

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

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

---

Центр \_\_\_\_\_  
(наименование института полностью)  
Центр инженерного оборудования  
(наименование)  
08.04.01 Строительство  
(код и наименование направления подготовки)  
Водоснабжение и водоотведение городов и промышленных предприятий  
(направленность (профиль))

---

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему \_\_\_\_\_  
Разработка технологии очистки природной воды из подземных  
источников для хозяйственно-питьевого водоснабжения  
с. Подстепки ЖК «Звёздный»

---

Обучающийся

\_\_\_\_\_  
Я.Ю. Кучукас

(инициалы Фамилия)

\_\_\_\_\_  
(личная подпись)

Научный

\_\_\_\_\_  
д-р. техн. наук, профессор, В.А. Селезнев

руководитель

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

## Оглавление

Введение.....	3
Глава 1 Анализ методов и технологических схем очистки воды из подземных источников.....	7
1.1 Качество природной воды из подземных источников.....	7
1.2 Методы очистки воды от железа, марганца и солей жесткости.....	13
1.2.1 Обезжелезивание воды.....	16
1.2.2 Деманганация воды.....	24
1.2.3 Умягчение воды.....	25
1.3 Технологические схемы очистки подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения малых населенных пунктов.....	29
1.4 Экономические показатели технологических схем водоочистки из подземных источников.....	41
Глава 2 Оценка современного состояния технологической схемы очистки воды на ЖК «Звёздный» села Подстёпки.....	43
2.1 Краткая характеристика населенного пункта.....	43
2.2 Система водоснабжения в ЖК «Звёздный».....	44
2.3 Оценка качества воды из подземного источника.....	50
Глава 3 Разработка технологической схемы очистки воды из подземных источников для села Подстёпки ЖК «Звёздный».....	56
3.1 Механическая (грубая) очистка (1-я ступень).....	58
3.2 Окисление растворенного железа и марганца (2-я ступень).....	60
3.3 Обезжелезивание и деманганация (3-я ступень).....	63
3.4 Умягчение воды (4-я ступень).....	68
3.5 Утилизация воды после регенерации фильтра.....	73
Заключение.....	77
Список используемых источников.....	78
Приложение А Протокол анализа воды.....	86

## Введение

**Актуальность и научная значимость настоящего исследования.** На сегодняшний день на территории муниципального района Ставропольский Самарской области села Подстепки широко развивается строительство частных домов, детских садов, школ для которых необходимо снабжение водой из подземных источников (индивидуальные скважины).

Важным вопросом является улучшение качества питьевой воды в очистки подземных источников от наличия соединений железа и марганца, содержание которых превышает требования нормативных показателей в 6–7 раз. Низкий рост строительства сооружения станций обезжелезивания в селе, вызвано отсутствием средств и высокой стоимостью строительства, необходимость проведения исследований и создание новых конструкций установок, направленные на сокращение капитальных затрат и развитие процессов очистки воды из подземных источников.

В начале эксплуатации фильтры подвержены механическими, химическими и биологическими осадкам, а также происходит пескование скважин, что в процессе эксплуатации является из важных причин снижения дебита и срока службы скважины. Важное значение имеет при долгой эксплуатации подземной скважины это конструкция фильтра, на сегодняшний день применяемые фильтра отличаются низкой эффективностью и качеством, чем выражается их быстрый выход из строя по причине засорения или пескования. Еще одна причина выхода из строя подземной скважины – это плохая изоляция верхних проницаемых слоев, которые становятся первыми источниками загрязнения водоносных горизонтов. Важной проблемой является снабжение потребителей водой требуемого качества вопрос водоподготовки.

Очистка подземной воды в основном сводится к удалению соединений железа, марганца и солей жесткости.

По результатам проведенных анализов было обнаружено, что в пробе подземной воды присутствует повышенная концентрация железа, марганца и жесткости. Концентрация железа 2,54 мг/дм<sup>3</sup>, марганца – 0,58 мг/дм<sup>3</sup>.

Таким образом основными задачами являются: анализ существующих методов очистки природной воды, и подбор технологической схемы и реагентов для улучшения качества питьевой воды и снижении концентрации марганца и железа. К специальным методам водоподготовки природной воды относятся обезжелезивание и деманганация, которые протекают в процессах совместно.

Основные показатели качества хозяйственно-питьевой воды регламентированы в документах:

– СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» [6],

– Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» [2].

**Объект исследования:** Водоснабжение из подземных источников.

**Предмет исследования:** Технология водоочистки из подземных источников для хозяйственно-питьевого водоснабжения с. Подстепки.

**Цель исследования:** Разработка технологической схемы очистки воды и подбор методов водоподготовки природной воды из подземных скважин для хозяйственно-питьевого водоснабжения села Подстепки ЖК «Звёздный» с использованием современных материалов.

**Гипотеза исследования** состоит в том, что выбор технологической схемы зависит от наиболее правильного подбора оборудования для очистки воды от соединения железа, марганца, общей жесткости на основании лабораторного анализа если:

– Провести анализ существующей системы водоснабжения в ЖК «Звёздный»;

– Проанализировать данные лабораторного анализа исходной воды из подземного источника;

– Подобрать наиболее эффективное оборудование системы очистки воды для жилого комплекса «Звёздный».

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Рассмотрение проблемы водоподготовки хозяйственно-питьевого водоснабжения из индивидуальной скважины в жилом комплексе «Звёздный», содержащую повышенную концентрацию железа и марганца и общую жесткость.

2. Проработка современных технологий очистки воды из подземного источника от железа и марганца и уменьшении общей жесткости.

3. Разработка технологической схемы очистки подземной воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения села Подстепки ЖК «Звёздный» в соответствии с СанПин 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» [6].

4. Выбор наиболее эффективного способа водоподготовки подземной воды от соединения марганца и железа для системы водоснабжения ЖК «Звёздный».

**Методы исследования** анализ системы водоснабжения в ЖК «Звёздный».

**Научная новизна исследования** заключается в:

– Разработке технологической схемы водоподготовки из подземных источников для удаления из воды железа, марганца и солей жесткости.

**Практическая значимость работы** заключается в том, что предлагаемая технологическая схема системы водоподготовки воды на хозяйственные-питьевые нужды ЖК «Звёздный» позволит обеспечить абонентов питьевой водой в соответствии нормативным требованиям.

**Личное участие автора** в организации и проведении исследования состоит в обосновании целей, задач и предложения технологической схемы водоподготовки воды из подземных источников.

**Апробация и внедрение результатов работы** велись в течение всего исследования. Его результаты докладывались в следующих конференциях:

– XXIII Международная научно-практическая конференция «Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии», МНИЦ ПГАУ – Пенза, 2021. Доклад на тему: «Проблема хозяйственно-питьевого водоснабжения села Подстёпки из подземных источников».

– Научно-практическая конференция: «Дни науки ТГУ», Тольятти, 2022. Выступление с докладом «Разработка схемы очистки воды из подземных источников на хозяйственно-питьевые нужды в селе Подстепки».

**На защиту выносятся:**

1. Лабораторный анализ исходной воды из подземного источника ЖК «Звёздный».

2. Предлагаемая технологическая схема очистки воды из индивидуальной скважины от соединения железа, марганца и общей жесткости для жилого комплекса «Звёздный».

**Структура магистерской диссертации.** Работа состоит из введения, 3-х глав, заключения, содержит 23 рисунка, 18 таблиц, список использованной литературы 89-ти источников, 1-го приложения. Основной текст работы изложен на 87 страницах.

# **Глава 1 Анализ методов и технологических схем очистки воды из подземных источников**

## **1.1 Качество природной воды из подземных источников**

Природная вода представляет собой химическое соединение, в котором происходит протекание различных процессов под действием движущихся сил, они изменяют минерализацию и химические структуры подземных вод. Факторы формирования химического состава заключается в следующем:

- Рельеф;
- Гидрографическая часть;
- Климат;
- Почвенный покров.

Эти процессы зависят от природных, геологической и других условий. Подземные воды представляют собой сложную динамическую систему, в составе которой находятся: соли, органические вещества, Газы, органические примеси, водные организмы (планктоны и др.) бактерии и вирусы. В подземных водах содержатся глинистые, песчаные или известковые органические частицы, которые находятся во взвешенном состоянии, так же присутствует вещества органического происхождения: гидроксиды железа, фульвокислота и др. Находящиеся в растворенном состоянии относят минеральные соли, обогащающие воду ионами [17, 18].

Так, например, на территории Самарской области для питьевого водоснабжения чаще используют индивидуальные скважины. Но в большинстве случаев при эксплуатации месторождений скважин не соответствует нормативным требованиям, предъявляемым к воде хозяйственно-питьевого назначения [41, 42].

К основным причинам плохого качества воды относят истощение природных ресурсов или их загрязнение [1].

Однако к причинам ухудшения качества подземных источников водоснабжения является отсутствие или несоблюдение границы зон санитарной охраны (ЗСО), отсутствие изоляции водоносных слоев при бурении подземных скважин, а также биологическое, радиоактивное, химическое загрязнение.

В 2008 г. Федеральное агентство по окружающей среде Германии (FEA), Центр сотрудничества ВОЗ по исследованиям в области гигиены питьевой воды (Германия) провел семинар на тему «Безопасность воды. в малом населенном пункте водоснабжении в Европейском регионе: общие проблемы и потребности» (Бад-Эльстер, 26–27 ноября 2008 г.). Широкий спектр экспертов из 19 стран в Европейском регионе - включая регуляторы питьевой воды, исследователей, специалисты по надзору и полевые работники из неправительственных организаций (НПО) поделились своим опытом и доказательствами, связанными с проблемами, обычно встречающимися в маломасштабных системах водоснабжения, а также варианты эффективных подходов к улучшению.

Системы водоснабжения в малых населенных пунктах жизненно важны для населения во всех странах Европейского региона. Это относится как постоянным жителям и также временных потребителей (например: туристы, гости). Помимо этого, системы водоснабжения необходимы в сельской местности, в том числе в индивидуальных хозяйствах или поселках, деревнях, в небольших городах или даже на небольших островах [3]-[5].

По оценкам Hulsman, каждый десятый гражданин ЕС получает питьевую воду от небольших или очень маленьких систем, включая частные колодцы.

В Армении, например, водоснабжение осуществляется примерно через централизованное общественное водоснабжение, в основном управляемое пятью организованными коммунальными предприятиями. Кроме того, в сельских



населенных пунктах поставка осуществляет само сообщество или муниципалитет.

В Беларуси насчитывается около 52% сельского населения получают питьевые напитки.

В Чешской Республике 7,6% населения (или примерно 780 000 человек) обеспечиваются водой из индивидуальных источников (то есть колодцы для постоянного пользования). Кроме того, несколько миллионов человек используют воду из домашних колодцев в выходные или праздничные дни (например, коттеджи, домики для отдыха, базы отдыха). По последней официальной оценки в 1989 г. насчитывалось около 750 000 частных индивидуальных скважин в Чехии. Для коммунального водоснабжения в 2007 г. 93% из водоснабжения каждая зона снабжения обслуживала менее 5000 человек, при этом 29% обслуживали меньше более 100 человек и 51% обслуживают от 101 до 1000 человек.

В Эстонии 16% всего населения полагается на частное водоснабжение. (скважины и колодцы) и 59% сельского населения подключены к централизованное коммунальному водоснабжению. Из централизованных систем питьевого водоснабжения поставки в Эстонии, 107 поставок от 100 до 1000 м<sup>3</sup> в сутки, обслуживающие примерно 12% от общей численности населения; и 1106 поставляют менее 100 м<sup>3</sup> в день, также обслуживает примерно 12% всего населения.

В Венгрии зарегистрировано около 75% из около 1650 систем водоснабжения. Примерно 0,8% от общей численности населения обслуживаются системами, обслуживающими менее 500 человек и примерно 15% системами, обслуживающими менее 5000 человек. Из 317 компаний водоснабжения 192 работают только единая система водоснабжения, 119 из которых обслуживают менее 5000 человек.

В Италии из примерно 11 500 источников питьевой воды более 7100 обслуживает от 3 до 275 м<sup>3</sup> в день, и примерно 2800 обслуживают от 276 до 1370 м<sup>3</sup> в сутки в 1999 году. Большая часть этих небольших общественных запасов в качестве источников водоснабжения используют родниковую или колодезную воду. Около 25% от общей численности населения в 3,4 миллиона людей.

В Литве снабжаются водой из индивидуальных (выкопанных) скважин, обслуживающих в основном по одной семье. Из данных 1918 г. централизованных государственных систем питьевого водоснабжения в Литве 6% обслуживают от 100 до 1000 м<sup>3</sup> в сутки и 91% обслуживают менее 100 м<sup>3</sup> в сутки.

Маломасштабные системы водоснабжения часто подвержены загрязнению. Во многих в сельских местностях часто отсутствуют комплексные подходы к водным ресурсам. Например: защита источника; санитарная охрана источников питьевой воды; охранные зоны часто не устанавливаются; а иногда и владельцы, и пользователи не знают, откуда поступает вода. Опыт показал, что надлежащее удаление отходов, дренаж сточных вод, размещение септических систем, контроль доступа животных к водоснабжению и рыночная гигиена в сельских общинах часто создают проблемы в сельских сообществах. Особенно в сельскохозяйственных районах, общие риски загрязнения включают животноводство, дикую природу, которые часто приводят к плохому качеству питьевой воды и повышенному уровню нитратов. Использование технологий очистки воды обычно ограничено и не соответствует качеству исходной воды. Во многих сельских районах грунтовые воды используются для питья без дезинфекции, независимо от его уровня загрязнения. Сильные дожди и оттепели также создают значительную нагрузку на мелкомасштабные очистные сооружения. Маломасштабные системы водоснабжения менее устойчивы к качеству и количеству (например, нехватка воды), вызванные возможными последствиями изменения климата [9, 10].

Например, в Беларуси несоблюдение санитарных требований к питьевой воде из малых централизованных общественных мест составляет примерно 14,5% по параметрам микробных индикаторов и 30,1% для параметров химических индикаторов; а несоблюдение нитратов и нитритов самое высокое, на 28,6%.

В Хорватии насчитывается 443 небольших систем водоснабжения (обслуживающих примерно от 50 до 3000 человек), которые не подлежат регулярной проверке качества воды Институтом общественного здравоохранения. По данным собраны за 2008 год в ходе исследования Хорватского института общественного здравоохранения о статусе малых систем водоснабжения, примерно 7% населения Хорватии обеспечиваются такими системами. Согласно этому исследованию, примерно 70% из этих 7% населения получают воду, несоблюдающую соответствующим стандартов. Примерно 14% населения обеспечены водой из частных колодцев; однако данных о качестве воды нет.

В Чехии согласно исследованию, проведенному Национальным институтом общественного здравоохранения в 1999 г., анализ воды качественных данных примерно из 1700 небольших общественных скважин подземных вод и 3300 частных скважин в период 1991–1998 гг. наблюдался уровень несоблюдения связанных со здоровьем параметров примерно в 70%. В общей сложности 9 из 27 вспышек заболеваний, передающихся через воду, зарегистрированных в 1995–2005 гг., также были зарегистрированы заболевания вызваны питьевой водой из частными (бытовыми) колодцев, скважин и еще 10 небольшими промышленными колодцами.

