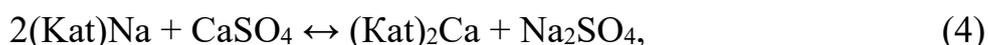
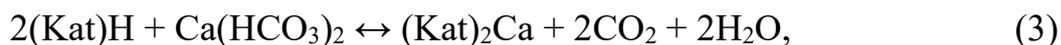


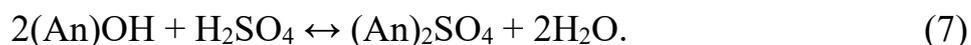
Рисунок 11 – Схема ионообменной смолы

Каркас ионообменной смолы состоит из высокополимерной пространственной сетки углеводородных цепей. Каркас обладает положительным (An^+) или отрицательным (Kat^-) зарядом, обусловленным зарядом фиксированных ионов.

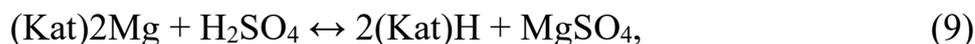
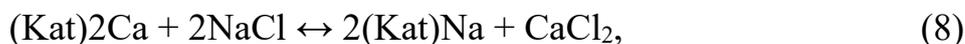
Процессы катионного обмена могут быть представлены в следующих формулах (3), (4), (5):

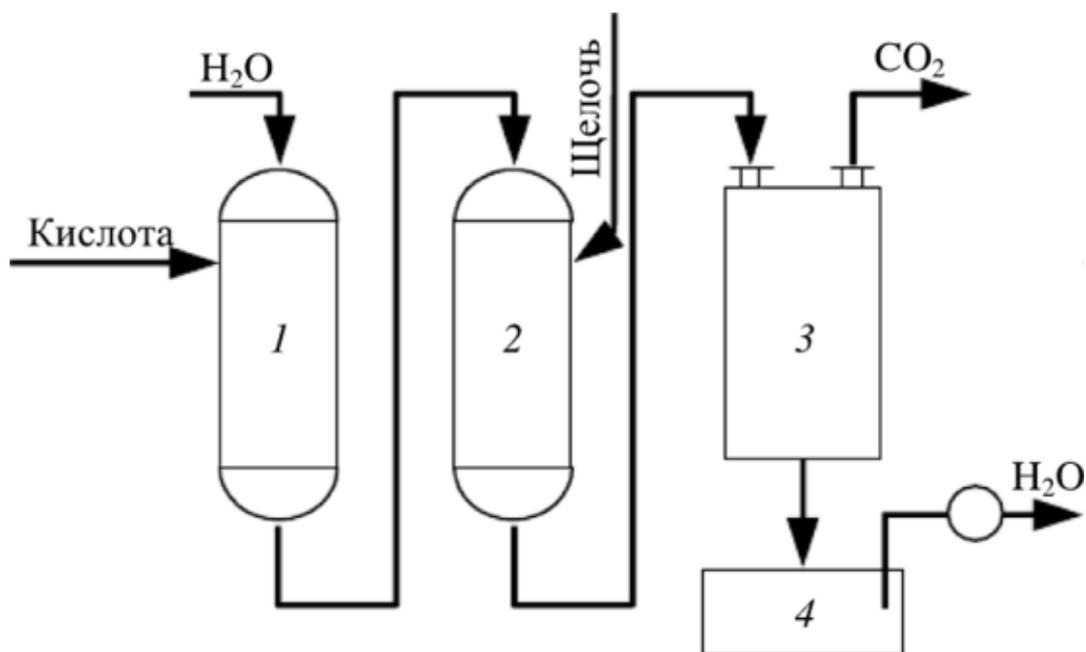


Процессы анионного обмена могут быть представлены в следующих формулах (6), (7):



Реакции ионного обмена обратимы, что позволяет осуществить регенерацию отработанного ионита, обрабатывая его растворами соответствующих щелочей, кислот и солей, в следующих формулах (8), (9), (10):





1 – катионитовый фильтр; 2 – анионитовый фильтр; 3 – дегазатор; 4 – сборник воды.

Рисунок 12 – Схема установки для умягчения воды

В установке для умягчения воды с последовательным применением Нкатионирования и ОН-анионирования (рисунок 12) вода при прохождении через

катионит освобождается от ионов кальция и магния в Н-катионитовом фильтре 1, а затем в анионитовом фильтре 2 из нее удаляются анионы. Далее вода проходит через дегазатор 3, где она освобождается от кислорода и диоксида углерода, и далее через сборник воды 4 поступает к потребителю. Для регенерации в фильтр 1 подается 2%-й раствор серной или соляной кислоты, в фильтр 2 – 4%-й раствор гидроксида натрия.

2.1.3 Биологические методы

В сфере водоподготовки особую роль играют биологический метод. Данный метод заключается в применении микробных культур – бактерий, микроскопических водорослей и грибов – для устранения органических компонентов и отдельных неорганических элементов, загрязнителей. Эффективность процесса основывается на имитации естественных самоочищающих механизмов биосферы, при этом все этапы протекают под

тщательным надзором в регулируемой обстановке, что усиливает их действенность.

Разнообразные микроорганизмы играют ключевую роль в процессе очистки воды, включая грибы, простейшие, водоросли, бактерии и некоторые виды растений. Основываясь на типе и уровне загрязнений, источнике воды, окружающей среде и цели очистки, специалисты определяют наиболее подходящий набор биоагентов. Аэробные микроорганизмы требуют наличия кислорода для разложения органических соединений, в то время как анаэробные способны работать в отсутствие кислорода и используются в специальных условиях, например метантенках.

Среди часто применяемых микроорганизмов стоит выделить амёб, коллембол, инфузорий и нитробактерии, которые особенно эффективны в окислении азотистых соединений. Серобактерии известны своей способностью нейтрализовать сероводород.

Кроме того, в очистке воды участвуют и растения, включая водоросли и различные водные растения, которые добавляются в водную среду или разрастаются естественным образом. Эти компоненты не только содействуют очистке, но и способствуют созданию устойчивой экосистемы.

Биологическая очистка представляет собой систему методов, способных изменять экологическую обстановку в лучшую сторону. Эти методы отличаются своими функциями, структурой устройств, режимом их работы и параметрами экосистем, в которых они функционируют. В данном тексте мы подробно разберем основные устройства и подходы к биоочистке.

Принцип работы биофильтров основан на использовании микроорганизмов, формирующих биопленку на заполняющем материале конструкции. Данные установки выполняют функции биологического восстановления воды и ее механической фильтрации. Различают капельные, башенные, высоконагружаемые биофильтры, а также с разнообразной заполнительной средой и числом ступеней обработки — для многоступенчатой очистки сложных загрязнений.

Аэротенки, в отличие от биофильтров, требуют активного вдувания кислорода. Этот процесс ускоряет биохимические реакции, необходимые для разложения примесей в воде. Смешение воды с активным илом и последующий воздушный или кислородный поток способствуют интенсификации процессов разложения вредных веществ.

В метантенках используют анаэробные бактерии, для жизнедеятельности которых не требуется кислород, и благодаря которым образуется метан. Процесс проводится в закрытой среде с контролируемой температурой. Это позволяет оптимизировать условия для биогазовой ферментации и улучшить качество очистки.

Конструкция искусственных биологических прудов предусматривает использование активного ила на дне. Следует учитывать контролируемую глубину, чтобы обеспечить благоприятные условия для развития биологических процессов в водоеме для достижения максимального эффекта очистки.

Эти биоочистные установки являются частью комплексного подхода к сохранению экологического равновесия. Они не только очищают воду, но и помогают в восстановлении натурального состояния окружающего мира, что делает их ключевыми элементами в современных системах обработки сточных вод.

2.2 Особенности очистки воды из подземных источников

Подземные воды традиционно считаются более чистыми, чем поверхностные, благодаря естественной фильтрации через почвенные слои. Однако их состав часто не соответствует санитарным нормам из-за природных и антропогенных загрязнений. Очистка такой воды требует особого подхода, учитывающего специфику загрязнений и оптимальные технологические решения.

Ключевые аспекты, которые будут рассмотрены:

- специфика загрязнений подземных вод – какие примеси встречаются чаще всего и чем они опасны;

- популярные схемы очистки – проверенные комбинации методов для разных типов загрязнений.

Анализ этих вопросов поможет подобрать эффективную систему водоподготовки, обеспечивающую безопасность и соответствие стандартам питьевой воды.

2.2.1 Специфика загрязнений

Питьевая вода подлежит строгому контролю по содержанию различных веществ, так как их концентрация напрямую влияет на ее качество и определяет необходимые методы очистки.

Подземные источники воды являются важным источником водоснабжения для многих регионов мира. Однако качество этой воды может быть подвержено влиянию различных факторов, таких как состав почвы, геологические особенности и климатические условия. Рассмотрим основные примеси, которые могут присутствовать в воде из подземных источников, и методы их очистки.

Железо является одним из наиболее распространённых элементов, присутствующих в подземных водах. Его концентрация может варьироваться от незначительной до высокой, что может привести к проблемам с качеством воды. Высокое содержание железа может вызвать коррозию трубопроводов, изменение цвета и вкуса воды, а также проблемы с бытовой техникой и сантехникой.

Для очистки воды от железа используются различные методы, такие как фильтры-окислители, аэраторы и каталитические процессы. Эти методы позволяют преобразовать растворенное железо в нерастворимую форму, которая затем удаляется из воды.

Марганец также часто встречается в подземных водах и может вызывать проблемы с качеством воды. Его высокая концентрация может привести к изменению вкуса воды, появлению неприятного запаха и образованию биоплёнки на трубах.

Для очистки воды от марганца используются катионные фильтры, фильтры-озонаторы и активированный уголь. Эти методы позволяют удалить марганец из воды и улучшить её качество.

Фтор является важным элементом для здоровья человека, однако его высокая концентрация в питьевой воде может привести к флюорозу костных тканей. Нормативные документы устанавливают допустимые пределы содержания фтора в воде.

Для очистки воды от фтора используются фильтры с активированным оксидом алюминия или ионообменными материалами. Эти методы позволяют снизить концентрацию фтора до безопасных уровней.