А вот в Англии анализ данных, собранных 150 местными органами власти, охватывает примерно 35 000 результатов микробиологического качества воды приблизительно для 11 200 частных водопроводных сетей. На период 1996–2003 гг. анализ показал, что *Escherichia coli* (*E. coli*) была обнаружена в 19% проб, по

крайней мере один положительный образец обнаружен на 32% участков водоснабжения (по сравнению с 0,1% пробы из водопровода). В то время, как только около 0,5% всего населения полагается на частных поставщиков, 36% всех выявленных вспышек болезней питьевой воды были связаны с такими запасами.

В Эстонии в 96-ти небольших централизованных системах водоснабжения основные проблемы связаны с качеством питьевой воды. Концентрация встречающегося в природе фторида выше 1,5 мг/л. Степень загрязнения варьируется в зависимости от региона и от используемого уровня грунтовых вод. В 2009 г. микробиологические показатели были отмечены на 0,05% обследованных гидротехнических сооружений. В основном эти отклонения от требований возникают, когда возникают технические проблемы, связанные с водоснабжением. За счет технических усовершенствований (например, капремонт скважин, трубопроводов, очистных сооружений и водоснабжения) и усиленного контроля качества питьевой воды происходит улучшение систем водоснабжения.

Для того, чтобы система водоснабжения в малых населенных пунктах обеспечивала бесперебойной подачей воды необходимо правильная эксплуатация подземных источников (скважин). Для этого требуется соблюдение ряд мероприятий по правильному оборудованию конструкции индивидуальных скважин. Конструкция скважин должна быть герметична и при проектировании должны быть соблюдены все правила и нормы, а также правильно рассчитано и подобрано оборудование и материалы. Скважинный оголовок не должен допускать проникновения осадков и различных загрязнений в межтрубное и за трубное пространство [49]-[59].

Система водоснабжения должна обеспечивать потребителей качественной водой и быть пригодной для использования, а не наносить вред здоровью человека [25]-[29].

## 1.2 Методы очистки воды от железа, марганца и солей жесткости

Все основные методы обезжелезивания и деманганации из подземных вод делятся на две группы:

- реагентные;
- безреагентные.

При выборе способа очистки воды необходимо опираться на требования нормативной документации и химического анализа исходной воды и ее качества.

Исходя из поставленной задачи, после предварительного подбора водоподготовки производится анализ их применения. Важными факторами, являются правильный подбор методов обработки воды их последовательность и эффективность при эксплуатации [43]-[48].

Таких способов очистки воды – насчитывается около 40. В данной работе рассмотрены часто применяемые специальные методы улучшения качества воды (рисунок 1) [11]-[14].



Рисунок 1 – Методы улучшения качества воды

Вода из подземных ресурсов имеет ряд загрязняющих веществ, одними из которых являются железо, содержание марганца, соли жесткости, а также иногда встречается повышенная концентрация сульфатов. Существующие в подземных водных ресурсах вредные примеси не является причиной для отказа от ее эксплуатации, так как вода, пройдя водоочистку может изменять ее качество до требуемых нормативных показателей [30, 31].

Взвешенные твердые примеси, присутствующие в природных водах, состоят из частиц глины, песка, ила, суспендированных органических и неорганических веществ, планктона и различных микроорганизмов. Железо, в подземных водах присутствует, в основном, растворенное двухвалентное железо в виде ионов. Трехвалентное железо появляется после контакта такой воды с воздухом и в изношенных системах водораспределения при контакте воды с поверхностью труб. В поверхностных водах железо уже окислено до трехвалентного состояния и, кроме того, входит в состав органических комплексов и железобактерий. Норматив содержания железа общего в питьевой воде - не более 0,3 мг/л по требованию СанПин 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» [6].

Содержание в воде двухвалентного и трехвалентного железа, организмом человека не усваиваются и является для него токсичным, которое оказывает раздражающее действие на слизистые и кожу, вызывающую аллергическую реакцию. Использование повышенной концентрации железа рекомендуется в целях минеральных лечебных вод, но также имеет свои ограничения. Присутствие железа в воде можно легко определить в бытовых условиях по окраске воды в рыжий цвет, наличие запаха или рыжий налет на сантехнике, а также при стирке белья происходит окрашивание.

В подземных источниках водоснабжения железо находится в растворенной и коллоидной форме. Между растворенными и коллоидными формами протекает непрерывный процесс, границу которого определить невозможно. В результате

расчетных и экспериментальных работ выявлено, что формы железа в скважинах трансформируются в зависимости от окислительно-восстановительного и кислотно-щелочного состояния последней, концентраций органических соединений и комплексом соединения анионов (сульфатов, хлоридов и др.)

«Марганец относится к группе тяжёлых металлов, имеет природное происхождение. Встречается чаще всего в воде вместе с растворенным железом  $Fe^{2+}$ . Содержание марганца в воде питьевого качества не должно превышать значений 0,1 мг/л. Последствия превышения содержания марганца в воде - образование трудно выводимых темно-коричневых или черных пятен на поверхности оборудования, накопление отложений в трубопроводах. Марганец, как и железо, может присутствовать в различных соединениях: в виде бикарбонатов, минеральных и органических комплексах и других формах» [83].

«Жесткость воды в природных водах обуславливается наличием в воде ионов кальция ( $Ca^{2+}$ ), магния ( $Mg^{2+}$ ), стронция ( $Sr^{2+}$ ), бария ( $Ba^{2+}$ ), железа ( $Fe^{3+}$ ), марганца ( $Mn^{2+}$ ). Но общее содержание в природных водах ионов кальция и магния несравнимо больше содержания всех других перечисленных ионов – и даже их суммы. Поэтому под жесткостью понимают сумму количеств ионов кальция и магния – общая жесткость, складывающаяся из значений карбонатной (временной, устраняемой кипячением) и некарбонатной (постоянной) жесткости. Первая вызвана присутствием в воде гидрокарбонатов кальция и магния, вторая наличием сульфатов, хлоридов, силикатов, нитратов и фосфатов этих металлов. Однако при значении жесткости воды более 9 ммоль/л нужно учитывать содержание в воде стронция и других щелочноземельных металлов» [83]-[87].

«На настоящий день изменений нормируемых показателей качества хозяйственно-питьевой воды показывает большой рост количества новых показателей и ужесточение уровней предельных концентраций. Число нормируемых химических 19 веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения в 1954 г. было 6, в 1973-м – 420, в

1982 г. – 951, в 1988-м – 1345, а в настоящее время – согласно СанПин 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» [6] – в питьевой воде нормируется содержание около 1500 веществ» [77].

Поэтому в настоящее время присутствует проблема несоответствие технологических схем водоподготовки, возможности обеспечить качества питьевой воды и проектную производительность, в связи с тем, что сооружения водоподготовки проектировались на более мягкие требования к качеству питьевой воды.

«Необходимо отметить, что существует достаточно много схем, методов и установок для водоподготовки. Однако использование схем или способов водоподготовки требует привязки к каждому конкретному водисточнику, с обязательным определением их технологической надежности и гигиенической эффективности (т.е. должно соблюдаться соответствия требованиям бесперебойного водоснабжения и требованиям санитарного законодательства в области качества воды)» [77].

При выборе технологической схемы водоподготовки следует учитывать, что процессы очистки приводят не только к снижению концентраций химических веществ в воде, но также могут выступать как фактор изменения химической природы присутствующих в воде соединений и в итоге привести к изменению характера гигиенических и токсикологических эффектов. Особое внимание играет роль в этих процессах сильный окислитель – хлор или озон [33].

### **1.2.1 Обезжелезивание воды**

Методы обезжелезивания воды из подземных источников бывают:

– Безреагентные (аэрационные, аэрация с последующем фильтрованием; сухая фильтрация; фильтрование воды на каркасных фильтрах; электрокоагуляция; двойная аэрация и другие.



– Реагентные (упрощенная аэрация, окисление, фильтрование; напорная флотация с известкованием и последующим фильтрованием; известкование, отстаивание в тонкослойном отстойнике и фильтрование; катионирование и другие).

Безреагентный способ очистки осуществляется без добавления коагулянтов в воду и применяется для станций любой производительности. Метод обработки воды таким способом представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Обработка воды безреагентным способом

«Степень очистки воды»	Показатели исходной воды	Состав технологических установок	Степень очистки
Одноступенчатая	М <50 мг/дм <sup>3</sup> Ц <50 град рН = 6,5...9 Ж <7 град Ж ЗП <3 балл	Медленные фильтры с удалением песка при регенерации	50...55 % СанПиН 2.4.1.1074.01
	М <700 мг/дм <sup>3</sup> Ц <50 град рН = 6,5...9 ЗП <3 балл	Медленные фильтры с механическим рыхлением и гидросмывом	60...65 % СанПиН 2.4.1.1074.01
	М <500 мг/дм <sup>3</sup> Ц > 50 град рН = 6,5...9 Жобщ <7 ммоль/дм <sup>3</sup> ЗП <3 балл	Установка для одноступенчатого фильтрования. Водоочистная установка типа «Струя» в безреагентном варианте	70...75 % СанПиН 2.4.1.1074.01
Двухступенчатая	М <500 мг/дм <sup>3</sup> . Остальные показатели те же	Установка для двухступенчатого фильтрования	70...75 % СанПиН 2.4.1.1074.01
	М <2500 мг/дм <sup>3</sup> . Остальные показатели те же	Тонкослойный отстойник. Мелкозернистый фильтр	80...85 % СанПиН 2.4.1.1074.01
Трехступенчатая	М <2500 мг/дм <sup>3</sup> . Остальные показатели те же	1. Установка предварительного осветления: тонкослойный отстойник; акустический фильтр; Гидроциклоны; горизонтальный отстойник. 2. Установка двухступенчатого фильтрования с фильтрами 1 и 2 ступени	90...95% СанПиН 2.4.1.1074.01
	М <2500 мг/дм <sup>3</sup> . Остальные показатели те же	Акустический фильтр. Установка «Струя» в безреагентном варианте	80...85 % СанПиН 2.4.1.1074.01» [79].

В безреагентном методе суть заключается в том, что при реакции воды с воздухом двухвалентное железо окисляется и образуется в трехвалентное. При водородном показателе больше 3,5 оно гидролизуется и переходит в гидроксид железа, которое удалить можно с помощью осаждения или последующего фильтрования. Аэрация может быть, как напорная (рисунок 2), так и безнапорная.

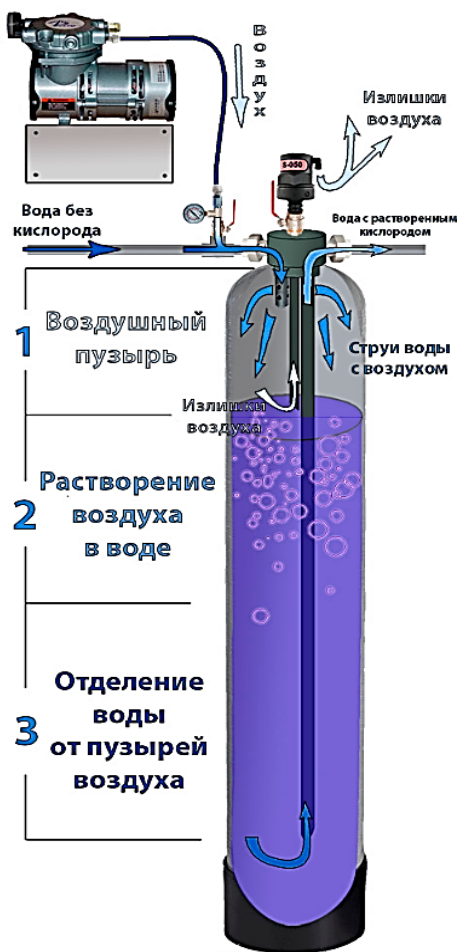


Рисунок 2 – Напорная аэрационная колонна

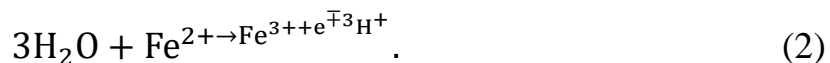
Технологический процесс такого метода заключается в удалении соединения железа из воды с помощью аэрации и фильтра основывается на некоторых этапах: на первом этапе происходит насыщение кислородом воздуха (аэрация) на простейших установках и после происходит фильтрование на скорых фильтрах. Вода в таких фильтрах насыщается кислородом воздуха. При падении с высоты вода может достигать концентрацию кислорода 5-7 мг/л. Совместно в

процессе удаляется растворенная двуокись углерода. Воронка располагается в кармане фильтра. Кроме технологической схемы подачи воды, фильтр отличается от осветительных фильтрующей загрузкой.

После процесса аэрации происходят химические реакции окисления и гидролиза, которые описываются в формуле 1 и 2. «При реакции окислении 1 мг железа выделяет 1,6 мг свободной двуокиси углерода и на 0,043 мг-экв снижается общая щелочность воды» [32]. Способ упрощенной аэрации основан на окислении ионов двухвалентного железа в загрузки фильтра и задержании образующихся соединений. В технологическом процессе важную роль имеет задержание наличия катализа и адсорбции. В результате чего происходит образование прочных связей между сформировавшимися гидроксидами и зернами фильтрующего слоя, что в процессе фильтрования придает стабильность и независимость от гидродинамических условий. На поверхности зерен загрузки через определенное время образуется пленка, которая состоит из соединения железа и играет роль катализатора. При проведении исследования химического состава пленки показали, что она имеет содержание двух- и трехвалентного железа:



Для окисления железа по формуле (1) необходим кислород содержащего 0,143 мг на 1 мг двухвалентного железа. Из этого следует, что в присутствии ионов воды реакция окисления железа будет иметь вид:



При наличии концентрации ионов водорода оценивается показателем рН воды, а активность электронов значением окислительно-восстановительного потенциала.

Обезжелезивание воды, покрытой пленкой, является автокаталитическим процессом, в результате которого происходит непрерывное обновление пленки

как катализатора непосредственно при работе фильтра. Для того, чтобы происходило образование и действие пленки необходимо наличие в воде кислорода. Если отсутствует кислород, то процесс не будет работать. Степень обезжелезивания начинается после формирования на зернах загрузки определенной массы каталитической пленки, время формирования этой массы называется временем зарядки фильтра.

Такой способ очистки используется при содержании железа не более 10 мг/л; а также содержание двухвалентного железа не менее 70%; щелочность не менее  $(1+[Fe^{2+}]/28)$  мг-экв/л; содержание сероводорода не более 2 мг/л; pH не менее 6.8.

К плюсам такого метода относят простоту обслуживания, технологическую надежность, а также низкую себестоимость очистки и безреагентную обработку воды.

Реагентная очистка воды от железа применяется, когда концентрация железа достигает 10 мг/л и выше. Для очистки воды с помощью такого метода используются сильные химические окислители. Чаще всего применяют гипохлорит натрия или перманганат калия.

После такой обработки содержание железа остается меньше 0,1 мг/л. Под действием хлора происходит разрушение органических соединений железа и переход их в форму неорганических солей трехвалентного железа, которые хорошо гидролизуются. После химической реакции гидролиза выпадает осадок гидроксида железа. Эти процессы описываются уравнением:



Из уравнения (3) вода подкисляется. По уравнению (3) на окисление 1 мг двухвалентного железа расходуется 0,64 мг хлора, при этом щелочность снижается на 0,018 мг-экв/л.

Хлор окисляет не только железо, но и двухвалентный марганец, разрушает органические вещества и сероводород.

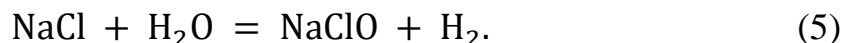
Дозировка хлора зависит от содержания железа и может составлять 5-20г на 1 м<sup>3</sup> воды при контакте, 30 минут (не только для окисления, но и обеззараживание). Санитарные нормы СанПин 2.1.4.1074 допускают содержание концентрации остаточного хлора в воде 0,3-0,5 мг/л, что показывает эффективное обеззараживание воды [20].

Для обеззараживания воды дозу активного хлора определяют на основании данных исследований. Для предварительных расчетов принимают 0,7-1,0 мг/л для подземных вод.

«Обработку воды хлором осуществляют с помощью хлораторов, в которых газообразный (испаренный) хлор абсорбируют водой. Хлорную воду из хлоратора подают к месту потребления» [83]. Такой способ обработки воды является распространенным, но имеет ряд минусов: транспортировка и хранение высокотоксичного хлора в больших объемах, а также хранение запаса хлора на складе представляет большую опасность для рабочего персонала.

В последние годы для обработки воды переходят на аналог хлору это гипохлорит натрия (NaClO). Этот способ можно использовать, как на больших станциях водоочистки, так и на маленьких, в том числе частные жилые дома.

Растворы гипохлорита натрия получают химическим (4) и электрохимическим (5) путем.



Раствор гипохлорита натрия получается химическим способом и выпускается в виде трех марок «А», «Б», «В», где показания активного хлора варьируется от 120-190 г/л и наличие гидроксида натрия от 10-90 г/л.

Преимущества гипохлорита натрия заключается в том, что растворы не требуется в отстаивании, потому что не имеют взвесей как хлор. Гипохлорита

натрия при применении для обработки воды не вызывает повышения ее жесткости, так как не содержит солей кальция и магния как хлорная известь или гипохлорит кальция.

Метод обеззараживания воды озоном является наиболее перспективным способом очистки воды. Но в данном методе обеззараживания воды сильным окислителем является озон, который обладает бактерицидным свойством. С помощью специальных установок получают озон, главным техническим узлом является электрический озонатор. В озонаторах получают озона-воздушную смесь из кислорода воздуха путем действия на эту смесь разрядов электрического тока высокого напряжения. При процессе окисления бактерий атомарным кислородом, образующимся в воде при распаде растворенного озона. К примеру, озон оказывает бактерицидное действие на патогенную микрофлору; его способность разрушать находившиеся в воде химические вещества; а также в процессе очистки воды происходит обесцвечивание и нейтрализация вкуса и запаха. Он не образует в воде химических соединений, как хлор.

К самым распространенным недостаткам относят высокую энергоемкость процесса получения самого озона. По стоимости озонирование на много дороже хлорирования. Сравнение методов обезжелезивания хозяйственно-питьевой воды сводится в таблицу 2.

Таблица 2 – Сравнение методов обезжелезивания

Наименование	Безреагентный	Реагентный	
	Упрощенная аэрация	Хлорирование	Озонирование
Осадок	есть	есть	есть
Эффективность	высокая	высокая	высокая
Стоимость	Низкая	средняя	высокая
Применение реагентов	нет	Гипохлорит натрия	озон
Недостатки	нетоксичен	токсичен	токсичен

В таблице 3 приводятся основные способы реагентной обработки воды из подземного источника в зависимости от ее исходных показателей.

Таблица 3 – Основные способы реагентной обработки воды

«Показатели качества воды	Способы химической обработки	Применяемые реагенты
1	2	3
Мутность, мг/дм <sup>3</sup>	Коагулирование. Обработка флокулянтами	Коагулянты (ОХА, ПОХА и др.). Флокулянты (ПАА, активная кремниевая кислота и др.)
Цветность, повышенное содержание органических веществ и планктона, град	Предварительное хлорирование, коагулирование. Обработка флокулянтами. Озонирование	Хлор. Коагулянты. Флокулянты. Озон
Низкая щелочность, затрудняющая коагулирование, мг-экв/дм <sup>3</sup>	Подщелачивание	Известь. Сода
Привкусы и запахи, балл	Углевание. Предварительное хлорирование. Обработка перманганатом калия. Озонирование	Активный уголь. Жидкий хлор. Перманганат калия. Озон
Нестабильная вода с отрицательным индексом насыщения (коррозионная)	Подщелачивание. Фосфатирование	Известь. Сода. Гексамета фосфат или три полифосфат натрия
Нестабильная вода с положительным индексом насыщения (коррозионная)	Подкисление. Фосфатирование	Кислоты (серная, соляная). Гексаметафосфат или триполифосфат натрия» [79].
«Бактериальные загрязнения, КОЕ/мл	Хлорирование, озонирование	Хлор. Гипохлориты. Озон. Аммиак
Недостаток фтора (менее 0,5 мг/дм <sup>3</sup> )	Фторирование	Фтористый или кремнефтористый натрий
Избыток фтора (более 1,5 мг/дм <sup>3</sup> )	Обесфторивание	Сернокислый глинозем
Избыток железа, 1°Ж	Аэрация. Хлорирование. Подщелачивание. Коагулирование. Обработка перманганатом калия. Катионирование	Хлор. Известь. Сода. Коагулянты. Перманганат калия

### Продолжение таблицы 3

1	2	3
Избыток солей жесткости, 1°Ж	Декарбонизация. Известковосодовое умягчение. Ионный обмен	Известь. Сода. Коагулянты (хлорное железо или железный купорос). Поваренная соль. Серная кислота
Содержание кремниевой кислоты выше нормы, мг-экв/дм <sup>3</sup>	Коагулирование. Магнезиальное обескремнивание. Ионный обмен	Коагулянты. Каустический магнезит. Известь
Наличие сероводорода, мг/дм <sup>3</sup>	Подкисление. Аэрация. Хлорирование. Коагулирование	Хлор. Коагулянты. Кислоты (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , HCl)
«Избыточный растворенный кислород, мг/дм <sup>3</sup>	Связывание кислорода восстановлением ионов серы (S <sup>-2</sup> , S <sup>+4</sup> )	Сульфит натрия. Сернистый газ» [79].

Для того, чтобы определиться с выбором способа водоподготовки воды необходимо произвести химический анализ воды. Затем если концентрация примесей низкая, то рекомендуется выбрать безреагентный метод. Если концентрация железа в воде низкая, то реагентное обезжелезивание будет неэффективно. Наличие большого количества примесей железа в воде делает ее непригодной для использования. Поэтому при использовании необходимо обязательная фильтрация.

#### 1.2.2 Деманганация воды

Деманганация воды подразумевает собой удаления ионов марганца. Эта очистка производится такими же методами, что и обезжелезивание. Однако иногда используют сильные окислители, так как марганец создает органические соединения.

Марганец содержится в виде хорошо растворимых солей Mn<sup>2+</sup> в Mn<sup>3+</sup> и Mn<sup>4+</sup>. Сначала происходит окисление в нерастворенное состояние после чего окисленные формы разлагаются и образуют нерастворимые гидроксиды Mn(OH)<sub>3</sub> и Mn(OH)<sub>4</sub>. При осаждении на загрузке фильтра начинают проявляться



каталитические свойства, то есть ускоряется процесс окисления двухвалентного марганца растворенным кислородом.

Для получения хорошего результата окисления марганца нужно, чтобы водородный показатель соответствовал уровню от 8,0 до 8,5. В качестве окислителей используют перманганат калия, хлор или его производные (гипохлорит натрия), озон.

Технологический процесс деманганации может протекать совместно с методом обезжелезивания.

### **1.2.3 Умягчение воды**

Еще один специальный метод по повышению качества системы водоснабжения получил метод умягчения воды.

Такой способ используют, когда исходная вода имеет высокую жесткость. Под жесткостью называют воду, содержащую большое количество солей жесткости, кальция и магния.

Основными методами умягчения воды являются:

- умягчение с помощью ионообменных смол;
- мембранный (физический);
- реагентный (химический);
- магнитная обработка воды;
- термический (кипячение);
- электрохимический.

Для удаления железа ионообменным методом применяются катиониты. Такое широкое использование ионообменного умягчения – является технологический процесс, при котором жесткость удаляется путем замены ионов кальция и магния нейтральными катионами натрия. В системах водоподготовки ионообменная система умягчения воды – главный элемент водоочистки. В качестве загрузки применяют катионообменную смолу, которая входит в состав многокомпонентной смеси, применяемой в фильтре комплексной очистки.

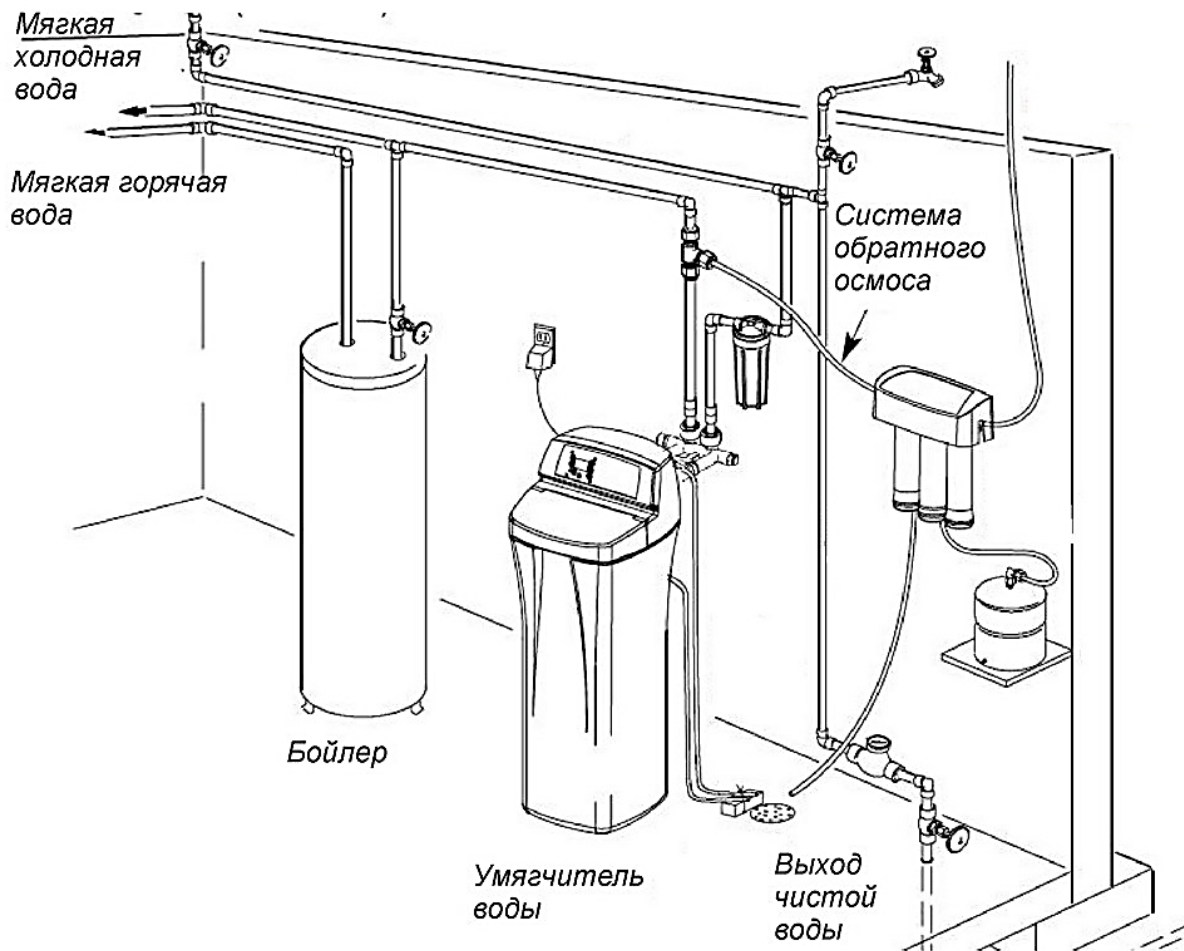


Рисунок 3 – Схема умягчения воды

В бытовых системах водоочистки умягчение воды осуществляется при помощи катионообменных смол и инновационного материала с соединенной в полимер ионообменной смолой. Подбор метода для мягкой или жесткой воды позволяет получать из исходной воды фильтра с оптимальными характеристиками.

К преимуществам этого метода относят:

- простота монтажа и обслуживания;
- высокая эффективность улавливания загрязнений;
- возможность восстановления ресурса смол в течение 1-3 лет службы.

Но у данного метода существует ряд недостатков таких как низкая скорость фильтрации и неспособность к улавливанию тяжелых элементов. Так же важно отметить, что мягкая вода не является полезной, чем жесткая. Умягчители не очищают воду, а только снижают ее жесткость.

Система обратного осмоса основан на способности изменять характеристики воды, которая позволяет получать обессоленный химический состав. Такой метод заключается на продавливании жидкости через мембрану с размерами пор 0,0001 мкм. Проницаемость характерна для молекул воды и некоторых газов.

Этот способ хорошо очищает воду от металлов, бактерий, вирусов и других микроорганизмов, и химических веществ.

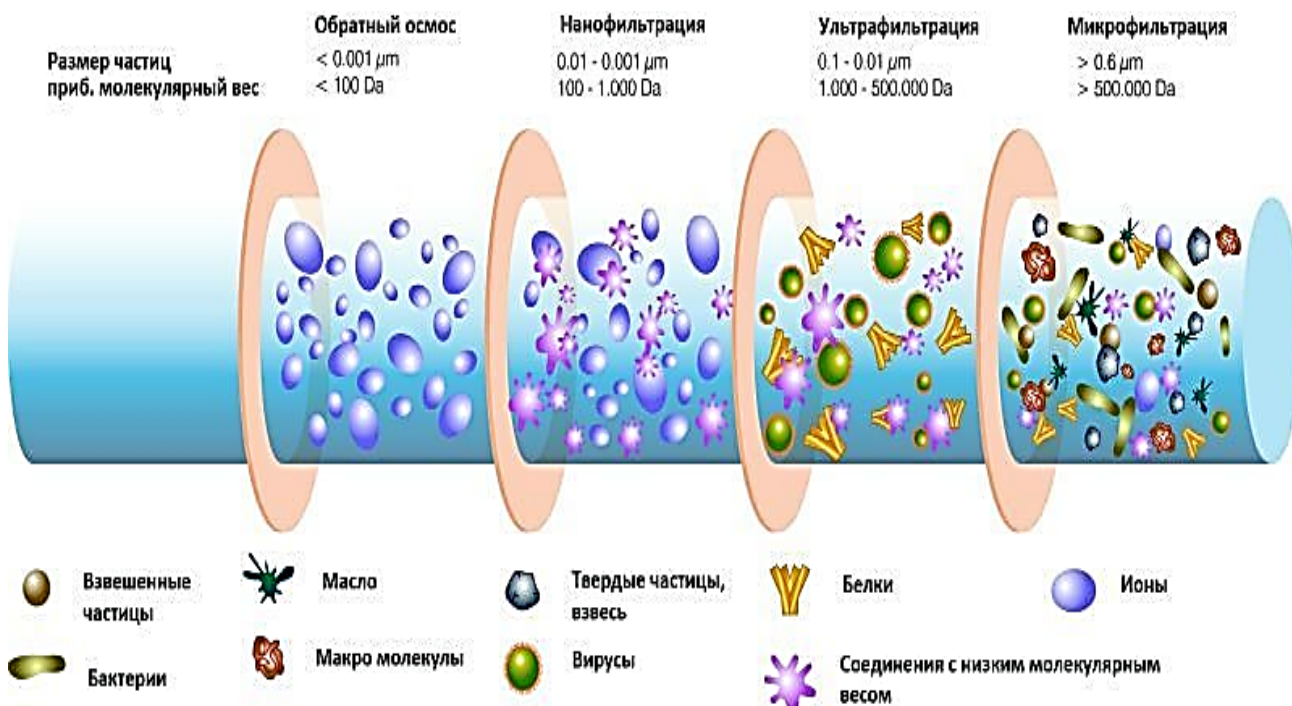


Рисунок 4 – Мембранная система очистки

Данная технология широко применяется в медицине или пищевой промышленности, где требуется высокая степень очистки воды, а также

возможно ее установка в индивидуальных жилых домах. Природная вода на последней стадии очистки может обогащаться природными минералами для восстановления нормального солевого баланса. Использование наномембраны с размером пор 0,001 микрометра может снижать жесткость воды на 70-80%, и так же сохранять ее естественный баланс минералов.