В воде из подземных источников могут присутствовать различные органические примеси, такие как пестициды, удобрения и другие токсичные вещества. Эти примеси могут оказывать негативное воздействие на здоровье человека и окружающую среду.

Для очистки воды от органических примесей используются угольные фильтры, озонаторы, аэраторы и обработка хлорсодержащими реагентами и окислителями. Эти методы позволяют удалить органические примеси и улучшить качество воды.

Кроме перечисленных выше примесей, на качество воды из подземных источников могут влиять и другие факторы, такие как сероводород, жёсткость воды и наличие кальциевых и магниевых солей. Для очистки воды от этих примесей используются соответствующие фильтры и технологии.

Качество воды из подземных источников может быть подвержено влиянию различных факторов, таких как состав почвы, геологические особенности и климатические условия. Для обеспечения безопасности и качества питьевой воды необходимо проводить регулярный мониторинг и очистку воды от различных примесей.

В нижних водоносных слоях, может быть обнаружен сероводород. Этот токсичный элемент удаляется с помощью аэрационных систем. С

другой стороны, вода из скважин часто содержит большое количество солей кальция и магния, сульфатов и хлоридов, что делает ее жесткой и способной вызывать накипь на оборудовании.

Скважины рядом с местами интенсивным сельским хозяйством могут быть загрязнены пестицидами и другими удобрениями, а также органическими соединениями. Они токсичны и могут повлиять на органолептику воды. Угольные фильтры, озонаторы, аэраторы и обработка хлором или окислителями помогут очистить ее от этих примесей.

2.2.2 Технологические схемы очистки

В воде, залегающей под землей, зачастую содержатся высокие уровни железа, включая его растворенную форму Fe^{2+} , а также коллоидные и органоминеральные соединения. Разнообразие химических форм железа и его концентрации, которые могут варьироваться от сотых долей миллиграммов на литр до нескольких десятков мг/л. Это обуславливает необходимость использования различных, подобранных методов для очистки воды от примесей.

Разработка эффективных технологий обезжелезивания стала возможной благодаря фундаментальным исследованиям российских ученых: И.Э. Апельцина, В.А. Клячко, Г.И. Николадзе, Л.А. Кульского и других. Их работы легли в основу современных реагентных и безреагентных методов, каждый из которых имеет свою область применения согласно источникам [3, 29, 32, 33] в зависимости от:

- форм железа в исходной воде,
- концентрации загрязнений,
- физико-химических параметров (рН, щелочность, окисляемость).

Для деферизации воды следует использовать несколько методов адекватно формам, количеству железа и буферным свойствам исходной воды. Все многообразие методов, применяемых в технологии обезжелезивания воды, можно свести к двум основным типам, реагентные и безреагентные. Из применяемых в настоящее время безреагентных методов обезжелезивания

воды перспективными являются: вакуумно-эжекционная аэрация и фильтрование (рисунок 13); упрощенная аэрация и фильтрование; «сухая фильтрация»; фильтрование на каркасных фильтрах; фильтрование в подземных условиях с предварительной подачей в пласт окисленной воды или воздуха; аэрация и двухступенчатое фильтрование; ультрафильтрация.

К реагентным относятся следующие методы: упрощенная аэрация, окисление, фильтрование; напорная флотация с известкованием и последующим фильтрованием; известкование, отстаивание в тонкослойном отстойнике и фильтрование; фильтрование через модифицированную загрузку; электрокоагуляция; катионирование; озонирование и фильтрование.

Многообразие методов обезжелезивания воды исключает их равноценность в отношении надежности, технологичности, экономической целесообразности, простоты, области применения и т.п. Обезжелезивание поверхностных вод можно осуществить лишь реагентными методами, а для удаления железа из подземных вод наибольшее распространение получили безреагентные методы.

Безреагентные методы обезжелезивания могут быть применены, когда исходная вода характеризуется: рН — не менее 6,7; Щелочностью — не менее 1 мг-экв/л; перманганатная окисляемость — не более 7 мг O_2 /л. При этом при содержании железа (III) не более 10% от общего и концентрации железа(II) в бикарбонатной или карбонатной форме:

- до 3 мг/л рекомендуется метод фильтрования на каркасных фильтрах без вспомогательных фильтрующих средств;
- до 5 мг/л предпочтительно применять метод «сухой фильтрации»;
- от 5 до 10 мг/л следует использовать метод упрощенной аэрации с одноступенным фильтрованием;
- от 10 до 20 мг/л — аэрация и двухступенчатое фильтрование;
- от 10 до 30 мг/л - рекомендуется вакуумно-эжекционная аэрация с фильтрованием через загрузку большой грязеемкости.

При концентрации углекислого или карбонатного железа (II) более 20 мг/л или при содержании сероводорода 1-5 мг/л, рН=6,4 рекомендуется метод вакуумно-эжекционной аэрации с последующим отстаиванием в тонком слое воды или обработкой в слое взвешенного осадка и фильтрование.

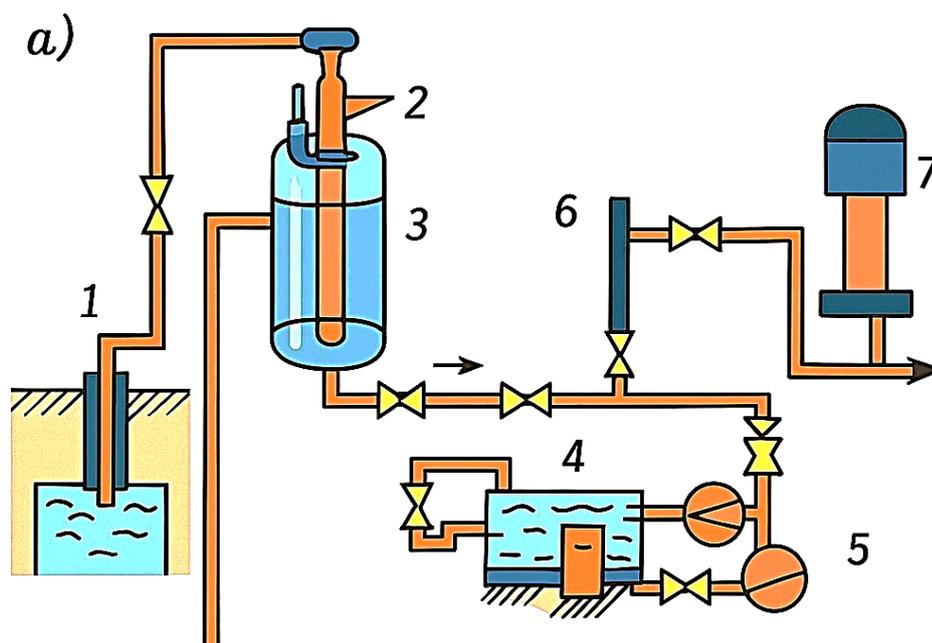
Реагентные методы обезжелезивания воды следует применять при низких значениях рН, высокой окисляемости, нестабильности воды. При этом при содержании сернокислого или карбонатного железа, либо комплексных железорганических соединений:

- до 10 мг/л и перманганатной окисляемости до 15 мг O₂/л рекомендуется применять фильтрование через модифицированную загрузку;
- до 75 мг/л и перманганатной окисляемости до 15 мг O₂/л предпочтителен метод, предусматривающий упрощенную аэрацию, обработку сильным окислителем и фильтрование через зернистую загрузку большой грязеемкости;
- свыше 10 мг/л и перманганатной окисляемости более 15 мгO₂/л следует применять напорную флотацию с предварительным известкованием и последующим фильтрованием или метод, предусматривающий аэрацию, известкование, отстаивание в тонком слое и фильтрование;
- свыше 10 мг/л, перманганатной окисляемости более 15 мг O₂/л при производительности установок до 200 м³/сут можно рекомендовать электрокоагуляцию с барботированием, отстаиванием в тонком слое и фильтрование.

Обезжелезивание воды катионированием целесообразно лишь в тех случаях, когда одновременно с обезжелезиванием требуется умягчение воды, при этом ионным обменом могут быть лишь извлечены ионы железа (II).

Технология вакуумно-эжекционной аэрации основана на методе безреагентного фильтрования, аналогичном используемом в песчаных осветлительных фильтрах, но отличается по свойствам фильтрующих

элементов. Процесс (рисунок 13) включает активное окисление растворенного в воде двухвалентного железа кислородом воздуха до трехвалентного состояния, приводя к формированию коллоидных частиц гидроксида железа. Эти частицы при pH от 6,8 до 7 коагулируют и оседают в виде бурых хлопьев. Контакт железосодержащей воды с воздухом позволяет увеличить содержание кислорода в воде и повысить окислительный потенциал. Удаление избытка углекислоты способствует повышению pH воды, что при окислительном потенциале вызывает осаждение гидроксида железа.



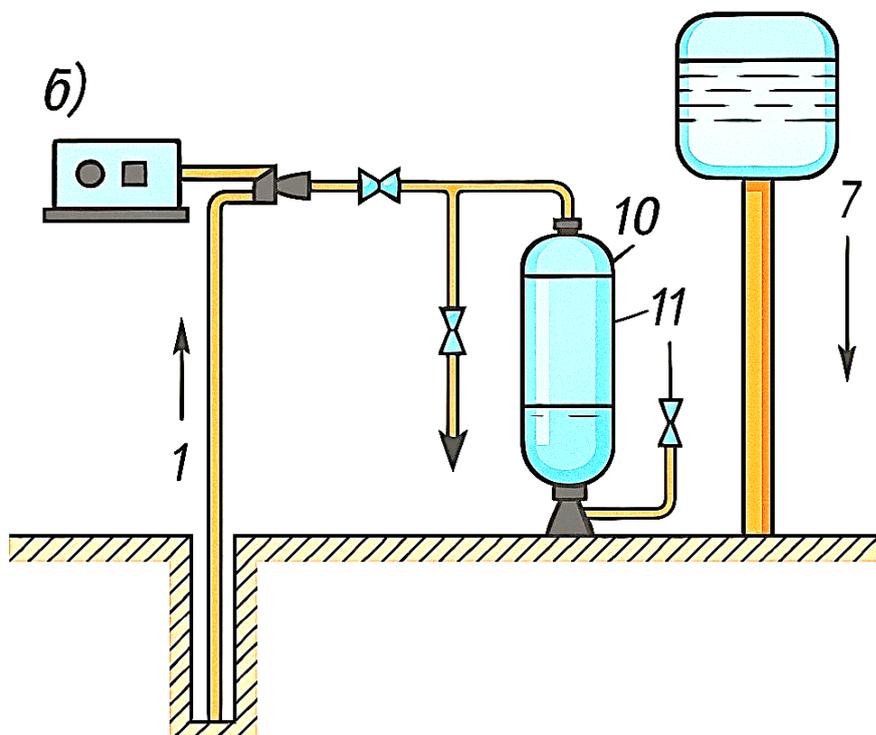
- 1 – исходная вода; 2 – вакуумно – эжекционный аппарат; 3 – КЗФ 4 – резервуар промывной воды; 5 – повысительный насос; 6 – установка для фторирования; 7 – водонапорный бак; 8 – отвод обезжелезненной воды удаления диоксида углерода; 4 – эжекционные камеры; 5 –отражательная пластина (вариант)

Рисунок 13 – Технологическая схема вакуумно-эжекционной аэрации и фильтрации

Процесс упрощенной аэрации (изображен на рисунке 14) можно применять в различных условиях – как при гравитационном, так и напорном способе очистки, в зависимости от проектных характеристик системы. Такой подход основывается на уникальной способности воды с избытком

двухвалентного железа и растворенного кислорода к самоочищению. В процессе прохождения через гранулированный фильтрующий материал железо оседает на зернах, формируя каталитическую пленку из ионов железа разной валентности. Это обеспечивает ускоренное окисление и улавливание железа, что способствует само восстанавливаемости фильтрационной пленки в процессе работы установки.

Таким образом, сложные этапы окисления железа и дальнейшего его перевода в гидроксид отсутствуют, что исключает необходимость строительства затратных аэрационных сооружений. Для реализации процесса достаточно простых механизмов, которые обеспечивают подачу воды с определенной высоты или насыщение ее кислородом путем инъекции воздуха. Это значительно упрощает эксплуатацию системы и снижает финансовые затраты на очистку воды.

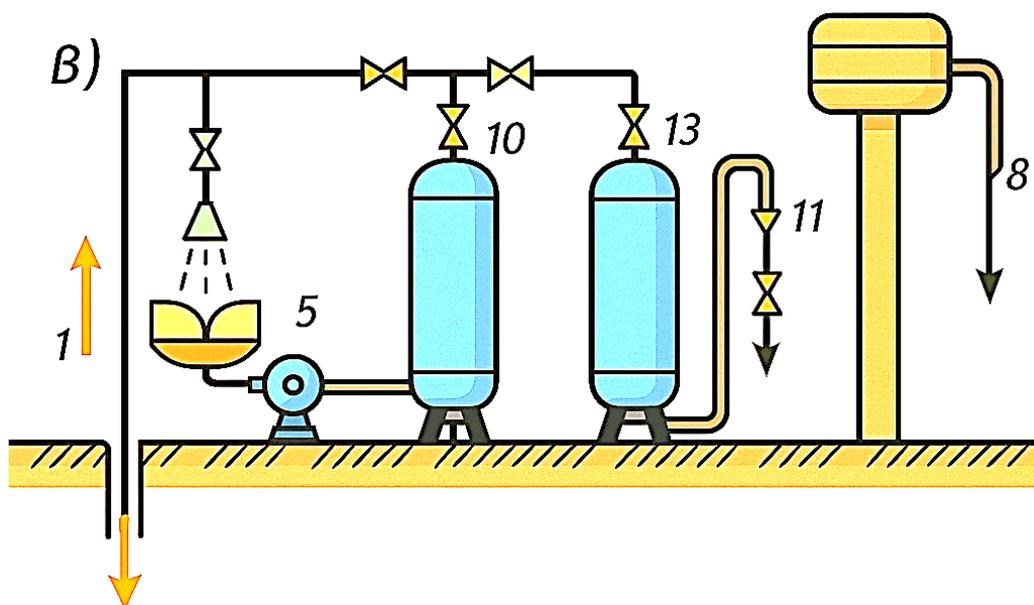


1 – исходная вода; 7 – водонапорный бак; 10 – скорый осветлительный фильтр;
11 – установка для обеззараживания воды

Рисунок 14 – Технологическая схема упрощенной аэрации с одноступенчатым фильтрованием

Двухстадийная аэрация с фильтрацией под давлением (рисунок 15) – превосходный выбор для водоочистки. Процедура схожа с упомянутой ранее схемой и начинается с обезжелезивания. Изначально, новые порции воды, проходя через еще чистую загрузку фильтра, взаимодействуют с материалом через физическую адсорбцию. Происходит притяжение железных соединений к адсорбенту, создавая мономолекулярный слой на его поверхности.

Далее, выступая как катализатор окислительного процесса, слой делает поверхность более активной и усиливает выделение железа. Ведь как только он образуется, он активно участвует в дополнительном накоплении железных соединений, благодаря своей губчатой структуре и каталитическим свойствам. Это делает гранулированный материал невероятно эффективным в очистке по сравнению с однородной средой. Таким образом, процесс обеспечивает значительное повышение качества очищенной воды.



1 – исходная вода; 5 – повысительные насос; 7 – водонапорный бак; 8 – отвод обезжелезненной воды; 9 – воздуходувка; 10 – скорый осветлительный фильтр; 11 – установка для обеззараживания воды; 12 – аэрационное устройство; 13 – осветлительный фильтр II ступени.

Рисунок 15 – Технологическая схема упрощенной аэрации с двухступенчатым фильтрованием.

2.3 Ошибки в проектировании водоочистных систем в поселках

Рассмотрим на примере в Самарской области. Согласно статьям [16, 23] в радиусе 5 км различные водопользователи пробурили артезианские скважины на глубину 30 м. Вода этих скважин содержала до 10 ПДК железа и имела общую жесткость 3 мг-экв/л.

Избыточное железо удалялось индивидуальными потребителями с помощью отстаивания и простейших бытовых фильтров. Если бы скважину, обслуживающий поселок спроектировали на ту же глубину, данная станция смогла бы легко удалять железо осветительными фильтрами, как на рисунке 16.



Рисунок 16 – Система очистки воды с осветительными фильтрами

Но несмотря на то, что в проекте была скважина 30-ти метровой глубины, провели бурение на глубину 130 м. Полученная вода имела содержание железа в пределах ПДК и жесткость (преимущественно карбонатную), равную 10 мг-экв/л. Поэтому вместо фильтров-осветлителей использовались умягчители воды. В результате, чтобы сделать воду из этой скважины пригодной для питья, при двукратном снижении жесткости воды, эксплуатационные затраты потребовалось увеличить в 10 раз. На этом

примере четко прослеживается необходимость ответственного подхода к стадии проектирования станции водоочистки и к точности реализации проекта. Очевидна важность полного информирования о составе воды, с которой будем иметь дело, уже на стадии проектирования.

К обязательным показателям анализа воды, позволяющим с удовлетворительной точностью определить состав оборудования системы водоочистки, относятся: рН (водородный показатель), общая жесткость, железо общее, марганец, перманганатная окисляемость, общая щелочность, общее солесодержание (сухой остаток), цветность, мутность, запах. Важно также располагать данными о концентрациях отдельных микроэлементов, превышение по которым в данном регионе часто встречается (для Челябинской области это – кремний, нитраты и радон). При подборе необходимого оборудования и фильтрующих загрузок учитывается как каждый из этих показателей, так и их комбинации.

К неприятным последствиям может привести неточный расчет необходимой производительности станции очистки воды. Пример: для одного из объектов в соответствии с нормативами СНиП 2.04.0284 был проведен расчет воды, потребляемой каждым коттеджем. Рассчитанная величина водопотребления составила 0,4 м³/ч. Но на деле построенная станция водоочистки с производительностью 7 м³/ч не справлялась с обслуживанием двенадцати коттеджей. Для исправления ситуации заменили скважинный насос и увеличили число фильтров на станции, доведя производительность станции до 15 м³/ч и обеспечив бесперебойную подачу очищенной воды потребителям. Учитывая наш опыт водоподготовки для частных домов можно сказать, что пиковое моментное водопотребление среднего коттеджа без бассейна и ванн большого объема (джакузи) составляет около 1,0 – 1,5 м³/ч, если не учитывать расход воды на полив.

Реальная производительность скважины должна превышать объем подачи чистой воды потребителю на 20 – 50 % (исходя из типа устанавливаемого оборудования). Недостаточный дебет скважины может

приводить к нарушению рабочих процессов оборудования. А это приводит к снижению сроков функционирования элементов системы водоочистки и постепенному ухудшению фильтрующих качеств. Если система имеет недостаточную производительность, в водопроводную сеть поселка может поступать неочищенная вода. При малом же потреблении воды нецелесообразно использование высокопроизводительной системы по двум причинам: во-первых, не экономично, а во-вторых, при недостаточном водоразборе может произойти рост патогенных микроорганизмов в фильтрах с угольными загрузками и накопительных ёмкостях.

Способы снижения капитальных и эксплуатационных затрат на станции водоочистки

Точность определения требуемой производительности системы очистки воды играет ключевую роль в оптимизации начальных капиталовложений и последующих эксплуатационных расходов. Это связано не только с правильным выбором оборудования и фильтрующих загрузок, но и с учётом стоимости трубопроводов, запорной арматуры, регуляторов и контрольно-измерительных приборов, которые могут составлять до 20 % от общей стоимости системы. Чем больше система, тем больше расходных элементов она включает.

При определении производительности системы необходимо учитывать особенности водопотребления. Существуют четыре основных типа водопотребления: равномерное непрерывное, равномерное с пиковым водопотреблением, равномерное периодическое и периодическое с пиковым водопотреблением. Для коттеджных посёлков наиболее характерен второй тип водопотребления.