Единственными недостатками таких систем считается их высокая стоимость и потребность в минерализации хозяйственно-питьевой воды. Срок службы мембран в системе обратного осмоса зависит от присутствия или отсутствия в системе грубых фильтров.

Еще один способ сделать воду наиболее мягкой — использовать химические вещества (реагенты). При взаимодействии реагентов с ионами кальция и магния происходит химическая реакция, которая в последующем выпадет в осадок. Следовательно, для данного метода необходимо установку дополнительных фильтров, которые смогут убрать образовавшуюся накипь.

Реагентный способ хорошо применять для больших станций водоподготовки, поскольку имеет ряд проблем:

- утилизация твердого осадка,
- специально оборудованные хранилища для реагентов,
- необходимость правильной дозировки химикатов и их правильной эксплуатации в исходную воду.

Этот метод нельзя использовать в питьевом водоснабжении, так как он наиболее применим при установке в трубопровод подачи холодного водоснабжения к стиральной и посудомоечным машинам. Соединение солей жесткости предотвращают образование накипи на приборах, сокращают расход электричества, а также повышается уровень эффективности бытовой техники при работе. Сравнение способов умягчения сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Сравнение систем умягчения воды

Наименование пунктов	Система обратного осмоса (мембранный)	Ионообменный метод	Реагентный метод
Удаление солей кальция и магния	Полностью убирает соли жесткости	Ионозамещение солей жесткости на молекулы натрия	Удаляет в ходе химической реакции
Применение реагентов	нет	Ионная смола	да
Фильтрующий элемент	мембрана	Ионная смола	Химические вещества
Дополнительный фильтр	Требуется для подготовки и коррекции состава воды	Не требуется	Требуется для удаления остатков реакции
Осадок	есть	нет	есть
Процесс умягчения (производительность)	Низкая	Высокая	высокая
Стоимость системы установки	высокая	средняя	низкая

Подводя итоги, можно сказать, что человек состоит в среднем на 60% из воды, на 34% из органических веществ и 6% – из неорганических (для разного возраста исходные соотношения меняются), поэтому для жизнедеятельности человека необходимо качественная хозяйственно-питьевая вода. Следовательно, исходную воду, добываемую из подземных источников необходимо очищать от химических соединений и различных примесей, а также обеспечить потребителя бесперебойной подачей воды.

### **1.3 Технологические схемы очистки подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения малых населенных пунктов**

«Комплексные технологические решения по выбору водоподготовки технологий находятся в зависимости от лабораторного анализа качества исходной

воды и должны включать оптимальный набор для каждого конкретного объекта» [15]. Основные методы водоочистки изложены в таблице 5.

Таблица 5 – Основные методы и система сооружений водоочистки

«Показатели качества воды»	Метод водоподготовки	Применяемые сооружения
1	2	3
Мутность	Обработка воды коагулянтами с применением флокулянтов и последующим удалением агрегатов-хлопьев отстаиванием или осветлением в слое взвешенного осадка, и последующим фильтрованием; флотация и фильтрование	Установки для хранения, приготовления растворов реагентов и их дозирования; смесители, камеры хлопьеобразования, отстойники или осветлители, фильтры; флотаторы с устройствами для сатурирования воды; фильтры
Цветность, повышенное содержание органических веществ и планктона	Предварительная обработка воды окислителями (озон, перманганат калия и др.) с последующим коагулированием и флокулированием. Отстаивание, осветление в слое взвешенного осадка; фильтрование. Микропроцеживание	Озонаторы, контактные камеры; установки для хранения, приготовления растворов реагентов и их дозирования; смесители, камеры хлопьеобразования, отстойники или осветлители, фильтры; флотаторы с устройствами для сатурирования воды; фильтры. Микрофильтры
Низкая щелочность, затрудняющая коагулирование	Подщелачивание	Реагентное хозяйство для хранения подщелачивающих реагентов, приготовления суспензий (растворов) и дозирования их в обрабатываемую воду
Привкус, запах	Углевание. Предварительное озонирование. Обработка перманганатом калия	Реагентное хозяйство для хранения активированного угля, приготовления его пульпы и дозирования в обрабатываемую воду; озонаторы, контактные камеры; реагентное хозяйство перманганата калия, устройства для его дозирования
Нестабильная вода с отрицательным индексом насыщения (коррозионная)	Подщелачивание. Фосфатирование	Реагентное хозяйство для извести, соды, триполифосфата или гексаметафосфата натрия, дозаторов» [8]

Продолжение таблицы 5

1	2	3
«Нестабильная вода с положительным индексом насыщения	Подкисление. Фосфатирование	Реагентное хозяйство для кислот (серной, соляной), гексаметафосфата или триполифосфата натрия, дозаторы
Бактериальные загрязнения	Хлорирование. Озонирование. Бактерицидное облучение	Склад хлора, хлораторные; склад соли, электролизеры, дозаторы раствора гипохлорита натрия; реагентное хозяйство для хлорной извести, дозаторы. Устройства для получения диоксида хлора с соответствующим реагентным хозяйством, хлордозаторы; озонаторные и контактные камеры; бактерицидные лампы
Избыток железа и марганца	Аэрация с последующим фильтрованием; сухая фильтрация. Двухступенчатое фильтрование. Обезжелезивание и обезмарганцевание подземных вод в водоносном пласте. Биологическое удаление железа и марганца. Подщелачивание. Коагулирование. Обработка перманганатом калия, другими окислителями	Аэраторы различной конструкции, фильтры (напорные или безнапорные); сухие фильтры. Двухступенчатые фильтры (в напорном, безнапорном или смешанном вариантах). Реагентное хозяйство, дозаторы. Отстойники, осветлители, контактные резервуары; фильтры
Избыток солей жесткости	Декарбонизация. Известково-содовое умягчение. Ионный обмен	Реагентное хозяйство для извести, соды. Смесители, вихревые реакторы, установки типа «Струя», осветлители и отстойники специальных конструкций. Скорые фильтры. Ионообменные фильтры
Газы и летучие органические соединения, придающие воде неприятные привкусы и запахи	Аэрирование	Аэраторы и дегазаторы различных типов; брызгальные бассейны» [8].

Необходимо учесть для правильного подбора технологической схемы очистки подземной загрязненной воды о наличии содержащихся в ней металлов.

«Железо, как говорилось ранее присутствует в воде в различных формах: Fe(II) - растворенное двухвалентное, не изменяет цвет воды и практически не заметно, Fe(III) - нерастворимое трехвалентное, присутствие ржавого цвета и выпадение в осадок, коллоидное - мельчайшие твердые частицы, создающие мутность воды, органическое - входит в состав органических загрязнителей, бактериальное - образует радужную пленку на поверхности жидкости, а также илистый осадок на дне.

Трехвалентное железо удаляется легко за счет того, что оно выпадает в осадок и проходит фильтрацию. Остальные формы железа нужно вначале преобразовать в фильтруемую форму Fe (III). Только после этого применяют аэрацию для обезжелезивания воды. А вот марганец содержится в воде из подземных источников в форме Mn (II). Его концентрация в неочищенной воде может достигать 0,1%. Двухвалентная форма элемента частично растворяется и может образовывать осадок при очень сильном нагревании жидкости. Для очистки воды от марганца его переводят в трех или четырехвалентную форму - он преобразуется в нерастворимые соединения (оксиды металла, гидроксиды, соли кислот). При этом также образуется осадок, который можно уловить при фильтрации» [89].

Алгоритм выбора эффективных технологических схем состоит из следующих позиций:

– Необходимо техническое обследование и анализ эффективности системы водоснабжения с целью повышения качества очистки воды или безопасности технологического процесса, выявлению проблемных зон по технологическим переделам системы водоснабжения;

– Изучение технологического оборудования при правильном подборе «(тип и качество водоисточника, проектная производительность, климатическая зона, особенно актуально для поверхностных источников, гидрогеологические условия, региональные особенности, уровень эксплуатационных затрат, уровень



автоматизации технологического процесса, уровень квалификации обслуживающего персонала, система транспортировки питьевой воды)» [77].

– Проведение анализа эффективности предлагаемой технологической схемы для конкретных условий водоснабжения.

Технологическая схема очистки подземной воды имеет вид (рисунок 5), которая включает в себя: аэрационную колонну, где происходит окисления железа и марганца, фильтр-обезжелезиватель, где происходит осаждение хлопьевидных осадков, фильтр-умягчитель, проходит через ионообменную смолу, в которой кальций заменяется на натрий.

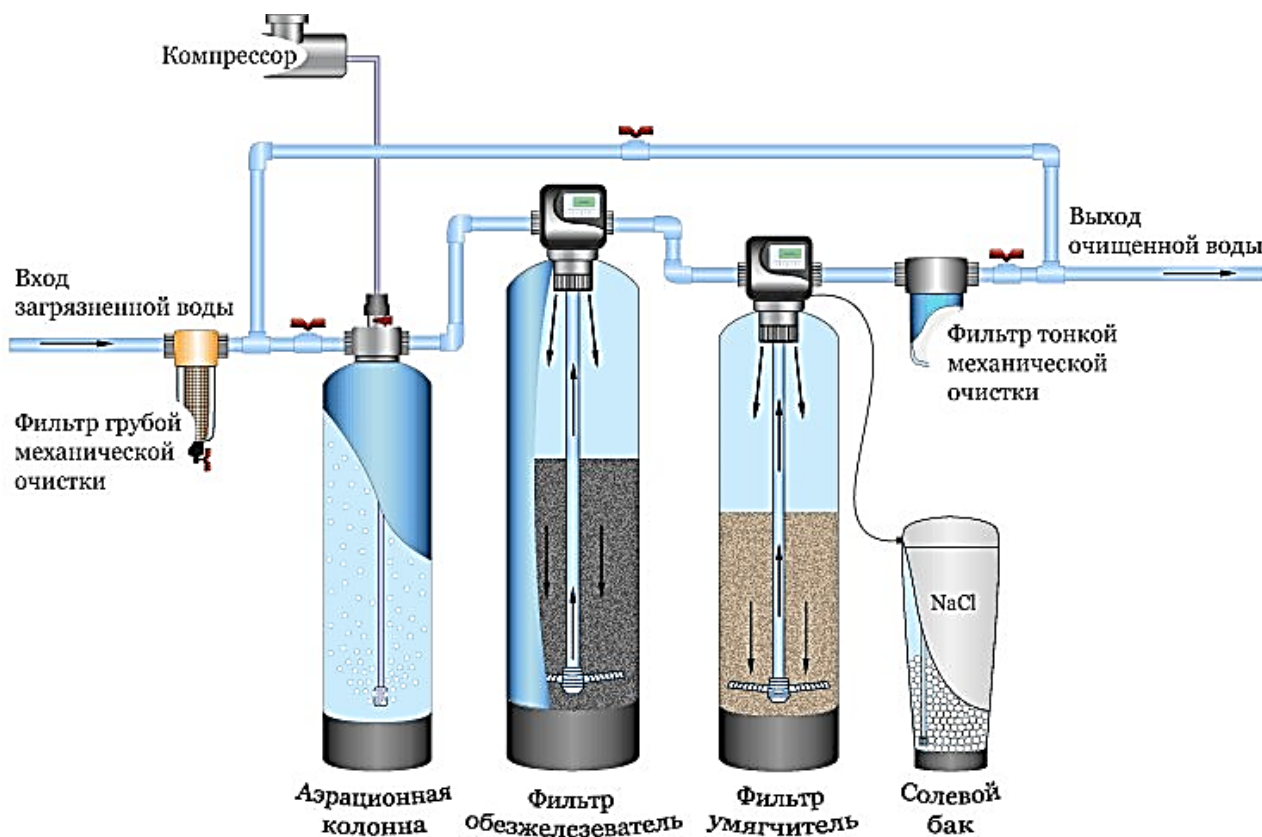


Рисунок 5 – Схема очистки загрязненной подземной воды

Технологический процесс протекает за счет того, что загрязненная вода поступает в аэрационную колонну, где интенсивно насыщается кислородом, одновременно происходит удаление из воды сероводорода и других газов.

Очищаемая вода, насыщенная кислородом, поступает на фильтрующий материал для обезжелезивания. «Исходным сырьем для производства материала может быть алюмосиликатная порода (Сорбент АС, ОДМ-2Ф, Filter-Ag, дробленый керамзит) оксиды и карбонаты кальция и магния (МЖФ), горелые породы (МФО-47) и другие. Материалы подвергаются термохимической обработке, с нанесением различных видов катализаторов, в результате чего загрузка приобретает новые свойства: она становится каталитической, приобретает высокую пористость» [67].

В зависимости от поставленной цели, существует несколько видов фильтрующих загрузок. Основными типами являются:

- Многокомпонентные используются для комплексной очистки воды от железа, марганца, солей жесткости, а также органических загрязнений;
- Каталитические применяются для осадочной фильтрации, осветления воды, обезжелезивании с использованием окислителей;
- Ионообменные смолы предназначены для удаления из воды ионов солей жесткости кальция и магния, тем самым, предотвращая образование известковых отложений на технике;
- Загрузки на основе активированного угля применяются в сорбционных фильтрах, снижают содержание активного хлора, улучшают органолептические свойства воды.

Наиболее востребованными загрузками на сегодняшний день являются:

«Вirm – загрузка для удаления из воды железа и марганца, которая рекомендуется для очистки воды из скважин. Содержание растворенного кислорода при этом должно быть на уровне не ниже 15% от количества растворенного железа. Вirm может использоваться для очистки от железа воды температурой до +38 градусов Цельсия и показателем рН на уровне от 6,8 до 9 единиц. Загрузка наиболее эффективна, если данный показатель составляет 8 рН. Рекомендуется использовать в системах с обратной промывкой загрузки.

Дамфер – универсальная загрузка для бытового и промышленного обезжелезивания воды в любых объемах. Помимо прямого назначения, загрузка может использоваться в системах очистки воды от механических примесей: песок, ржавчина, илистые и глинистые соединения, а также тяжелые металлы. Отлично очищает воду от любых форм железа, не снижая эффективности при показателе рН ниже 6 единиц. Основой Дамфера является природный материал доломит, который полностью безопасен для человека и окружающей среды. Благодаря присутствию в загрузке серебра, Дамфер также подавляет находящиеся в очищаемой воде микроорганизмы. Дамфер не впитывает сероводород и остаточный хлор. Промывка загрузки (прямая и обратная) осуществляется обычной водой.

МТМ – загрузка для удаления из воды железа, марганца и сероводорода. Представляет собой покрытые окисью марганца гранулы. Может использоваться для обезжелезивания воды с очень низким показателем рН. Отличительной чертой загрузки МТМ является необходимость в частой и длительной промывке ее водой с добавлением перманганата калия. При использовании МТМ, потери давления воды при прохождении через емкость с загрузкой минимальны. Не предназначена для очистки горячей воды. Разрешена для использования в системах для обезжелезивания воды, загрязненной полифосфатами и нефтепродуктами. Благодаря небольшому удельному весу МТМ, снижает расход воды для промывки» [67].

Сорбент АС предназначен для обезжелезивания воды возможно применять в напорных и в безнапорных системах очистки, в качестве основного фильтрующего материала, так и в составе многокомпонентных универсальных системах для комплексного подхода к процессу очистки воды. При комплексном применении Сорбента АС и Сорбента МС - эффективность очистки от железа увеличивается. Производится три модификации фильтрующего материала: АС МС. Принцип действия Сорбентов основан на каталитическом окислении двух и

трехвалентных соединений железа в присутствии растворенного кислорода, в результате химической реакции образуются гидроксид трехвалентного железа, который по своей природе является не растворимым химическим соединением, которое механически оседает в слоях фильтрующей загрузки. Через определенный объем воды эти примеси удаляются обратным потоком воды.

Сорбент МС – природный каталитический фильтровальный материал на основе алюмосиликата с примесями оксида марганца. Широко применяется для очистки питьевых и сточных вод, а также для финишной доочистки после станций биологической очистки. Материал эффективно поглощает такие загрязнения как железо, марганец. При таких загрязнениях материал используют в бытовой водоочистке в напорных баллонах с использованием аэрационного модуля.

На поверхности зерен материала МФО-47 оксиды марганца проявляют каталитическое действие на процесс окисления двухвалентных ионов железа и марганца растворенным в воде кислородом. В процессе фильтрации воды и введения воздуха, при необходимости нужно проводить мероприятия по повышению Ph до уровня 8,5, на фильтрующем материале МФО-47 образуется пленка гидроксида марганца четырехвалентного  $Mn(OH)_4$ . Ионы двухвалентного марганца, находящиеся в очищаемой воде, притягиваются поверхностью гидроксида марганца и гидролизуются, тем самым образуется оксид трехвалентного марганца  $Mn_2O_3$ . Такой оксид легко окисляется кислородом воздуха, с выделением воды опять до четырехвалентного гидроксида марганца.  $Mn(OH)_4$  снова участвует в процессе окисления в качестве катализатора. При чем как любой катализатор в этих процессах не расходуется, а только ускоряет процессы окисления двухвалентного железа и марганца.

Каталитический материал МЖФ – универсальный фильтр российского производства. Материал разработан с учетом особенностей химического состава водопроводной воды в разных регионах страны. Хорошо справляется с

обезжелезиванием, нормализацией основных показателей (цветности, мутности, кислотности). Фильтрующий материал МЖФ эффективно очищает воду от растворенного двухвалентного железа концентрацией до 50 мг/л и марганца концентрацией до 2 мг/л при значениях рН ниже 6,0 и низкой щелочности, при этом корректируя их. МЖФ применяется для обезжелезивания, деманганации воды и удаления сероводорода.

Таблица 6 – Сравнительный физико-химический анализ загрузок в фильтр

Характеристики/Показатели	МФО-47	Сорбент АС	Birm	МЖФ	Сорбент МС
Рекомендуемая скорость фильтрации, м/час	до 15	10-20	9-12	15	10-15
Скорость обратной промывки, м/час	20-25	18-20	25-29	12-15	28-30
Время обратной промывки, мин	20-30	10		15	
Высота слоя, см	50-150	40-100	75-90	70	40-100
Минимальный уровень Ph*	6,8	от 5,8	6,8-8,5	любая	
Грязеемкость фильтрующего материала, г/л	1,2-2	1		1,5-2	
Наличие хлора в обрабатываемой воде	допустимо		Менее 0,5	возможно	
Наличие сероводорода	допустимо		отсутствует	любое	
Наличие нефтепродуктов	возможно		отсутствует	возможно	
Истираемость, % в год	0,5	0,08			0,01
Измельчаемость, % в год	4	0,05			0,19
Насыпной вес, кг/м <sup>3</sup>	1250	470-490		1400	1350-1400
Плотность гранул, кг/м <sup>3</sup>	1,25	1350-1450	0,8	2500-2550	2850
Размер гранул	0,7-2		0,5-2		
Коэффициент неоднородности	1,4-1,6	1,2-1,4		1,7-2	1,4-1,6

После очищения фильтрующим материалом в фильтре-обезжелезивателе, очищаемая вода поступает в установку для умягчения воды с солевым баком, где при пропускании воды через слой смолы происходит ионный обмен: ионы Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> поглощаются смолой, а взамен выделяется такое же количество ионов Na<sup>+</sup>. Наступает момент, когда смола насыщается и ее нужно регенерировать.

Регенерация осуществляется обычной поваренной солью NaCl. В установке умягчения воды, таблетированная соль, которая не слеживается и не оседает в баке солерастворителя. При растворении в воде соль распадается на ион  $\text{Na}^+$  и ион  $\text{Cl}^-$ , а при пропускании солевого раствора (8-10%) происходит обратный процесс: смола выбрасывает ионы жесткости и поглощает ионы натрия. Ионы жесткости при этом выбрасываются в дренаж, и установка готова к следующему циклу умягчения воды. Эти процессы происходят на протяжении длительного времени. Регенерация солевым раствором начинается при прохождении определенного объема воды через фильтр умягчения [60]-[66].

Существуют различные ионообменные смолы для установки умягчения воды, а также многокомпонентные фильтрующие загрузки. Отличие заключается в том, что при стандартной схеме очистки каждая примесь удаляется в отдельном баллоне, но существует схема в одну стадию, в одном баллоне. Для того, чтобы осуществить очистку воды от нескольких примесей сразу в одном баллоне, нужно использовать специальные комплексные фильтрующие загрузки. В случае многостадийной схемы очистки воды из скважины от железа и марганца осуществляется в баллоне обезжелезивателе, а от солей жесткости – в баллоне умягчителе с солевым баком. Удаление органики происходит на специальном ионообменном фильтре – скавенджере (органопоглотителе), удаление ионов аммония возможно на фильтре с загрузкой клиноптилолит. Очистка воды от всех примесей в одном корпусе практически невозможна так как механизмы удаления разных примесей различны, так же, как и их рабочие характеристики и условия применения. А вот удаление только железа и жесткости в одном баллоне вполне практически исполнимая задача водоподготовки.

Наполнитель Promix b – это многокомпонентный фильтрующий материал для комплексной очистки воды от основных примесей, которые чаще всего встречаются в подземных скважинных водах. Promix эффективно удаляет из воды железо, марганец, снижает жесткость, органику и аммоний. Материал разработан

для специфики скаженных и колодезных вод Подмосковья и центрального федерального округа. Комплектация фильтра ничем не отличается о комплектации обычного умягчителя воды. Для регенерации – восстановления фильтрующих свойств – требуется выдержка материала Promix в 10 % растворе поваренной соли и последующей обратной и прямой промывкой. Скорость фильтрации 8-25 м/ч.



Рисунок 6 – Наполнитель Promix b

Экомикс А представляет собой однородную смесь из пяти ионообменных и сорбционных фильтрующих материалов. Обеспечивает одновременное умягчение воды, снижение содержания соединений железа, марганца, аммония в фильтрах бытовой и промышленной водоподготовки. После загрузки материала Экомикс необходимо провести принудительную обратную промывку, при этом материал распределяется в баллоне по слоям. Сверху будет располагаться

инертный материал для первичной фильтрации окисленного железа. Сорбент FerroSorb удаляет железо и марганец. Механизм удаления состоит из адсорбции на поверхности материала, создается активный слой и происходит механизм автокаталитического окисления. В результате снижается содержание всех форм железа: растворенного, окисленного, органического и коллоидного. Снижение содержания марганца происходит на активных центрах фильтрующего слоя FerroSorb.

Таблица 7 – Эффективность очистки воды на Экомикс А

Параметр	Макс. содержание в исходной воде	Содержание в очищенной воде
Жесткость, мг-экв/л	15	<0,5
Железо общее, мг/л	15	<0,2
Марганец, мг/л	3,0	<0,05
Перманганатная окисляемость, мгО <sub>2</sub> /л	не предназначена для удаления органики	–
Аммоний, мг/л	4	<0,5

«Экомикс С - состоит из пяти ионообменных и сорбционных компонентов предназначенных для эффективной очистки воды в дачном и коттеджном сегменте. Технология позволяет в одной стадии удалять железо и марганец, снижать органику и аммоний и одновременно умягчать воду. Позволяет одновременно удалить четыре формы железа в воде: неорганическое растворенное и нерастворенное, органическое и коллоидное. Эффективность работы не зависит от уровня рН. Допустимо небольшое наличие сероводорода или хлора» [67]-[76].

«Экомикс Р – многоцелевая комбинированная ионообменная загрузка, применяющаяся в качестве наполнителя засыпных станций фильтрации воды от растворённого и органического железа, марганца и солей карбонатной жесткости. Загрузка представляет собой комплекс из нескольких различных катиона-



обменных, аниона-обменных и сорбционных материалов (смол), фильтрующие свойства и особенности каждого из которых, позволяют фильтру обеспечить одновременное обезжелезивание, деманганацию и умягчение воды. При этом, количественное соотношение каждой смолы в наполнителе, объясняется её функциональной направленностью и способностью к поглощению того или иного загрязнения.

Преимущества такой загрузки состоит:

- Не требует высоких скоростей промывки, а отсюда, нет необходимости в сбросе больших объёмов воды;
- Позволяет осуществить комплексную очистку от растворённого и органического железа, а также, марганца и солей жесткости в корпусе одного фильтра;
- Смола работает без предварительной аэрации или добавления окислителей;
- Срок службы 5-8 лет» [80].

Основным недостатком многокомпонентных загрузок является большой расход соли на регенерацию смягчителя воды и меньший срок эксплуатации технологической схемы.

#### **1.4 Экономические показатели технологических схем водоочистки из подземных источников**

При проектировании водоподготовки необходимо учесть экономические затраты. В каждом случае стоимость фильтров индивидуальна и зависит от многих факторов такие, как физико-химический лабораторный анализ воды из подземных источников, требуемой производительности, а также выбор фильтрующих материалов, автоматизация системы и многие другие факторы. На

примере фильтрующих материалов приведенные ниже их экономические показатели фильтрующих материалов сводятся в таблицу 8.

Таблица 8 – Экономические показатели фильтрующих материалов

Наименование фильтрующего материала	Кол-во, л/кг	Стоимость, руб.
Promix b	25	7400
Экомикс А	25	9500
МЖФ	18/25	2400
Сорбент АС	25/14	1200
Сорбент МС	18,5/25	1450
МФО-47	25/31	2300

Выводы по 1 главе:

– На сегодняшний день абоненты Самарской области в селе Подстепки жилого комплекса «Звёздный» потребляют питьевую воду, не соответствующим нормативным качеством по ряду показателей: железо, марганец и общая жесткость.

– В связи с использованием воды из подземного источника для хозяйственно-питьевого водоснабжения основной проблемой считается, очистка (водоподготовка) от различных загрязнений в том числе марганца, железа и жесткости.

– Необходимо разработать технологическую схему очистки воды из скважины для устранения загрязнений и доведение воды до нормативных показателей.

## Глава 2 Оценка современного состояния технологической схемы очистки воды на ЖК «Звёздный» села Подстёпки

### 2.1 Краткая характеристика населенного пункта

Подстёпки – село в Ставропольском районе Самарской области города Тольятти. В котором насчитывается численность населения около 12 тысяч человек за 2019 год, из которых 2 тысячи проживают в ЖК «Звёздном». В данном населенном пункте разрешено любое строительство, а значит здесь можно увидеть 2-х или 3-х этажные частные дома, тан-хаусы, 1-но этажные коттеджи, а также дома на двух хозяев и просто многоквартирный жилой дом (рисунок 7). Общая площадь жилого фонда Подстепок составляет 100 024 м<sup>2</sup>.

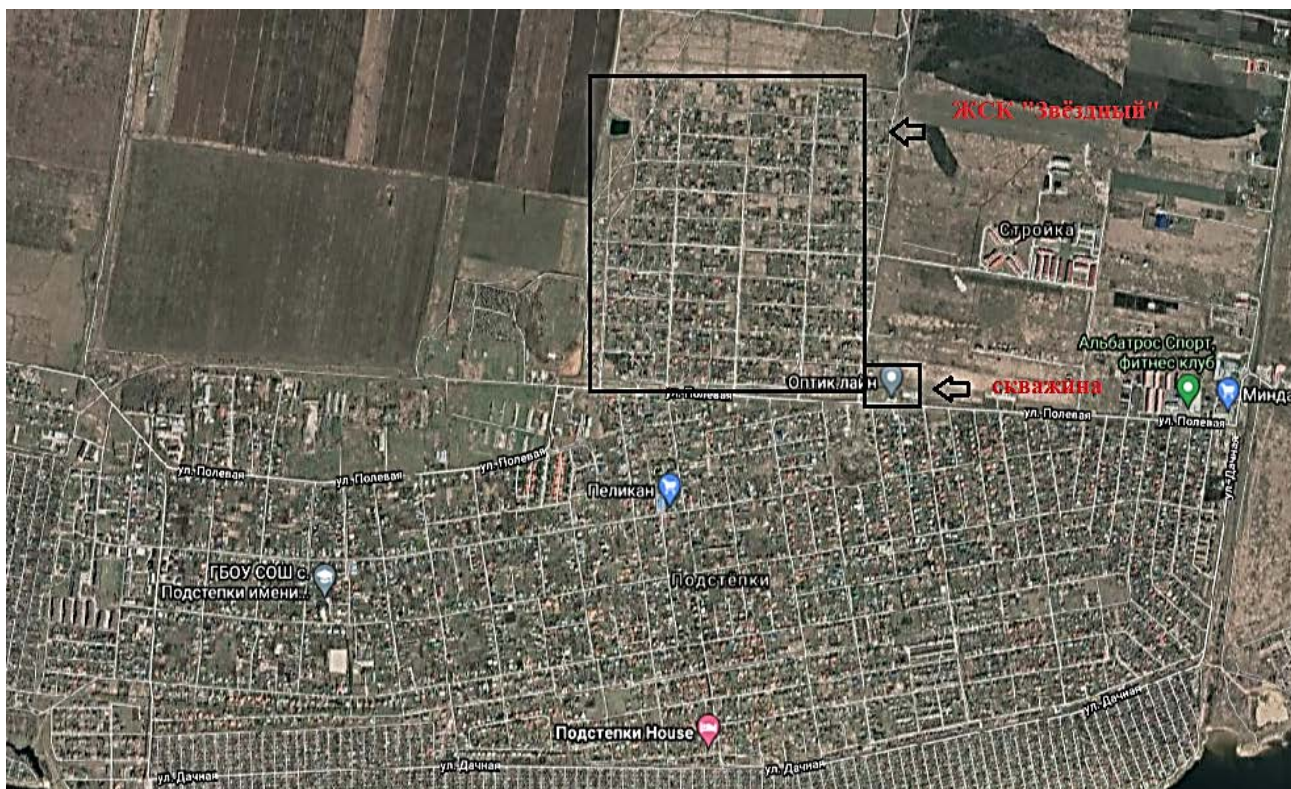


Рисунок 7 – Малый населенный пункт село Подстёпки

Водопотребление в данном населенном пункте на хозяйственно-питьевые нужды мало поддается управлению в течение не только года, но и суток. Оно зависит от численности населения, климатических и демографических условий, санитарно-технического оборудования зданий, сезона года и других факторов. Распределение расходов воды по часам суток производится на основании расчетных графиков водопотребления, которые могут быть получены путем изучения и анализа действительных графиков водопотребления населенного пункта. Водопроводная сеть и водоводы являются одними из основных элементов системы водоснабжения, они связаны непрерывно с режимом расходования воды и режимом работы иных сооружений (например, насосных станций или регулирующих емкостей). В данном массиве ЖК «Звёздный» отсутствует система водоподготовки воды из подземного источника. Поэтому потребители вынуждены покупать дорогостоящие оборудования для очистки воды и устанавливать непосредственно у себя дома [16], [36]-[40].