Поэтому для снижения капитальных затрат рекомендуется выбирать систему водоочистки с меньшей производительностью, чем при пиковом водопотреблении. После установки системы следует разместить бак-накопитель чистой воды и подавать её потребителям с помощью станции второго подъёма.

2.4 Выбор технологических схем очистки воды из подземных источников для малых поселений

Будем рассматривать различные технологические схемы выбирая их по методике описанной «Справочнику перспективных технологий водоподготовки и очистки воды с использованием технологий, разработанных организациями оборонно-промышленного комплекса, и учетом оценки риска здоровью населения» [28], дабы избежать рассмотрения совершенно не подходящих схем водоподготовки.

При проектировании новых водоочистных сооружений, первостепенное внимание уделяется технологическому подходу, который должен учитывать множеству критериев, таких как анализ химического состава и физических характеристик воды, которая подлежит очистке. Также необходимо учитывать будущие потребности в воде и потенциал повышения производительности объекта. Строгого соблюдения требований санитарных норм и законодательства в области водопользования, задающих высокие стандарты, которым должны соответствовать технологии обработки воды. Это же касается и безопасности, надежности процессов очистки, а также эффективности работы системы.

Даже современные тенденции требуют улучшения систем очистки воды, включая реконструкцию и модернизацию, вследствие естественного износа инфраструктуры. Особое внимание стоит уделить изменениям в экологическом состоянии водных ресурсов.

Принимая во внимание все вышеперечисленные факторы, необходимо рассмотреть риски, связанные с возможным снижением качества питьевой воды на всех стадиях её подготовки и транспортировки. Решения проектировщика по внедрению технологии водоподготовки должны основываться на устойчивом и бесперебойном обеспечении жителей города высококачественной питьевой водой, соответствующей всем требованиям и способствующей развитию инфраструктуры.

Процесс выбора лучших технологических решений для системы водоснабжения можно сгруппировать в несколько ключевых этапов, обеспечивающих как эффективность, так и оптимальность выбора:

- оценка текущего состояния системы водоснабжения начинается с технического обследования. На данном этапе исследуются пути улучшения качества очистки воды;
- тщательный анализ рынка оборудования и существующего опыта использования разнообразных технологий в схожих условиях позволяет вычлениить наиболее эффективные и экономичные решения. Следует обратить внимание на такие параметры, как тип водоисточника, объём производительности, климат, гидрогеологические особенности местности, степень автоматизации и транспортная доступность, а также компетенций персонала;
- в ситуации, когда прямые аналоги решений отсутствуют или недостаточно информативны, необходимо предусмотреть и организовать специальные испытания. Это могут быть лабораторные или пилотные проекты, предназначенные для тестирования технологий непосредственно в играющих условиях;
- завершающим этапом является анализ эффективности предлагаемых технологий, включая их экономическую выгоду для данной системы водоснабжения.

Такой подход позволяет не только выбрать эффективные решения, но и прогнозировать долгосрочные результаты их внедрения с учётом всех индивидуальных факторов конкретной ситуации.

Выбор подходящей технологии для водоподготовки – ответственная задача для любого проекта, которая требует тщательного подхода. Процесс отбора начинается с лабораторного анализа, который позволяет оценить различные технические решения и оборудование для достижения оптимальных результатов. Этим занимается проектная организация или компания-поставщик.

Следует учитывать, что на рынке представлено множество методик и систем для обработки воды. Однако ключевым моментом является адаптация выбранной технологии к специфике исходного водоисточника. Важно убедиться в том, что предложенное решение соответствует не только техническим требованиям надежности, но и строгим гигиеническим стандартам, что гарантирует безопасное и бесперебойное водоснабжение.

В процессе выбора подходящего метода для обработки питьевой воды, важно рассматривать не только снижение уровня химических элементов, но и понимать, что такие технологии могут изменять химический состав соединений, В результате этого могут изменяться гигиенические и токсикологические свойства воды и веществ, содержащихся в ней. Важную роль в этой трансформации играют окислители, такие как хлор и озон.

Основные направления очистки воды:

- повышение качественных характеристик воды: это включает в себя устранение цвета, запахов и привлечение визуальной привлекательности, что достигается с помощью методов, например, озono-сорбции;
- защита от болезнетворных организмов: здесь применяются такие методы, как хлорирование и ультрафиолетовое облучение, чтобы обеспечить безопасность воды для здоровья человека;
- кондиционирование подземных вод: Различные методы смягчают воду, удаляют излишки минералов или газов, корректируют уровень фтора, что позволяет привести воду к желаемым параметрам;
- оптимизация газового состава: Эта категория включает в себя методы, направленные на удаление нежелательных газов из воды, таких как сероводород или углекислый газ;
- очистка от устойчивой органики и побочных загрязнений: Такие процессы, как обратный осмос или нанофильтрация, применяются для извлечения сложных загрязнений;

- усиление защиты оборудования водоочистных сооружений:
Направлено на предотвращение воздействия внешних загрязнений, включая те, что имеют антропогенное происхождение.

Водоподготовка может классифицироваться на основе разных принципов: использование реагентов подразделяется на методы с их применением и без; по глубине осветления - на глубокую и поверхностную очистку; по количеству технологических процессов - на однопроцессные и многостадийные; и, наконец, по типу движения воды - на самотечные и напорные системы. Эти критерии помогают определить оптимальный подход к водоподготовке в соответствии с поставленными задачами.

Применение передовых и классических технологий очистки позволяет эффективно удалять загрязнители и улучшать качество воды. В селе Кротовка, что в Кинель-Черкасском районе Самарской области, подземные источники воды отличаются уникальным составом, который характеризуется повышенным содержанием железа, мутностью и цветом. Данные превышают нормы СанПиН, однако прочие типы загрязнений и антропогенные факторы в данной воде не обнаружены, что делает применение универсального классификатора для выбора технологии очистки лишь частично возможным.

Поэтому выбор методов очистки воды основывается на комплексном подходе, включающем технологии не только для борьбы с высоким уровнем железа, но и с другими примесями. Такие методы как глубокая аэрация, стабилизация и обеззараживание являются частью классификации, однако устранение мутности и цветности, требует дополнительного внимания и не всегда охватываются стандартными решениями.

На стадии проектирования важно провести экономически обоснованный анализ для формирования оптимальной технологической схемы доочистки воды, которая будет учитывать как местные условия, так и необходимость исключения неэффективных решений. Разработка такой схемы предполагает не только распределение сооружений и выбор типа устанавливаемого

современного оборудования, но и избежание повторения однотипных процессов.

Для условий Кротовки рекомендуется применение безреагентной технологии очистки, основанной на аэрации и последующем фильтровании через зернистые материалы. Осадки, образующиеся в результате такой очистки, в виде коллоидных растворов и взвесей оксигидроокислов железа, подлежат обезвоживанию и утилизации на полигонах для твердых промышленных отходов.

Обезжелезивание воды, производимое непосредственно в водоносном горизонте, является одним из самых эффективных способов подготовки питьевой воды. Суть этого метода заключается в использовании специально очищенной воды, насыщенной кислородом, которая подается в водоносный слой. Эта насыщенная кислородом вода служит катализатором для химических реакций, переводя железо и марганец из подземных вод в легко удаляемые формы.

Такой процесс существенно повышает качество воды, так как она становится более чистой и безопасной для использования. Вода, активированная на поверхности и содержащая дополнительные окислители, эффективно справляется с трудноокисляемыми соединениями железа и других элементов. В ходе реакций образуется гидроксид железа, который, затем, улавливается в пористой структуре водоносной породы.

Ключевым преимуществом систем местного обезжелезивания является их высокая эффективность и компактность. Установки легко интегрируются с водозаборными скважинами, превращая их в автономные очистные комплексы, что существенно упрощает процесс очистки воды и её подачи потребителям. Эксплуатация таких комплексов осуществляется по циклическому принципу закачки аэрированной воды и откачки очищенной, что регламентируется специальным расписанием для обеспечения непрерывности процесса и наивысшего качества воды.

Использование внутрипластовой технологии не только повышает качество подземной воды, но и является экономически выгодным решением, так как минимизирует необходимость строительства крупных очистных сооружений. Это делает метод весьма привлекательным для широкого использования в практике водоподготовки.

Технические решения реализации этой технологии представлены на рисунке 17.

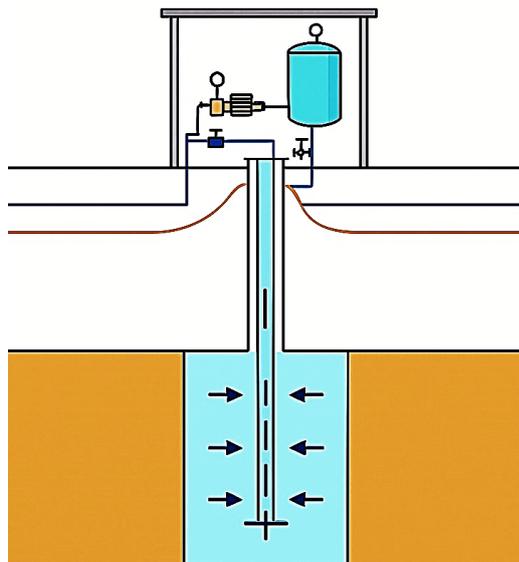


Рисунок 17 – Технологическая схема обезжелезивания подземных вод в водоносном пласте

Многолетние исследования и практическое применение показывают, что успех очистки подземных вод от железа с помощью внутрипластовой фильтрации во многом определяется способностью водоносного горизонта удерживать кислород. Это явление, известное как адсорбция кислорода, играет ключевую роль в процессе обезжелезивания. Эффективность процесса обезжелезивания вычисляется по формуле (11):

$$h = W_o/W_3 \quad (11)$$

где W_3 – объем поданной в пласт аэрированной воды;

W_o – объем отобранной воды с содержанием железа до предельно установленных норм).

Данный процесс хоть и применим в предоставленных условиях, но не целесообразен из-за того, что водозаборы расположены достаточно близко и возможен перехват закачиваемой в пласт воды, а разнести их подальше мы не можем для соблюдения норм СанПиН 2.1.4.1110-02 [27]. Так же из-за других не нормативных показателей, придётся устанавливать объект капитального строительства для доведения воды до нормативных показателей по мутности и цветности, не требуйся бы это, данный вариант обезжелезивания был бы приоритетным.

Выводы по второй главе:

При проектировании систем водозабора для поселения Софьевка мы уделяем пристальное внимание анализу качества воды, выбору оптимальной глубины бурения скважин и адекватных технологий очистки. Правильное планирование производительности и обеспечение резервирования системы снизят эксплуатационные расходы и обеспечат эффективную работу оборудования.

Выбор подходящей технологической модели для обработки подземных вод играет ключевую роль. В процессе принятия решения необходимо учитывать химический состав источника, актуальный объём потребления воды в населённом пункте, а также оценку экономической обоснованности предлагаемых методов. Важно также обдумать, как будет происходить дальнейшее использование и обслуживание системы водоснабжения. Эти факторы в совокупности обеспечат эффективность, устойчивость работы и долговечность выбранной системы.

Исследование методик очистки воды выявило, что в Софьевке самым оптимальным способом является использование каталитических фильтрующих элементов для удаления железа и марганца. Вдобавок, ионно-обменные технологии эффективно смягчают воду, а комбинация безреагентных подходов, включающих аэрацию и последующую фильтрацию, показала свою высокую результативность.

Глава 3 Проектирование системы водоочистки для водозабора в деревне Софьевка сельского поселения Кротовка

3.1 Анализ возможной технологической схемы очистки для водоподготовки в условиях Кинель-Черкасского района

Выбор технологической схемы очистных станций определяется исходя из характеристик воды и стандартов, предъявляемых к воде водопользователями. При разработке схемы невозможно было не учесть опыт, используемый до этого особенно если он используется на воде из данного региона, хоть и водозабор не из проектной точки. В деревне Софьевка на предприятии, специализирующемся на выпуске бутилированной воды, эксплуатируется система подготовки воды с производительностью 3 м³/ч, что демонстрирует рисунок 18.

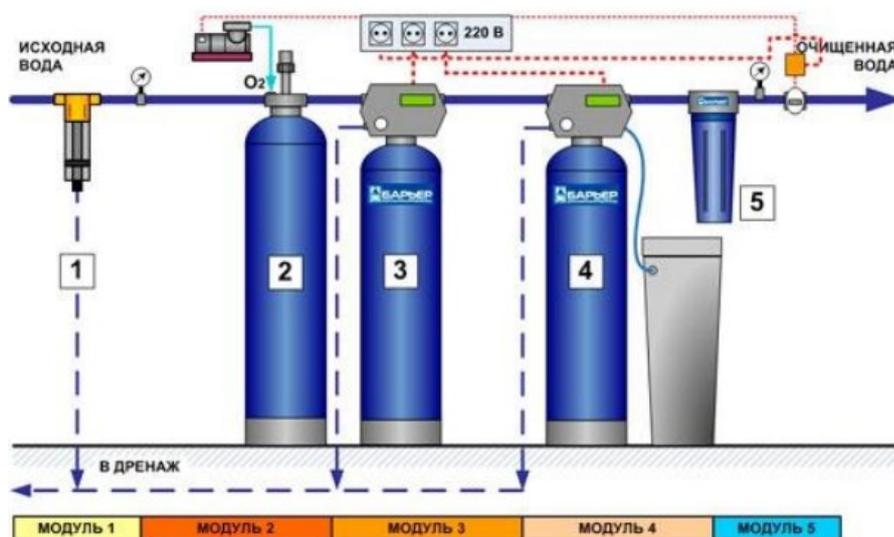


Рисунок 18 – Принципиальная схема очистки воды

Состав установки:

Модуль 1 Дисковый фильтр Гейзер HF-Y 3/4» 130 мкм (рисунок 19) для очистки от крупных механических частиц и защиты управляющего клапана фильтра – 2 шт.;



Рисунок 19 – Дискový фильтр Гейзер HF-Y 3/4»

Модуль 2 Напорная аэрация 1054/AP2/ТУРБИ-Jet (рисунок 20) Для насыщения воды кислородом воздуха, необходимого для окисления растворенного железа состоит из следующих элементов:

- блок аэрации 12” – 2 шт.;
- компрессор AP-2 – 2 шт.;
- датчик потока – 2 шт.



Рисунок 20 – Модуль аэрации»

Модуль 3 Осадочный фильтр для очистки от трехвалентного и двухвалентного железа 2162/F75A в составе:

- корпус фильтра 2162 с трубкой и нижней лучевой дренажной системой
- клапан: Runxin F75A1
- фильтрующая загрузка Сорбент АС + МЖФ + Пиролюзит, Гравий 2-5 мм (дренажный слой на дно)

Модуль 4 Фильтр с ионообменной загрузкой для снижения содержания солей жесткости, растворенного железа и марганца (Гейзер-WS Aquachief/14F79B-LCD (B)):

- колонна из стекловолокна (D360×H1900 мм, 1”, многокомпонентная смесь смол Экотар В – 84,9 л, гравий 13,6 л (20 кг)) – 2 шт.;
- регенерация – противоточная промывка и промывка раствором NaCl. Управление регенерацией – автоматическое по расходу очищенной воды. Ресурс регенерации – около 19 м³ Сброс в канализацию – не менее 0,3 м³ за одну промывку. Расходный материал таблетирования соль;
- солевой бак 145 л – 2 шт.

Модуль 5 Полипропиленовый осадочный фильтркартриджного типа для финишной очистки воды (Гейзер-Джамбо 20”) и установка обеззараживания воды:

- корпус (D180×H590 мм, 1”, картридж– PP5-20BV.Срок службы картриджа 6 месяцев – 2 шт.;
- ультрафиолетовый стерилизатор производительностью 1,8 м³/ч – 2 шт.

Технологическая схема, которую мы проанализировали, вполне подходит для применения в индивидуальных домах или для нескольких загородных домов, так же

Но при её использовании на более масштабных объектах возникают значительные операционные затраты. Затраты обуславливаются с

необходимостью приобретения большого количества реагентов и ионообменных смол. Для поселений, таких как Софьевка, расположенного в сельской местности, такая модель из-за высоких эксплуатационных затрат кажется неподходящей. Именно поэтому при выборе технологических решений для водоочистки и других инженерных систем важно учитывать размер и потребности территории, а также финансовые возможности жителей. Эффективное и рациональное использование ресурсов – ключевой фактор при планировании инфраструктуры любого поселения.

3.2 Разработка технологической схемы водоочистки для деревни Софьевка

В данной работе в качестве объекта водоснабжения рассматривается деревня Софьевка. По результатам лабораторных исследований, взятых проб из подземных источников на территории сельского поселения Тимофеевка муниципального района Ставропольский Самарской области, за 2016 г., первую очередь видно повышенное содержание железа, марганца, повышена жёсткость. По микробиологическим показателям вода соответствует нормативным требованиям

В рамках проектирования системы водоподготовки для подземного водозабора в д. Софьевка мы провели комплексный анализ исходных данных и предложили оптимальную схему очистки воды, учитывающую ее специфические характеристики и заданный максимальный часовой расход в $10 \text{ м}^3/\text{ч}$ основываясь на источниках [7, 9, 10, 17].

Исходная вода с высокой мутностью (27 мг/л) содержит значительное количество взвешенных частиц (песок, глина, железо и т. д.). Если эти частицы попадут на последующие фильтры, они быстро забьют их поры, снизят эффективность очистки и потребуют частой промывки или замены фильтрующего материала.

Для решения проблемы высокой мутности на первом этапе схемы очистки мы рекомендуем установить дисковый фильтр с обратной промывкой AZUD HEIX LHF 201 с размером ячеек 50 мкм и производительностью 12-16 м³/ч, либо прямой российский аналог производства КНР дисковый фильтр АWT с автомат. блоком промывки F302-4 (130 микрон) до 50 м³/ч (2F2LA4B) до 30 м³/ч (рисунок 21), с размером ячеек 140 мкм и производительностью до 30 м³/ч, что позволит снизить нагрузку на последующие этапы очистки. Автоматическая промывка (по перепаду давления или по таймеру) обеспечит своевременное удаление загрязнений с фильтра, поддерживая его высокую пропускную способность и предотвращая перегрузку. Это снижает трудозатраты на обслуживание и повышает стабильность работы всей системы, так как фильтр механической очистки – это первый барьер, защищающий остальное оборудование.



Рисунок 21 – Дисковый фильтр АWT с автоматическим блоком промывки

На втором этапе схемы очистки мы применим две станции дозирования гипохлорита натрия DPT200/200L/dn50. Основная задача этой станции - окисление растворенного в воде железа (Fe^{2+}) и марганца (Mn^{2+}) в нерастворимые формы (Fe^{3+} и MnO_2), которые затем эффективно удаляются на осветительных фильтрах. Упрощённая формула 12 данной химической реакции:



Гипохлорит натрия, один из самых распространенных методов окисления, является относительно дешевым и простым в использовании.

Учитывая высокое содержание железа, предлагаем рассмотреть альтернативные варианты окисления, такие как использование перманганата калия вместо гипохлорита натрия, особенно в щелочной среде. В случае использования гипохлорита натрия необходимо тщательно контролировать pH. Но в данном варианте схемы водоподготовки мы осознано идем на использование гипохлорита натрия т.к. на окончательное обеззараживание мы принимаем тот же реагент в угоду удобства и не увеличения реагентного хозяйства и бюджета проекта, так же в нашей схеме с регулированием pH и использованием гипохлорита натрия мы повышаем эффективность четвертого этапа, т.к. загрузки фильтров более эффективны при пониженном относительно существующего pH.

На третьем этапе очистки после механического фильтра и станции дозирования установлены две контактные колонны модели 3072. Эти вертикальные аэрационные аппараты предназначены для первичной обработки воды перед ее подачей на основные фильтрующие установки. Каждая колонна высотой 3000 мм и диаметром 3072 мм изготовлена из коррозионностойкого стеклопластика. Внутри колонны оборудованы

перфорированными распределительными тарелками, обеспечивающими равномерное распределение водяного потока.