## **2.2 Система водоснабжения в ЖК «Звёздный»**

Системой водоснабжения в селе Подстепки являются скважины, которые запущены 40 лет назад и снабжают водой жилые дома. Основной проблематикой в этом селе является то, что вода не соответствует питьевому качеству, а также износ сетей составляет почти 70%, что тоже сказывается на состоянии воды.

Данный массив ЖК «Звёздный» снабжает пробуренная индивидуальная скважина, находящаяся неподалеку. Дебит которой составляет  $68 \text{ м}^3/\text{ч}$  и глубина 97 м. Место расположения скважины показано на рисунке 8. Суточное водопотребление на хозяйственно-питьевые нужды в массиве равно  $576 \text{ м}^3/\text{сут}$ , что составляет  $24 \text{ м}^3/\text{ч}$  согласно СП 30.13330.2020. «Внутренний водопровод и канализация зданий» [81].

Скважиной представляет собой горную круглую выработку, пробуренную с поверхности земли или с подземной выработки без доступа человека к забою под любым углом к горизонту, диаметр которой намного меньше её глубины [19].

Существующая система водоснабжения непосредственно подключена на прямую к распределительной водопроводной сети потребителей и состоит из водозаборной скважины и напорной системы (в том числе резервной), что обеспечивают бесперебойную подачу воды водопотребителям.



Рисунок 8 – Водозаборная скважина села Подстепки

Конструкция скважины (рисунок 9) состоит из обсадной колонны, фильтра, насоса, эксплуатационной колонны и отстойника. Обсадная колонна предназначена для изоляции стенок скважин от рабочего пространства ствола в процессе бурения и эксплуатации. Она обеспечивает герметичность и прочность при воздействиях от внешних и внутренних давлений.

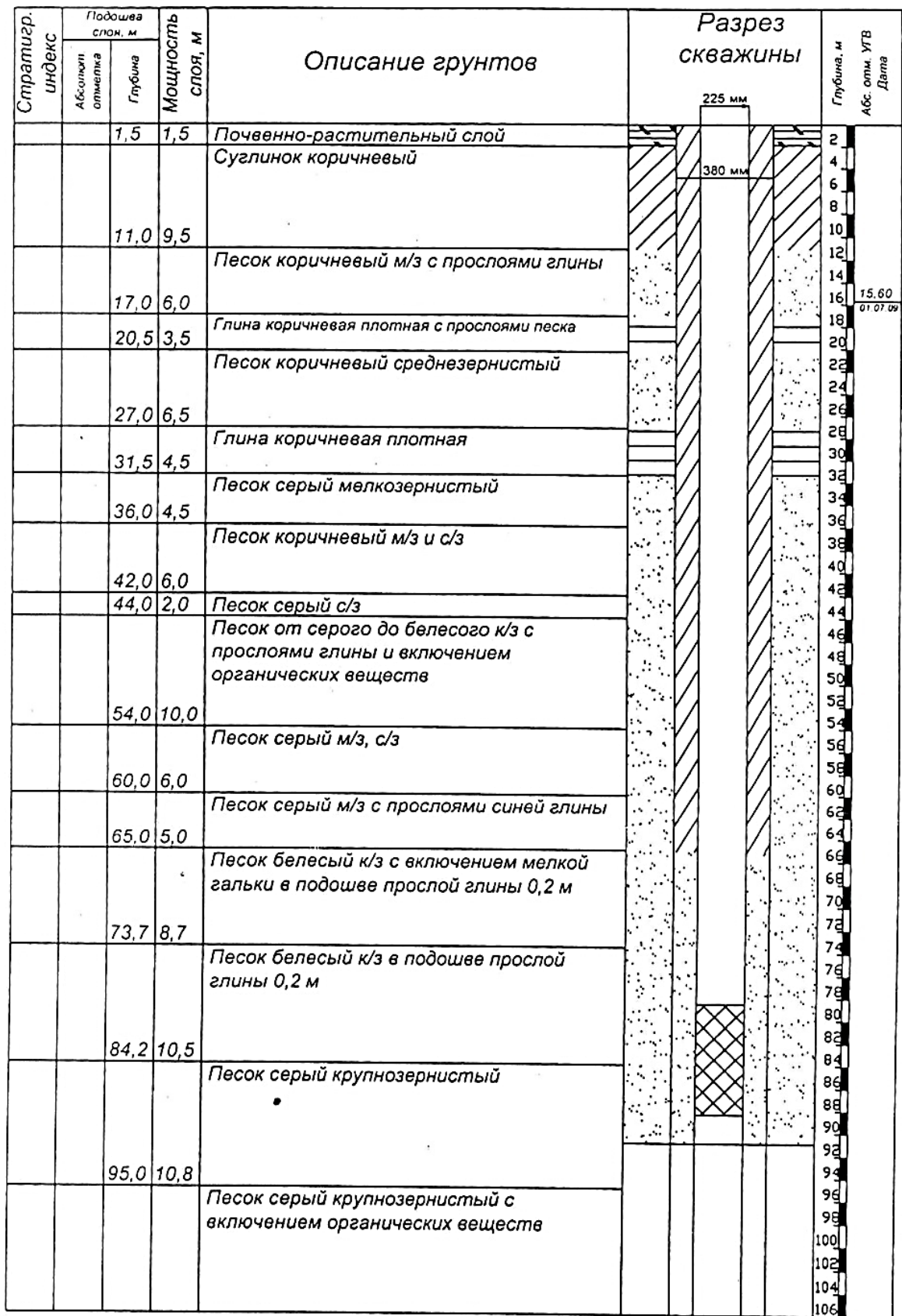


Рисунок 9 – Гидрогеологический разрез скважины

Назначение фильтра в конструкции скважины с обсыпкой из крупнозернистого песка, установленного на глубине от 65м до 90,65м, предназначен для удаление различных примесей (например, песок), так же функция фильтра защищать насос от частиц грунта, так как их попадание может быстро привести к выходу из строя насосное оборудование. Насос под давлением непосредственно качает воду и подает в водопроводную сеть до абонента.

В самой низкой части скважины находится отстойник. Он делается 2-3 м длиной и низ должен быть затампонирован, так как там будут оседать мелкие частицы грунта, которые фильтр неизбежно пропустит.

Из ходя из геологического разреза скважины при процессе бурения были пройдены толщины горных пород (таблица 9), через которые удалось добраться до водоносного горизонта.

Таблица 9 – Пройденные горные породы при бурении скважины

№ п/п	Интервал, м		Описание пород
	от	до	
1	0	1,5	Почвенно-растительный слой
2	1,5	11	Суглинок коричневый
3	11	17	Песок коричневый м/з с прослоями глины
4	17	20,5	Глина коричневая плотная с прослоями песка
5	20,5	27	Песок коричневый среднезернистый
6	27	31,5	Глина коричневая плотная
7	31,5	36	Песок серый мелкозернистый
8	36	42	Песок коричневый мелко-и среднезернистый
9	42	44	Песок серый среднезернистый
10	44	54	Песок от серого до белесого крупнозернистый с прослоями глины и включением органических веществ
11	54	60	Песок серый мелко и среднезернистый
12	60	65	Песок серый мелкозернистый с прослоями синей глины
13	65	73,7	Песок белесый крупнозернистый с включением мелкой гальки в подошве прослой глины 0,2м
14	73,7	84,2	Песок белесый крупнозернистый в подошве прослой глины 0,2м
15	84,2	95	Песок серый крупнозернистый
16	95	97	Песок серый крупнозернистый с включением органических веществ

В толще горных пород, в интервале от 27 м до 31,5 м, существует плотная коричневая глина, которая даёт почве низкую проницаемость и высокую водоудерживающую способность.

Для предотвращения попаданий различных загрязнений в источник водоснабжения (в нашем случае это индивидуальная скважина), устанавливают границы зоны санитарной охраны (ЗСО), которые должны соответствовать СанПиН 2.1.4.1110-02. «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения» [7].

Зоны санитарной охраны организуются в составе трёх поясов. Первый пояс относят к поясу строго режима, который защищает скважину от загрязнений. Он представляет собой окружность радиусом 30-50м, центр которой находится в точке расположения источника водоснабжения. Так же необходимо границу обнести ограждением. Индивидуальная скважина ЖК «Звёздный» ограждена бетонным забором, что соответствует СанПиН 2.1.4.1110-02. «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения» [7] первого пояса.

Второй пояс является поясом ограничений или зона микробного загрязнения, который определяется расчётным путем включает территорию, предназначенную для предупреждения загрязнения воды источников водоснабжения. Второй пояс учитывает время продвижения микробного загрязнения воды до водозабора. Основными параметрами, определяющими расстояние от границ второго пояса ЗСО до водозабора, является время продвижения микробного загрязнения с потоком подземных вод к водозабору (100-400 сут. в зависимости от климатического района) [34, 35].

К третьему поясу относят зону химического загрязнения, определяется расчётами исходя из условия, что если за её пределами в водоносный горизонт поступают стабильные химические загрязнения, то они окажутся вне области



питания водозабора или достигнут её не ранее истечения расчётного срока эксплуатации. Минимальный срок эксплуатации водозаборной скважины – 25 лет.

Следует отметить, что в зоне действий второго и третьего поясов ЗСО находится автомобильная дорога и жилые индивидуальные дома, а также вблизи первого пояса расположено офисное здание. Исходя из этого, можно сделать вывод, что при выпадении атмосферных осадков мелкие твердые тела органического или минерального происхождения (пыль, грязь и т.д.) просачиваются в почву и попадают в водоносные горизонты. На индивидуальных жилых участках существуют выгребные ямы, которые непосредственно оказывают плохое влияние на водоносные горизонты, тем самым загрязняя их. Для того, чтобы избежать различные загрязнения подземных источников водоснабжения существуют несколько мероприятий на территории ЗСО.

К мероприятию первого пояса относятся:

– «Водопроводные сооружения, расположенные в первом поясе зоны санитарной охраны, должны быть оборудованы с учетом предотвращения возможности загрязнения питьевой воды через оголовки и устья скважин, люки и переливные трубы резервуаров и устройства заливки насосов;

– Не допускается посадка высокоствольных деревьев, все виды строительства, не имеющие непосредственного отношения к эксплуатации, реконструкции и расширению водопроводных сооружений, в том числе прокладка трубопроводов различного назначения, размещение жилых и хозяйственно-бытовых зданий, проживание людей, применение ядохимикатов и удобрений» [7].

К мероприятию по второму и третьему поясам:

– «Выявление, тампонирование или восстановление всех старых, бездействующих, дефектных или неправильно эксплуатируемых скважин, представляющих опасность в части возможности загрязнения водоносных горизонтов.

– Бурение новых скважин и новое строительство, связанное с нарушением почвенного покрова, производится при обязательном согласовании с центром государственного санитарно-эпидемиологического надзора

– Запрещение размещения складов горюче-смазочных материалов, ядохимикатов и минеральных удобрений, накопителей промстоков, шламохранилищ и других объектов, обуславливающих опасность химического загрязнения подземных вод.

Не допускается:

– Применение удобрений и ядохимикатов;  
– Полей ассенизации, полей фильтрации, навозохранилищ, силосных траншей, животноводческих и птицеводческих предприятий и других объектов, обуславливающих опасность микробного загрязнения подземных вод» [7].

### **2.3 Оценка качества воды из подземного источника**

Известно, что в массиве ЖК «Звёздный» отсутствует система водоподготовки, вода поступает к потребителям напрямую и не соответствует нормативным требованиям. Исходя из этого у многих потребителей в индивидуальном жилом доме стоит дополнительное оборудование для приготовления и доведения воды до нормативных показателей (рисунок 10).

Система водоподготовки в индивидуальном жилом доме состоит из двух параллельных магистральных фильтров грубой очистки, которые холодную воду очищают от различных примесей, ила, песка, ржавчины и защищают бытовые приборы и сантехнику, а также в систему подключен фильтр умягчения и обезжелезивания. Вода проходит систему, состоящая из 6-ти степеней очистки фильтрами с обратным осмосом (рисунок 11).



Рисунок 10 – Доочистка воды в индивидуальном жилом доме



Рисунок 11 – Система обратного осмоса в индивидуальном жилом доме

Первая степень очищает воду от мелких примесей, фильтры тонкой очистки, вторая степень включает очищение воды от хлора, фенола и других хлороорганических соединений. В третьей степени вода проходит в угольный фильтр и вновь происходит очищение от механических примесей. В степени пять и шесть вода очищается от различных запахов и привкусов. В систему обратного осмоса входит накопительный бак, внутри которого есть резиновая мембрана. В нее поступает очищенная вода. Пространство между стенками бака и стенками резиновой мембраны служит для создания избыточного давления из воздушной прослойки. И как раз благодаря таким функциям появляется возможность пользоваться очищенной водой в момент, когда отключили воду в водопроводной сети. Накопительные баки для бытовых фильтров обычно вмещают в себя до 10- и литров очищенной воды. После длительного хранения любая вода в любой посуде имеет риск приобрести лишние запахи и привкусы. Для предотвращения нежелательных эффектов, абсолютно все системы обратного осмоса укомплектованы угольным пост фильтром [78].

Система обратного осмоса является эффективной, состоящая из фильтров для очистки воды, которые способны удалять из воды до 99% различных загрязнений и примесей.

При эксплуатации такой системы необходимо замена фильтров не реже чем 1 раз в 6 месяцев, но из-за того, что вода очень загрязненная, то потребителям приходится менять картриджи 1 раз в 2 месяца, а вот мембраны в такой системе меняются каждые 2-3 года. Эксплуатация такой системы значительно увеличивает затраты абонентов.

Но следует отметить, что пользование системой обратного осмоса может навредить здоровью человека так, как вода, прошедшая такую очистку, становится почти дистиллятом.

Поэтому в таком случае на последней ступени очистки системы обратного осмоса устанавливают минерализаторы воды (рисунок 12).