Колонны работают в паре с воздуходувками производительностью 5 м³/ч каждая, что позволяет создать оптимальные условия для окисления растворенных в воде веществ. В процессе аэрации происходит насыщение воды кислородом, в результате чего двухвалентное железо переходит в трехвалентную форму, а также удаляются растворенные газы - сероводород и углекислый газ. Среднее время контакта воды с воздухом составляет 15-20 минут, что обеспечивает окисление 60-70% содержащегося в воде железа и удаление до 90% сероводорода.

Использование двух колонн позволяет поддерживать непрерывность технологического процесса даже во время обслуживания одного из аппаратов. Производительность системы регулируется в диапазоне от 3 до 10 м³/ч в зависимости от текущего водопотребления. После обработки в контактных колоннах вода поступает на следующие стадии очистки, где происходит окончательное удаление окисленных форм железа и других примесей.

На четвертом этапе используем фильтры безреагентной очистки 3672/F96 (3 шт.) с загрузкой EcoFerox и MSferox 50 на 50. Эти современные фильтры играют ключевую роль в удалении из воды железа, марганца и других металлов без использования химических реагентов, что делает процесс более экологичным и экономичным в эксплуатации.

Для удаления окисленного железа, марганца и взвешенных веществ, образующихся после предварительного окисления, используются три параллельно работающих фильтра осветления, загруженных фильтрующим материалом EcoFerox 260 л, MSferox 260 л и гравем 200 кг, характеристики материала приведены в таблице 6. EcoFerox (рисунок 22) представляет собой материал на основе диоксида марганца, обладающий каталитической активностью, способствующей окислению железа и

марганца и их эффективному удалению из воды. MSferox (рисунок 22) это природный фильтрующий материал обезжелезивания и деманганации на основе магматической горной породы, выделяемой по содержанию кремнезёма, получившей наилучшие каталитические и фильтрующие свойства за счет многостадийной механической и термической обработки.



Рисунок 22 – Материалы EcoFerox и MSferox

Производительность каждой такой установки составляет до 4 м³/ч. В нашем проекте предусмотрено три таких фильтра, что позволяет обеспечить надежную и бесперебойную очистку воды для всего населенного пункта.

Эффективность этой ступени очистки подтверждена практическими испытаниями. После прохождения через эти фильтры содержание железа в воде снижается до значений, значительно ниже предельно допустимых концентраций, установленных санитарными нормами. При этом полностью сохраняется природный минеральный состав воды, что важно для ее органолептических качеств.

Таблица 6 – Рекомендуемые рабочие условия и характеристики материала

Параметры	ECOFOX	MSFOX
Фракция, мм	0,3–0,7/0,7 – 1,5	0,5 – 1,0 / 1,0 – 1,8
Температура, °С	до 60	до 120
Диапазон pH	5,5 – 9 (при pH > 8,5 удаление Fe ²⁺ затруднено)	5,5 – 9
Железо общее, мг/л	3	10
Перманганатная окисляемость, мг O ₂ /	до 5	до 5
Концентрация свободного хлора мг/л	-	-
Предварительное окисление	любой окислитель	любой окислитель
Регенерация	обратным потоком исходной или очищенной воды	обратным потоком исходной или очищенной воды
Высота слоя (не менее), м	0,7	0,7
Скорость потока в режиме фильтрации, м/ч	8 – 20	8 – 12
Скорость потока в режиме обратной промывки, м/ч	25 – 37	35-50
Цвет	терракотовый	красно-белый
Насыпная плотность, г/см ³	0,6 – 0,7	1,2 – 1,25
Истираемость, %	0,06	0,05 – 0,01
Измельчаемость, %	0,04	0,15 – 0,19
Межзерновая пористость, %	49	46 – 50
Коэффициент формы зерна	1,65 – 1,71	1,4 – 1,6
Общая ёмкость по железу, марганцу, сероводороду и взвешенным веществам, г/л	1,1	1

Распределение общего расхода воды (10 м³/ч) на три фильтра (примерно 3.3 м³/ч на каждый) позволяет снизить скорость фильтрации до оптимальных 8-10 м/ч, что повышает эффективность улавливания загрязнений и продлевает срок службы фильтрующего материала. Для обеспечения достаточного времени контакта воды с EcoFerox и MSferox, как следствие, более эффективного окисления и удаления железа и марганца, рекомендуется увеличить толщину слоя фильтрующего материала до 1-1.2 метра.

Соответственно, для достижения требуемой площади фильтрующей поверхности ($0.33 - 0.41 \text{ м}^2$), диаметр корпусов фильтров должен составлять 650-720 мм. Промывка фильтров для удаления накопившихся загрязнений осуществляется периодически обратным током воды, желательно в автоматическом режиме (по перепаду давления или по таймеру).

На пятом этапе используем сорбционные угольные фильтры засыпного типа с автоматической регенерацией 3 штуки модели 3672/F77. Эти фильтры представляют собой вертикальные напорные аппараты диаметром 3672 мм, предназначенные для глубокой очистки воды от органических соединений и улучшения ее органолептических свойств. Каждый фильтр заполнен двухслойной загрузкой: нижний слой состоит из 180 кг гравия фракцией 2-5 мм, выполняющего функцию поддерживающей подложки, а основной фильтрующий слой содержит 520 литров активированного угля марки АК47 с гранулометрией 12×40 меш.

Активированный уголь АК47, используемый в качестве фильтрующей среды, обладает развитой пористой структурой с удельной поверхностью порядка $800-1000 \text{ м}^2/\text{г}$, более подробные технические характеристики показаны в таблице 7, что обеспечивает эффективную адсорбцию органических соединений, хлорорганических веществ и других загрязнителей. Гравийная подложка равномерно распределяет поток воды и предотвращает вынос угольной загрузки. Фильтры работают в автоматическом режиме с периодической обратной промывкой для восстановления фильтрующих свойств загрузки.

Производительность каждой установки составляет до $7 \text{ м}^3/\text{ч}$ при скорости фильтрации 10-12 м/ч. Три параллельно работающих фильтра обеспечивают общую производительность системы до $21 \text{ м}^3/\text{ч}$ с возможностью попеременного вывода на регенерацию. Периодичность обратных промывок определяется автоматической системой управления на основе фактического перепада давления на фильтрующей загрузке или по времени наработки. Срок службы угольной загрузки составляет 3-5 лет в зависимости от исходного качества воды и режима эксплуатации.

Таблица 7 – Рекомендуемые рабочие условия и характеристики материала

Параметры	AK47
Фракция, мм	0,4–1,7
Цвет	черный
Насыпная плотность, г/см ³	0,49
Температура, °С	до 100
Диапазон pH	6–9
Перманганатная окисляемость, мг O ₂ /л	допустимо
Йодной число, мг/г	1100
Концентрация свободного хлора мг/л	допустимо
Предварительное окисление	любой окислитель
Регенерация	обратная промывка исходной или очищенной водой
Высота слоя (не менее), м	0,7
Скорость потока в режиме фильтрации, м/ч	12
Скорость потока в режиме обратной промывки, м/ч	24–29

Применение системы с тремя фильтрами имеет ряд преимуществ, которые показывают её эффективность и удобство эксплуатации:

- высокая надежность, при выходе одного фильтра из строя, два других продолжают очищать воду, не допуская перебоев в её подаче;
- гибкость: компоненты можно отключать при уменьшении потребности в воде, экономя ресурсы и снижая затраты на энергию;
- размеры фильтров упрощают установку в условиях ограниченного пространства;
- автоматическая система регенерации сокращает необходимость вручную обновлять фильтрующий материал, снижая трудозатраты и поддерживая высокую производительность очистки.

На шестом этапе для финальной очистки воды и защиты потребителей от попадания мелких фракций фильтрующих материалов (таких как EcoFerox

и активированный уголь) в систему водоснабжения, предусмотрен мультипатронный фильтр модели АК CF в нержавеющей исполнении.

Фильтр представляет собой корпусную конструкцию из нержавеющей стали марки AISI 304, рассчитанную на установку пяти стандартных сменных картриджей длиной 30 дюймов (762 мм). Технические характеристики предусматривают рабочую производительность до 15 м³/ч при номинальном рабочем давлении 6 бар. Подключение выполнено по схеме 1 1/2» ВР (внутренняя резьба).

В качестве фильтрующих элементов применяются картриджи с абсолютной тонкостью фильтрации 5-10 микрон, обеспечивающие эффективное улавливание остаточных взвешенных частиц. Конструкция фильтра позволяет оперативно заменять картриджи без остановки основного технологического процесса. Система оснащена манометрами для визуального контроля перепада давления, сигнализирующего о необходимости замены фильтрующих элементов.

Эксплуатационные особенности включают:

- периодичность замены картриджей – 1 раз в 3-6 месяцев;
- минимальные требования к обслуживанию;
- совместимость с различными типами картриджей (полипропиленовые, намоточные);
- коррозионную стойкость и длительный срок службы корпуса.

Седьмым этапом очистки воды, является установка ионообменная 3072/F74A3 для умягчения воды, предназначенная для корректировки рН. Исходная вода, имеющая рН 8.46, требует снижения рН до значения 6.5-7.0, необходимого для эффективной работы последующей станции дозирования гипохлорита натрия для того, чтобы не появился риск образования хлорорганических соединений в РЧВ, являющихся побочными продуктами хлорирования.



Рисунок 23 – Катионитовая смола Alfafast

В работе рассматриваемой установки ключевым элементом выступает специальная катионитовая смола Alfafast (рисунок 23), эффективно удаляющая ионы жесткости и металлов путем их обмена на безвредные натриевые ионы. Загрузка объемом 450 литров обеспечивает стабильную эксплуатацию, а нижний гравийный слой весом 150 кг предотвращает вымывание сорбента и способствует равномерному распределению потока жидкости. Автоматизация процессов достигается за счет интеллектуального управляющего клапана, который фиксирует степень очищения смолы и своевременно инициирует регенерационный цикл с использованием около 50 кг таблетированной соли на каждую регенерацию. Процедура включает обратную промывку, обработку соляным раствором для восстановления сорбционных свойств и финальную тщательную промывку. Срок службы загрузки составляет 4–5 лет при соблюдении рекомендаций по эксплуатации, обеспечивая высокую экономическую оправданность системы.

На восьмом этапе очистки мы устанавливаем ультрафиолетовый стерилизатор STERILIZER-UV60GPM — это простая, но крайне

эффективная система обеззараживания воды. Внутри корпуса из нержавеющей стали установлена мощная УФ-лампа Philips, которая за доли секунды уничтожает 99,9% бактерий и вирусов, пока вода протекает через аппарат.

Главное преимущество этого решения - оно работает без химикатов, полностью сохраняя природный состав воды. Система автоматически контролирует интенсивность излучения и предупредит, когда придет время заменить лампу (примерно раз в год). При производительности до 12 кубов в час этот компактный стерилизатор надежно защищает всю систему водоснабжения деревни от биологических загрязнений.

Подключение через 2-дюймовые соединения делает монтаж простым, а нержавеющий корпус гарантирует долгий срок службы даже при постоянной эксплуатации.

Финальный девятый этап необходим для финального обеззараживания воды перед подачей в резервуар чистой воды (РЧВ) и водопроводную сеть, необходимо что бы пока вода шла до водопотребителя обеспечивалась микробиологическая безопасность воды, подаваемой потребителям. Станция включает в себя насос-дозатор, подающий раствор гипохлорита пропорционально расходу очищенной воды. Для поддержания необходимого уровня остаточного хлора в воде (0.3-0.5 мг/л), станция оснащена датчиком остаточного хлора с контроллером, осуществляющим автоматическое регулирование дозы гипохлорита. Важно контролировать содержание остаточного хлора в соответствии с нормативными требованиями. Финальное качество воды представлено в экспертном заключении в Приложении А, на рисунках А.1-А.3.

Обращение с промывочной водой, образующейся в процессе обратной промывки фильтров обезжелезивания, является важным аспектом работы системы водоподготовки. Вода после промывки фильтров поступает в емкость промывных вод.

В производственном процессе очистки промывных вод основополагающую роль играет этап отстаивания, длительность которого достигает 4 часов согласно учебному пособию [1]. Очищенная вода отделяется поверхностным отбором через установленные в резервуарах системы всасывания, исключая забор осадка. Далее, осадок подвергается обезвоживанию с помощью двух сушилок серия TURAN-M-3 изображенная на рисунке 24, что гарантирует бесперебойную работу.



Рисунок 24 – Мешочный обезвоживатель осадка серии TURAN

Процесс утилизации осадка, содержащего железо, может быть многогранным, осадок может быть использован в качестве связующего в строительных смесях, компонента гипса, пигмента для лакокрасочных материалов. Эти меры предотвращают загрязнение окружающей среды, но и приносят экономическую выгоду.

Выводы по третьей главе:

- анализ исходных данных показал, что вода из скважины характеризуется повышенным содержанием железа, мутностью и цветностью и требует доведения до питьевых стандартов;
- для анализа приняли водоочистное оборудование частного предприятия в данном регионе, где бутилируют воду. Эксплуатация оказалась дорогостоящей для объема села Софьевки, поэтому использование подобной системы водоподготовки нецелесообразно;
- предлагаемая технологическая схема для доведения воды до питьевых стандартов включает: механическую фильтрацию с автоматической промывкой, две станции дозирования гипохлорита натрия (окисление железа и марганца), три осветительных фильтра (удаление железа и марганца), три сорбционных угольных фильтра (удаление органики и остаточного окислителя), два фильтра тонкой очистки (удаление мелких частиц), ионообменную установку для умягчения воды, УФ-стерилизацию и станцию дозирования гипохлорита натрия (финальное обеззараживание);
- для минимизации воздействия на окружающую среду и сокращения потерь воды предусмотрели систему обработки промывочной воды. Рассматриваем возможность утилизации осадка в качестве вторичного сырья, например, в производстве строительных материалов или пигментов.

Заключение

На текущий день на территории Самарской области деревни Софьевка население использует питьевую воду, не пригодную для хозяйственно питьевых нужд по ряду показателей: железа, мутности, а также цветности.

Проанализировав существующую систему водоснабжения из подземного источника в деревни Софьевка, было выявлено, что в существующая схема водоснабжения не может обеспечивать деревню, т.к. водоснабжение велось из водозаборов соседних сел и поселков в связи с ростом деревень и износом сущ. систем, правительством Самарской области на заседании в 2015 году было принято решение о проектировании и постройке нового водозабора на территории деревни. Проектируемый водозабор осуществляется из трех скважин, одной резервной и двух основных расположенных рядом с деревней.

Анализ воды представленной на территории деревни Софьевка показал, что вода, добытая из подземных источников не по всем показателям, соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01. «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» [26].

После анализа воды была разработана технологическая схема очистки, включающая удаление железа, снижение мутности и цветности.

Предлагаемая технологическая схема для доведения воды до питьевых стандартов включает: механическую фильтрацию с автоматической промывкой, две станции дозирования гипохлорита натрия (окисление железа и марганца), три осветительных фильтра (удаление железа и марганца), три сорбционных угольных фильтра (удаление органики и остаточного окислителя), два фильтра тонкой очистки (удаление мелких частиц), ионообменную установку для умягчения воды, УФ-стерилизацию и станцию дозирования гипохлорита натрия (финальное обеззараживание).

Список используемой литературы и используемых источников

1. Амосова, Э. Г. «Изучение новых фильтрующих материалов для обезжелезивания воды» [Текст] / Э. Г. Амосова, П. И. Долгополов, А. П. Долгополов // Энергоснабжение и водоподготовка. - 2005. - № 3. - С. 55 - 59.
2. Березин, И.И. Региональные особенности химического состава питьевой воды хозяйственно-питьевого водоснабжения города Самары. / И.И. Березин, Г.И. Мустафина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, том 13, №1(8), 2011.
3. Боровский Б.В., Абрамов В.Ю., Вавичкин А.Ю. Опытнo - технологические исследования по водоподготовке некондиционных природных подземных вод // «Разведка и охрана недр». - 2012. - №11.
4. ВОДА РОССИИ Самарская область / ВОДА РОССИИ [Электронный ресурс] // Энциклопедия «Вода России»: [сайт]. — URL: https://water-rf.ru/Регионы_России/2560/Самарская_область (дата обращения: 02.06.2025).
5. Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 г.: распоряжение Правительства РФ от 27 августа 2009 г. N 1235-р в ред. от 28.12.2010 N 2452-р.
6. Водная Стратегия Российской Федерации на период до 2035 года // Экологический консалтинг. – 2024. – № 3(35). – С. 11-35. – EDN NVWJWH.
7. Водозаборно-очистные сооружения и устройства : Учебное пособие / М. Г. Журба, Ю. И. Вдовин, Ж. М. Говорова, И. А. Лушкин. – Москва : Издательство «Астрель», 2003. – 569 с. – ISBN 5-271-06096-9. – EDN UODNYP.
8. Водоочистка. Средства и методы. М.: ИПК «Издательство стандартов».

9. Водоподготовка: Справочник. /Под ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С.Е. Беликова. М.: Аква-Терм, 2007. – 240 с.

10. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений : В 3-х томах / М. Г. Журба, В. В. Ванин, Е. М. Гальперин [и др.]. Том 2. – Вологда-Москва : Вологодский государственный технический университет, 2001. – 324 с. – ISBN 5-87851-140-1. – EDN XMGBDN.

11. ГН 2.1.5.689-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Минздрав России, Москва, 1998.

12. ГОСТ 26449.1-85 Установки дистилляционные опреснительные стационарные. Методы химического анализа соленых вод. – Введ. – 01.01.1987. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200019501>

13. ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством. -М.: Издательство стандартов, 1982. - 7 с

14. ГОСТ 31829-2012 – Оборудование озонаторное. Требования безопасности.

15. Исакова, О.Н. Санитарно-гигиеническая оценка качества воды централизованного водоснабжения города Самары. / О.Н. Исакова, О.В. Сазонова, Ю.А. Егорова, Л.И. Бедарева, И.И. Березин, И.Ф. Сухачева, Л.Н. Вистяк // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, том 16, №5(2), 2014.

16. Киреев, М. М. Проблемы водоснабжения малых населенных пунктов из подземных источников в Самарской области / М. М. Киреев, И. А. Лушкин // Экология и безопасность жизнедеятельности : Сборник статей XVI Международной научно-практической конференции, Пенза, 26–27 декабря 2016 года / Под редакцией В.А. Селезнева, И.А. Лушкина. – Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. – С. 51-55. – EDN XRVBBL.

17. Куйбышевское (Самарское) водохранилище [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://waterrf.ru/Водные_объекты/129/Куйбышевское_\(Самарское\)_водохранилище](https://waterrf.ru/Водные_объекты/129/Куйбышевское_(Самарское)_водохранилище) (дата обращения: 25.06.2019).

18. Министерство природных ресурсов и экологии российской федерации росгидромет. Экологический бюллетень самарская область 2023 год / министерство природных ресурсов и экологии российской федерации росгидромет [Электронный ресурс] // ФГБУ «Приволжское УГМС» : [сайт]. — URL: <https://pogoda-sv.ru/media/uploads/2024/02/27/2023.pdf> (дата обращения: 02.06.2025).
Министерство природных ресурсов и экологии российской федерации росгидромет экологический бюллетень самарская область 2023 год / министерство природных ресурсов и экологии российской федерации росгидромет [Электронный ресурс] // ФГБУ «Приволжское УГМС» : [сайт]. — URL: <https://pogoda-sv.ru/media/uploads/2024/02/27/2023.pdf> (дата обращения: 02.06.2025).

19. Модернизация реагентного хозяйства насосно-фильтровальной станции г. Самары с использованием порошкообразного угольного сорбента / Д.В. Астраханцев, А.А. Кирсанов, В.Н. Ерчев и др. // Водоснабжение и санитарная техника. – 2011. – № 9, ч.2 – с. 22 – 25

20. Показатели качества воды классификация природных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://rushkolnik.ru/docs/114/index7495959.html> (дата обращения: 21.06.2019).