Рисунок 12 – Минерализатор воды в обратном осмосе

Они необходимы для: насыщения минералами и придания воде вкуса, приводит в норму кислотно-щелочной баланс (ph.- воды). Внутри минерализатора находится: Кальцит – это Минерал  $\text{CaCO}_3$  из группы карбонатов – одна из природных форм карбоната кальция и доломит-это Минерал из класса карбонатов химического состава  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ .

В процессе обслуживания блок минерализатора для обратного осмоса достаточно менять раз в году, но мы не рекомендуем менять его чаще чем раз в полгода. Вода, прошедшая все степени очистки, становится пригодной для питья в сыром виде.

Для решения данной проблемы в ЖК «Звёздный» и определения качества воды из индивидуальной скважины был проведен лабораторный анализ забранной подземной воды, что в дальнейшем показал некоторые превышенные показатели. В настоящее время вода, поступающая к абонентам, не удовлетворяет требованиям нормативных показателей СанПин 2.1.4.1074-01. «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» [6].

По результатам лабораторного анализа воды из подземного источника (таблица 10) замечено превышение по железу и марганцу, а вот другие показатели имеют повышенное значение, что вызывают опасность в то время, как остальные удовлетворяют требованиям (приложение А).

Таблица 10 – Результат анализа воды ЖК «Звёздный»

Определяемые показатели	Ед. изм	Результат Хср, при n=2	Характеристика погрешности, при вероятности P=0,95	Норматив СанПин 1.2.3685- 21	НД на методы испытаний
Общее железо	мг/дм <sup>3</sup>	2,54	0,41	0,3	ПНД Ф14.1:2 <sup>3</sup> /2-95
Марганец	мг/дм <sup>3</sup>	0,58	0,07	0,1	РД 52.24.467- 2008
Перманганатная окисляемость	мг/дм <sup>3</sup>	4,56	0,46	5	ПНД Ф14.1:2 <sup>3</sup> /154- 99
Жесткость общая	°Ж	9,4	1,4	7(10)	ГОСТ 31954- 2012

Избыток таких веществ существенно сказывается на здоровье человека. Содержание марганца выше 0,1 мг/л может привести к отравлению, а также нормальной работы нервной системы. Аллергические реакции, быстрая утомляемость, ухудшение памяти, ломкость костей также могут свидетельствовать о том, что содержание марганца в воде не соответствует установленным нормам.

Перманганатная окисляемость почти на уровне нормативного показателя, это говорит о том, что в воде присутствуют железо органические вещества, для удаления которых требуется введение сильного окислителя.

«Железо нередко становится причиной развития дерматитов, аллергических реакций, заболеваний печени и почек. Считается, что превышение ПДК железа в воде способствует увеличению риска инфарктов и повреждения тканей при инсультах. Присутствие кислорода железо проявляется канцерогенные свойства. Дело в том, что именно гидроокисные свободные

радикалы являются причиной мутации ДНК и последующего развития раковых клеток» [85].

Выводы по 2 главе:

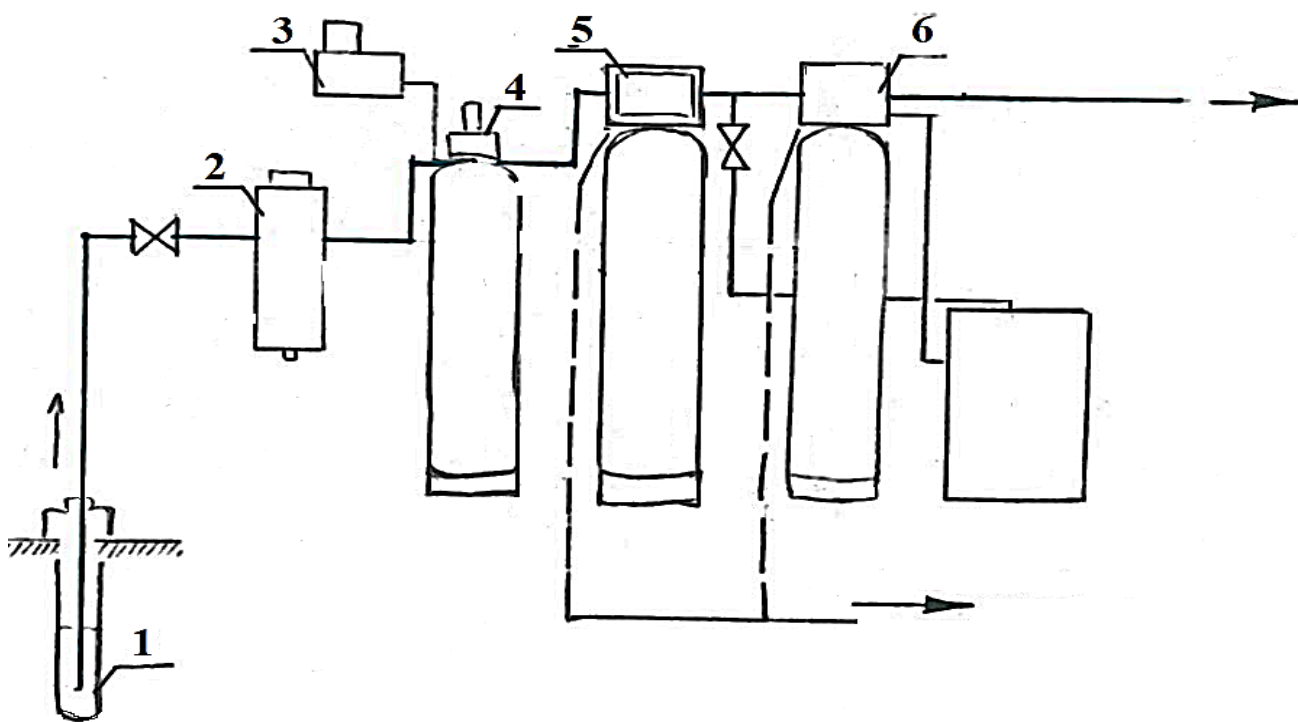
– Водозабор в ЖК «Звёздный» осуществляется из подземных скважин, которые не обеспечивают воду требуемого качества СанПин 2.1.4.1074-01. «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» [6].

– Проанализировав систему водоснабжения из подземного источника жилого комплекса «Звёздный» можно сделать вывод, что в системе не предусмотрена водоподготовка.

– Анализ способов водоподготовки показал, что на сегодняшний день наиболее частое применение используется обезжелезивание и умягчение воды с помощью ионного обмена.

### Глава 3 Разработка технологической схемы очистки воды из подземных источников для села Подстёпки ЖК «Звёздный»

Выбор состава технологической схемы определяется с учетом показателей лабораторного анализа забранной воды, требований к качеству хозяйственно-питьевой воды и технико-экономического обоснования. Производительность технологической схемы очистки воды из подземного источника определена с учетом водопотребления в массиве. Возможная схема представлена на рисунке 13.



1 – Индивидуальная скважина; 2 – Фильтр механической очистки; 3 – Компрессор;  
4 – Напорная аэрационная колонна; 5 – Фильтр-обезжелезиватель;  
6 – Фильтр-умягчитель с солевым баком

Рисунок 13 – Возможная схема очистки воды из подземного источника

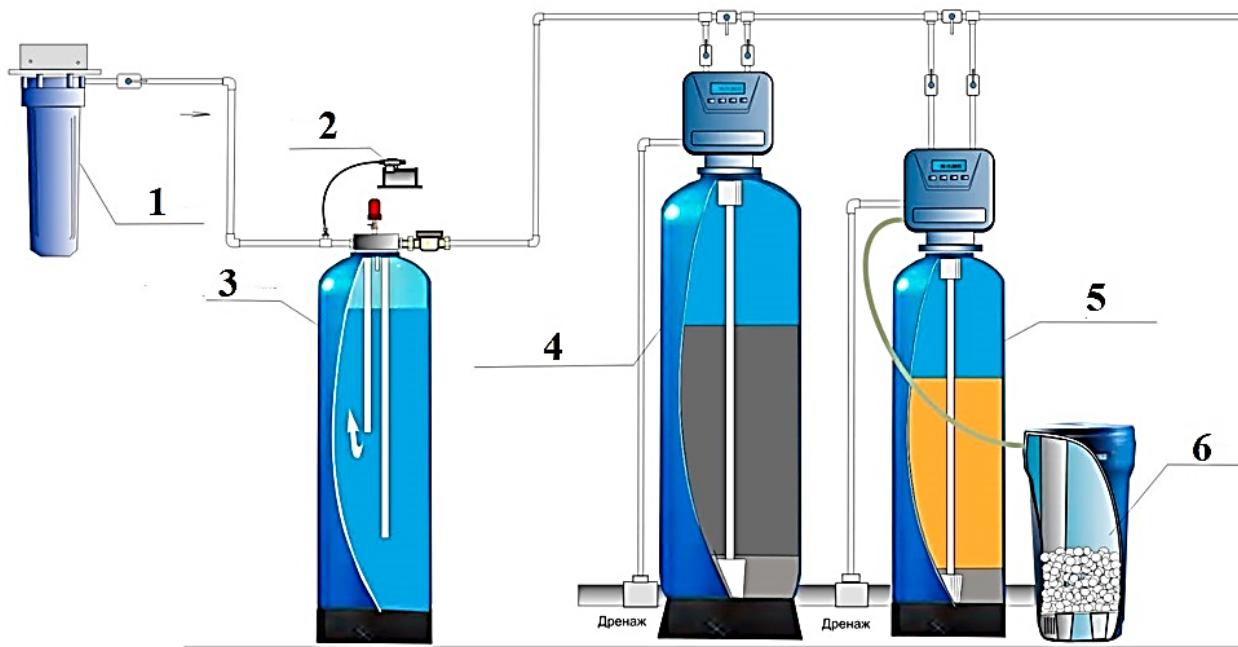
Исходная вода из подземного источника (1) заходит в систему водоподготовки и проходит 1-ступень очистки в фильтре механической (грубой) очистки (2), с помощью которого в воде улавливаются различные примеси, песок или твердые элементы в размере от 1 до 500мкм в зависимости от пористористи



мешка. Затем вода поступает во 2-ступень очистки с помощью компрессора (3) подается в напорную аэрационную колонну (4), где происходит окисление растворенного железа и марганца в виде взвешенного осадка. Далее в 3-ступени очистки вода очищается в фильтре-обезжелезивателе (5), с помощью которого удаляется взвешенный осадок железа и марганца, затем часть воды уходит на утилизацию, а очищенная вода проходит 4-ступень очистки в фильтре-умягчителе с солевым баком (6), где происходит обмен ионов кальция и магния, и минимизируется общая жесткость воды, на ионы натрия. При генерации фильтра-умягчителя очищенная вода идет к потребителю через водопроводную сеть, а часть воды уходит в утилизацию. Комплекс такой очистки предназначен для удаления высокого содержания железа (1,5-12 мг/л), марганца и взвешенных частиц [21]-[24].

Опираясь на исходные данные лабораторного анализа (таблица 10), предлагаемая установка будет иметь вид (рисунок 14) и включать в себя следующие ступени очистки:

- Фильтр механической (грубой) очистки – (1-я ступень);
- Напорная аэрационная колонна (окисление растворенного железа и марганца) – (2-я ступень);
- Фильтр-обезжелезиватель (удаление осадка содержащего железа и марганца) – (3-я ступень);
- Умягчение воды – (4-я ступень).
- Сервисное обслуживание технологической водоподготовки из подземного источника необходимо проводить не реже один раз в 3 месяца.



1 – Фильтр механической (грубой очистки); 2 – аэрационный компрессор; 3 – аэрационная колонна; 4 – фильтр-обезжелезиватель; 5 – фильтр-умягчитель; 6 – солевой бак

Рисунок 14 – Предлагаемая система очистки для ЖК «Звёздный»

### 3.1 Механическая (грубая) очистка (1-я ступень)

В качестве первой ступени очистки устанавливают промывные безреагентные фильтры механической (грубой) очистки для холодной воды, которые служат для удаления из воды твёрдых элементов, нерастворимых частиц, песка и других веществ. Для технологического процесса очистки воды в ЖК «Звёздный» был подобран фильтр мешочного типа Гейзер-8ЧН (рисунок 15).

Фильтр используется для очистки воды с высокой скоростью потока и с большим количеством механических загрязнений. Большой объем фильтрующего мешка позволяет накапливать значительное количество примесей.

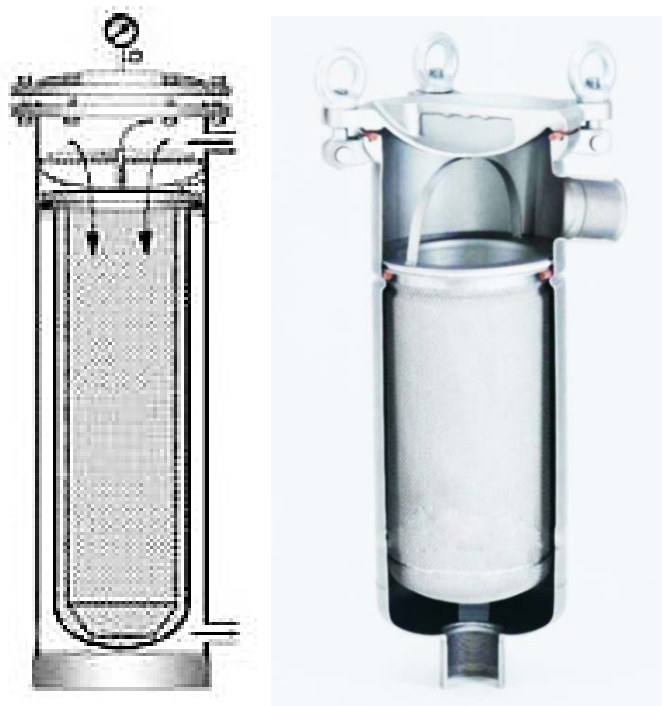


Рисунок 15 – Фильтр механической очистки мешочного типа

Такие фильтры устанавливают чаще всего на основную магистраль с большим количеством водопотребления.

Принцип работы мешочного фильтра заключается в том, что вода проходит через фильтрующий мешок (рисунок 16), при этом частицы веществ остаются на стенках мешка. Поверхность фильтрующего материала представляет собой сетку с порами различного диаметра. Технические характеристики данного фильтра представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Характеристики фильтра Гейзер-8ЧН

Наименование	Диапазон
Производительность с мешком 1 мкм, м <sup>3</sup> /час	2,0/2,5
Производительность с мешком 100 мкм, м <sup>3</sup> /час	8,6/12,0
Диаметр/расстояние между патрубками, мм	300
Высота, мм	620
Рабочее давление, атм	7
Размер удерживаемых частиц в зависимости от пористости картриджа, мкм	От 1 до 500



Рисунок 16 – Сменный мешок фильтра

Фильтрующие мешки изготавливаются из полипропилена (на холодную воду) и полиэстера (на холодную и горячую воду) и могут быть использованы многократно. Регенерация мешка производится путем стирки с мылом или порошком.

«Производятся следующие виды фильтрующих элементов: (цвет торцевого кольца определяет пористость): 1 мкм – желтый, 3 мкм – золотой, 5 мкм – оранжевый, 10 мкм – красный, 25 мкм- синий, 50 мкм- зеленый, 100 мкм- серебристый. Рабочая температура: от +4 до +135°» [88].

Как и в других мешочных фильтрах, возможно использовать фильтрующие сумки различной пористости, что позволяет всегда получать воду необходимого качества.