21. Правительство самарской области министерство лесного хозяйства, охраны окружающей среды и природопользования самарской области доклад об экологической ситуации в самарской области за 2023 год / Правительство самарской области министерство лесного хозяйства, охраны окружающей среды и природопользования самарской области [Электронный ресурс] // Министерство природных ресурсов и экологии

Самарской области : [сайт]. — URL: <https://priroda.samregion.ru/wp-content/uploads/sites/11/2024/06/doklad-2023.pdf> (дата обращения: 02.06.2025).

22. Правительство самарской области постановление от 24 июля 2019 года N 508 Об утверждении государственной программы Самарской области «Чистая вода» и установлении отдельных расходных обязательств Самарской области / правительство самарской области [Электронный ресурс] // docs.cntd.ru : [сайт]. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/561471497> (дата обращения: 02.06.2025).

23. Рысин, А. С. Установки очистки подземных вод от железа и марганца на территории г.о. Тольятти и Ставропольского района Самарской Области / А. С. Рысин, И. А. Лушкин, И. С. Алифьев // Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии : сборник статей XVIII Международной научно-практической конференции, Пенза, 26–27 апреля 2016 года / Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности; Академия водохозяйственных наук РФ; Волжское отделение Российской академии архитектуры и строительных наук; Тольяттинский государственный университет; Межотраслевой научно-информационный центр. – Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. – С. 64-70. – EDN WINTWL.

24. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.

25. СанПиН 2.1.3684-21 Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и

проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий.

26. СанПиН 2.1.4.1074-01. «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» [Текст]: утв. Госкомсанэпиднадзором РФ 26.10.01: дата введ. 01.01.02.- М., 2001. - 48с.

27. СанПиН 2.1.4.1110-02. «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения»

28. Справочник перспективных технологий водоподготовки и очистки воды с использованием технологий, разработанных организациями оборонно-промышленного комплекса и учетом оценки риска здоровью населения. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.minstroyrf.ru/docs/18725/> (дата обращения 1.03.2020).

29. Староверов С.В., Юдин Р.И. Анализ современных технологий обезжелезивания вод. Белгородский Государственный Технологический Университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2013. – 11 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sworld.com.ua/konfer33/1034.pdf>

30. Degremont/ Технический справочник по обработке воды СПб. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.twirpx.com/file/62660/> (дата обращения: 18.03.2025).

31. Умягчение воды ионообменным и барометрическим методами. Клапшин Ю.П. Электронное учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011. – 29с.

32. Фрог Б. Н., Левченко А. П. Водоподготовка: Учебн. пособие для вузов. [Текст] / Фрог Б. Н., Левченко А. П. — 63. — Москва: Издательство МГУ, 1996 г. — 680 с.

33. Шубин Б.Г., Ковальчук О.Б., Кудабаев Б.Б., Сериков Л.В., Шиян Л.Н., Тропина Е.А. Питьевая вода из подземных источников // Экология и промышленность России. – 2001. Декабрь. – С. 17–19.

34. Advanced membrane technologies for water treatment: utilization of nanomaterials and nanoparticles in membranes fabrication / B. K. Shukla, P. K. Sharma, H. Yadav [et al.] // Journal of Nanoparticle Research. – 2024. – Vol. 26, No. 9. – P. 222. – DOI 10.1007/s11051-024-06117-w. – EDN KSABEN.

35. Baker, R.W. Membrane technology and applications. 2nd edition / R.W. Baker // Wiley, 2004. - 538 p.

36. Device for water disinfection by ultraviolet radiation / V. Soldatkin, L. Yuldashova, A. Shardina [et al.] // 7th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE 2020), Virtual, Tomsk, Russia, 14–26 сентября 2020 года. – Virtual, Tomsk, Russia: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2020. – P. 870-873. – DOI 10.1109/EFRE47760.2020.9242002. – EDN WEXDYV.

37. Integrating water quality model and aeration with IoT technology in water quality management: A conceptual framework / M. M. Mahdzir, S. H. Yahaya, M. H. F. Md Fauadi, T. T. Yeow // Multidisciplinary Science Journal. – 2025. – Vol. 7, No. 3. – P. 2025139. – DOI 10.31893/multiscience.2025139. – EDN NRVGOZ.

38. Sustainable Innovation in Membrane Technologies for Produced Water Treatment: Challenges and Limitations / H. Abdelrazeq, M. Khraisheh, H. M. Ashraf [et al.] // Sustainability. – 2021. – Vol. 13, No. 12. – P. 6759. – DOI 10.3390/su13126759. – EDN YQQFLG.

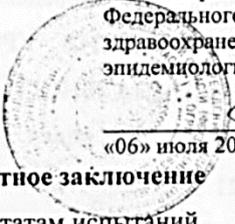
Приложение А

Экспертное заключение по качеству воды

Ф-1.2.8/2

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей
и благополучия человека
Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения
«Центр гигиены и эпидемиологии в Самарской области»
(ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Самарской области»)
Орган инспекции
проезд Георгия Митирева, 1, г. Самара, 443079, тел./факс: (846) 260-37-97, 260-37-99
E-mail: all@fguzsamo.ru ОГРН 1056316020155 ИНН 6316098875

Аттестат аккредитации
органа инспекции
RA.RU.710072 от 16.07.15

«УТВЕРЖДАЮ»
Заместитель главного врача
по санитарно-гигиеническим вопросам
Федерального бюджетного учреждения
здравоохранения "Центр гигиены и
эпидемиологии в Самарской области"

Н. Ю. Афанасьева
«06» июля 2021 г.

Экспертное заключение
по результатам испытаний
от 06.07.2021 г. № 13401

1. Наименование предмета экспертизы:
Результаты лабораторных испытаний воды питьевой из подземного источника
централизованного водоснабжения (проба №6).

2. Заказчик: МУНИЦИПАЛЬНОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
"КРОТОВКА" СЕЛЬСКОГО ПОСЕЛЕНИЯ КРОТОВКА
МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА КИНЕЛЬ-ЧЕРКАССКИЙ
САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

2.1. Юридический адрес: 446320, Самарская обл., Кинель-Черкасский
р-н, с. Кротовка, ул. Ульяновская, д.9

2.2 Фактический адрес: 446320, Самарская обл., Кинель-Черкасский
р-н, с. Кротовка, ул. Ульяновская, д.9

3. Изготовитель (разработчик): -

3.1 Юридический адрес: -

3.2 Фактический адрес: -

4. Представленные на экспертизу и рассмотренные материалы:
1) Заявление №30 706 от 07.06.2021 г.
2) Протокол лабораторных испытаний № 22757 от 05.07.2021 ИЛЦ ФБУЗ

Экспертное заключение №13401 от 06.07.2021 Страница 1 из 3

Рисунок А.1 – Экспертное заключение по качеству воды

Продолжение Приложения А

«Центр гигиены и эпидемиологии в Самарской области» (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.510137, дата включения в реестр 22.06.2015г.).

5. В ходе санитарно-эпидемиологической экспертизы установлено:

Санитарно-эпидемиологическая экспертиза по результатам проведенных испытаний воды питьевой из подземного источника централизованного водоснабжения (проба №6) проведена по заявлению МУНИЦИПАЛЬНОГО УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ "КРОТОВКА" СЕЛЬСКОГО ПОСЕЛЕНИЯ КРОТОВКА МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА КИНЕЛЬ-ЧЕРКАССКИЙ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ в целях установления соответствия требованиям СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" в объеме проведенных испытаний.

Испытания проведены в соответствии с заявлением по следующим показателям: органолептическим - интенсивность запаха при 20 °С и 60 °С, характер проявления запаха при 20 °С и 60 °С, цветность; санитарно-химическим - железо общее и показателям радиационной безопасности: суммарная альфа-активность, суммарная бета-активность, удельная активность Rn-222.

Представленная проба отобрана директором МУП "КРОТОВКА" Уметской Н.Л. по адресу: 446320, Самарская обл., Кинель-Черкасский р-н, с. Кротовка, ул. Лесная, 6 А.

Лабораторные испытания отобранной и представленной Заказчиком пробы воды питьевой из распределительной сети холодной проводились ИЛЦ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Самарской области» (аттестат аккредитации Испытательной лаборатории (центра) № РОСС RU.0001.510137 от 22 июня 2015 года) по адресу: г. Самара, проезд Г. Митирева, 1.

Полученные результаты испытаний и нормативные значения показателей приведены в таблице:

Рисунок А.2 – Экспертное заключение по качеству воды

Продолжение Приложения А

Протокол 22757 от 05.07.2021 г.

Определяемые показатели	Результаты испытаний ± характеристика погрешности ** (неопределенности)	Величина допустимого уровня	Ед. изм.
ИСПЫТАНИЯ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИЕЙ			
Адрес проведения: 443079, РОССИЯ, Самарская область, г. Самара, Октябрьский район, проезд Геоργия Митирева, д. 1			
Регистрационный номер: 1/2016 от 28.06.2021			
Даты проведения: 22.06.2021 - 23.06.2021			
Интенсивность запаха при 20 °С	0	не более 2	балл
Характер проявления запаха при 20 °С	не ощущается	не более 2	
Интенсивность запаха при 60 °С	0	не более 2	балл
Характер проявления запаха при 60 °С	не ощущается	не более 2	
Цветность	3 ± 1	не более 20	градусы
Железо общее	0,14 ± 0,03	Не более 0,3	мг/дм³

Определяемые показатели	Результаты испытаний ± характеристика погрешности ** (неопределенности)	Величина допустимого уровня	Ед. изм.
Лаборатория радиационной гигиены			
Регистрационный номер в лаборатории: 5/2233			
Суммарная альфа-активность	менее 0.05	0.2	Бк/кг
Суммарная бета-активность	0.24 ± 0.12	1.0	Бк/кг
удельная активность Rn-222	менее 1.0	60.0	Бк/кг

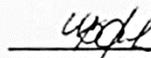
**Заключение
по результатам испытаний**

На основании вышеизложенного: Результаты лабораторных испытаний воды питьевой из подземного источника централизованного водоснабжения (проба №6).

Соответствуют

СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".

Врач по общей гигиене



Фролова И. В.



Экспертное заключение №13401 от 06.07.2021

Страница 3 из 3

Рисунок А.3 – Экспертное заключение по качеству воды