### **3.2 Окисление растворенного железа и марганца (2-я ступень)**

Во второй ступени очистки применяется безреагентный метод очистки с помощью напорной аэрационной колонны в связи с недостатком кислорода в

подземном источнике. Входящая вода, перед попаданием в аэрационную колонну (рисунок 17), предварительно смешивается с подаваемыми под давлением в трубопровод пузырьками воздуха.

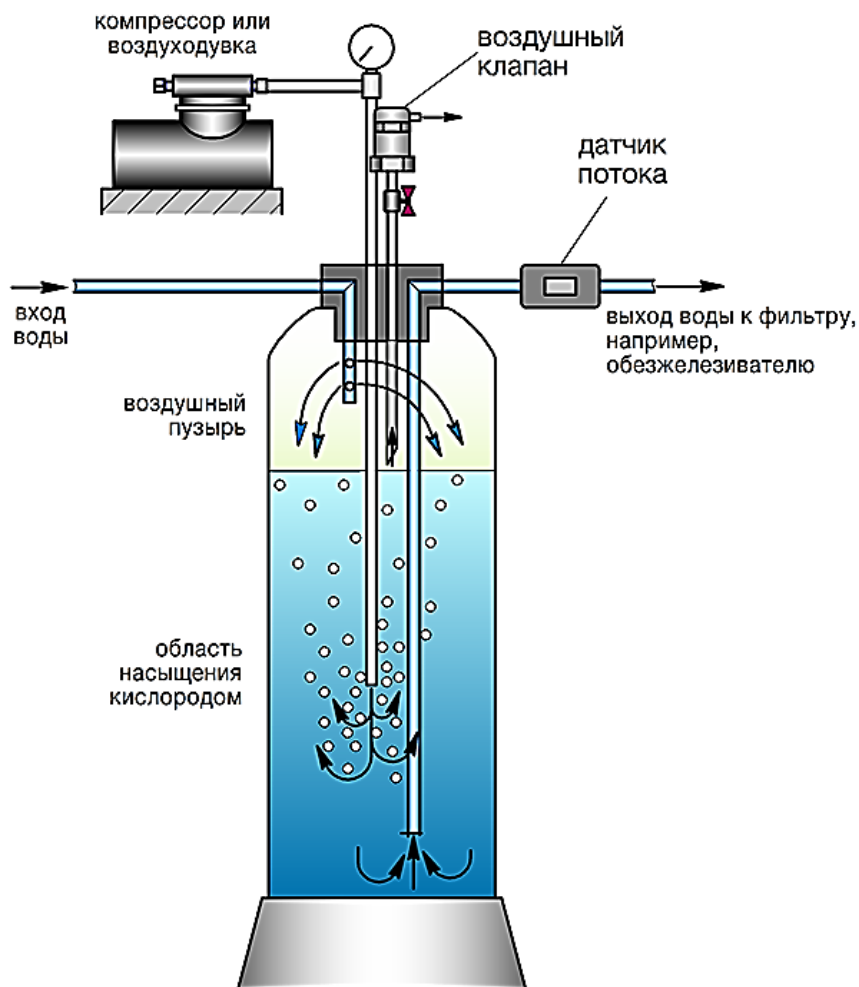


Рисунок 17 – Напорная аэрационная колонна

В результате смешения с кислородом, находящееся двухвалентное железо и марганец окисляется до нерастворимой трёхвалентной формы в виде взвешенного осадка. Далее образовавшейся впоследствии гидроксид железа (красно-коричневый осадок) и марганец приобретает необходимую форму для извлечения фильтром-обезжелезивателем (улавливателем).

«Система напорной аэрации 3672 AP2 представляет собой корпус (аэрационную колонну), где в горловине верхней части корпуса, на резьбовом

соединении, установлен водораспределительный оголовок ПВХ - 2,5 дюйма, сверху которого, в специальное отверстие, вкручен шаровой кран и воздуха-отделительный клапан (A.R.I или UNIRAIN), а снизу, закреплены три погружаемые внутрь корпуса аэрационной емкости трубки (коллекторы). Для подачи воздуха, на стене устанавливается воздушный компрессор AP2 и подходящая к трубе водопровода гибкая пластиковая трубка, а для контроля работы компрессора, конструкция системы напорной аэрации 3672 AP2 предусматривает импульсный расходомер МТКІ и реле управления РЭП-2-УК или СИ8» [80]. Технические характеристики напорной аэрационной колонны приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Характеристики напорной аэрационной колонны 3672 AP2

Характеристики	Значение
Давление, атм	До 6
Подача воздуха, л/час	400
Рабочая температура, С:	5-45
Режим подачи воздуха	По расходу
Производительность, м3/ч	14

«Во время прохождения воды через системы напорной аэрации 3672 AP 2, встроенный в трубу расходомер, начинает посылать сигналы на специальное реле, которое по получению данных сигналов, замыкает сеть и подает электропитание на воздушный компрессор. Далее компрессор, под давлением до 6 атм., начинает нагнетать в воду кислород, кислород смешивается с водой и, через средний коллектор оголовка аэрации, попадает в корпус аэрационной емкости. Именно там и происходит процесс взаимодействия воды с кислородом, когда отдуваемые примеси (сероводород, углекислый газ и т.д.) вместе с излишками воздуха удаляются воздуха-отделительным клапаном в дренажную систему, а окисленное

железо и марганец, через наиболее длинный коллектор оголовка, поступают на следующую ступень станции водоподготовки (зачастую на установку обезжелезивания воды), для завершающего до окисления и полного удаления. Когда расход воды отсутствует, воздушный компрессор системы напорной аэрации 3672 AP2 тоже не работает и воздух не нагнетается» [80].

Эксплуатационные характеристики напорной аэрационной колонны:

- Ph для удаления железа -- более 6,8;
- Содержание сероводорода – не более 0,5 мг/л;
- Щёлочность общая -- более  $1 + \text{Fe}^{2+}/28$  ммоль/л;
- ПМО – менее  $0,15 * \text{Fe}^{2+3}$  мгО/л;
- Аммонийные соли (по  $\text{NH}_4^-$ ) – менее 1 мг/л;
- Сульфиды (по  $\text{H}_2\text{S}$ ) – менее 0,2 мг/л.

### 3.3 Обезжелезивание и деманганация (3-я ступень)

В 3-й ступени очистки осуществляется метод обезжелезивание и деманганации воды с помощью фильтра-обезжелезивателя, в котором происходит удаление взвешенного осадка железа и марганца.

Для подбора оборудования данной ступени необходимо рассчитать количество фильтров исходя из исходных данных водопотребления ЖК «Звездный», что составляет 576 м<sup>3</sup>/сут (24 м<sup>3</sup>/ч).

Определяем площадь фильтрации, м<sup>2</sup>, фильтра-обезжелезивателя рассчитывается по формуле:

$$F_{\phi} = \frac{Q}{(T_{ст} v_n - n_{пр} q_{пр} - n_{пр} \tau_{пр} v_{пр})}, \quad (1)$$

где  $Q$  – полная производительность станции, м<sup>3</sup> /сут;

$T_{ст}$  – продолжительность работы станции в течение суток, ч;

$v_n$  – расчетная скорость фильтрования при нормальном режиме, м/ч,

$n_{пр}$  – число промывок одного фильтра в сутки при нормальном режиме эксплуатации;

$v_{пр}$  – скорость промывки, м/ч;

$\tau_{пр}$  – продолжительность промывки, ч,

$t_{пр.}$  – время простоя фильтра в связи с промывкой, ч, принимаемое: 0,33 – для фильтров, промываемых водой; 0,5 – для фильтров, промываемых водой и воздухом.

$$F_{\phi} = \frac{576}{(24*15 - 2*15*5 - 0,33*15*2)} = 2,87 \text{ м}^2$$

Количество фильтров, шт, определяется по формуле:

$$N_{\phi} = \frac{F_{\phi}}{F}, \quad (2)$$

где  $F$  – площадь фильтрации, м<sup>2</sup>. Принимаем диаметр фильтра 2 м.

$$N_{\phi} = \frac{2,87}{0,241} = 11,9 = 12 \text{ шт.}$$

Таким образом, по расчетным данным был подобран фильтр-обезжелезиватель воды марки MF 2162 CL (рисунок 18) диаметром 0,555м. В его комплект входит автоматический клапан управления Clack WS1 CI (США). Наличие водо-счетчика позволяет данному фильтру автоматически проводить регенерацию (промывку) фильтрующего материала.



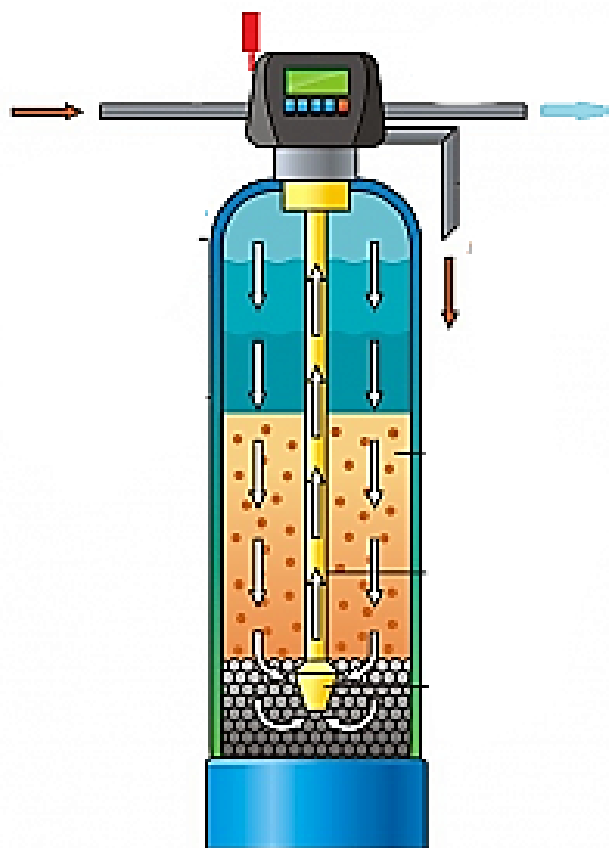


Рисунок 18 – Фильтр обезжелезиватель

В процессе регенерации фильтра обезжелезивателя воды осаждённое железо и другие примеси смываются напором воды через дренажный выход управляющего клапана в канализацию. Так же не рекомендуется использовать выходящую воду из фильтра в период регенерации.

Принцип работы заключается в том, что вода, проходя через фильтрующую загрузку, служащую катализатором реакции окисления, освобождается от растворенного в воде сероводорода, железа и марганца (переходят в нерастворимую форму и выпадают в осадок). Взвешенный осадок задерживается в слое фильтрующей загрузки и в дальнейшем вымывается в дренаж при обратной промывке. После истощения емкости фильтрующей загрузки ее необходимо восстановить проведением обратной промывки. Технические и эксплуатационные характеристики приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Технические и эксплуатационные характеристики фильтра-обезжелезивателя типа MF 2162 CL

Технические характеристики		Эксплуатационные характеристики	
Фильтрующий материал:	МЖФ (175 л)	Содержание нефтепродуктов	допустимо
Управляющий клапан:	Clack WS2 CI (фильтр)	Содержание полифосфатов	не нормируется
Регенерация, промывка:	по времени	Содержание активного хлора	допустимо
Расход воды на промывку, л:	1300 л	Окисляемость перманганатная	не нормируется
Продолжительность промывки, мин:	20 мин	Ph для удаления железа	5,5-9
Фильтрующий материал:	МЖФ (175 л)	Ph для удаления марганца	5,5-9
Управляющий клапан:	Clack WS2 CI (фильтр)	Ph для удаления сероводорода	не нормируется
Регенерация, промывка:	по времени	Макс. содержание железа	50 мг/л
Рабочее давление, атм:	3-5	Макс. содержание марганца	2 мг/л
Рабочая температура, С:	5-43	Предварительная аэрация	да
Потребляемая мощность, В:	9,5	Дозирование активного хлора	допускается
Рабочее напряжение, В:	220	Дозирование озона	допускается

Фильтр работает на каталитической загрузке отечественного производства – типа МЖФ (рисунок 19). Засыпка МЖФ — гранулированный материал для обезжелезивателей, очищает воду от железа, марганца, сероводорода; удаляет соли тяжелых металлов, гуматы и фульвовые кислоты. Равномерно по всей доломитовой грануле МЖФ закреплен высокодисперсный активный диоксид марганца ( $MnO_2$ ), катализатор для окисления растворенного железа двухвалентного и марганца окислителями: озоном, кислородом воздуха при аэрации, реагентами гипохлоритом натрия или перманганатом калия.



Рисунок 19 – Фильтрующая загрузка МЖФ

Применяемая загрузка способна извлекать двухвалентное железо и марганец практически при любом содержании в воде. В режиме фильтрации и высоты слоя загрузки, существует предел по концентрации двухвалентных железа и марганца в исходной воде, определяемый максимальной общей емкостью материала, обобщенно можно сказать, что количество железа и (или) марганца, которое задерживает на 1 литр фильтрующей загрузки, после чего нужна обратная промывка. Данный материал является ускорителем реакции взаимодействия кислорода с растворенным железом, марганцем и сероводородом. Благодаря чему, находящееся в воде растворенные железо и марганец окисляются до нерастворимых в воде оксидов и осаждаются в фильтрующем материале. Такая загрузка не требует дополнительных реагентов. Физико-химические свойства представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Физико-химические свойства каталитической загрузки МЖФ

Характеристики	
Цвет	Коричнево-бурый
Геометрическая форма гранул	Гранулы неправильной формы
Насыпной вес, кг/м <sup>3</sup>	1350 -1400
Коэффициент однородности	1,4 - 2,0
Размер частиц, мм	0,5 -1,5
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	2450 - 2550
Истираемость, в % в год	8
Минеральный состав	Доломит
Максимальное содержание Fe и Mn в исходной воде, мг/л	до 50
Наличие в воде масла, нефтепродуктов	Допустимо
Наличие в воде H <sub>2</sub> S	Допустимо
Необходимый окислитель	Любой
Рабочий диапазон pH	5,5 - 9,0

Таким образом, общая площадь фильтрации составит:

$$S_{\phi} = 0,241 * 15 = 3,61 \text{ м}^2.$$

Следует отметить, что обезжелезивание воды с помощью такого фильтра, происходит безреагентным способом, что делает систему наиболее экономичной. А фильтрующая загрузка (МЖФ) является пористым материалом, который имеет очень маленькую истираемость, что обеспечивает стабильную работу на протяжении длительного времени.

### 3.4 Умягчение воды (4-я ступень)

В 4-ой ступени очистки происходит реагентным методом умягчения воды с помощью фильтра-умягчителя с солевым баком.

При прохождении воды через слой фильтрующего материала происходит обмен ионов кальция и магния, обуславливающих общую жесткость воды, на ионы натрия, содержащиеся в фильтрующей среде. Таким образом, из воды забирается кальций и магний, а отдается натрий. При этом если жесткость исходной воды высокая (более 15 мг-экв/л), то умягченная вода на вкус становится солоноватой.

Умягчитель воды типа WS 3672 размер колонны KR (рисунок 20) предназначен для очистки воды от солей карбонатной жесткости, то есть удаления ионов кальция и магния. Такой фильтр имеет автоматический клапан управления Runxin, который осуществляет промывку по расходу количества воды.

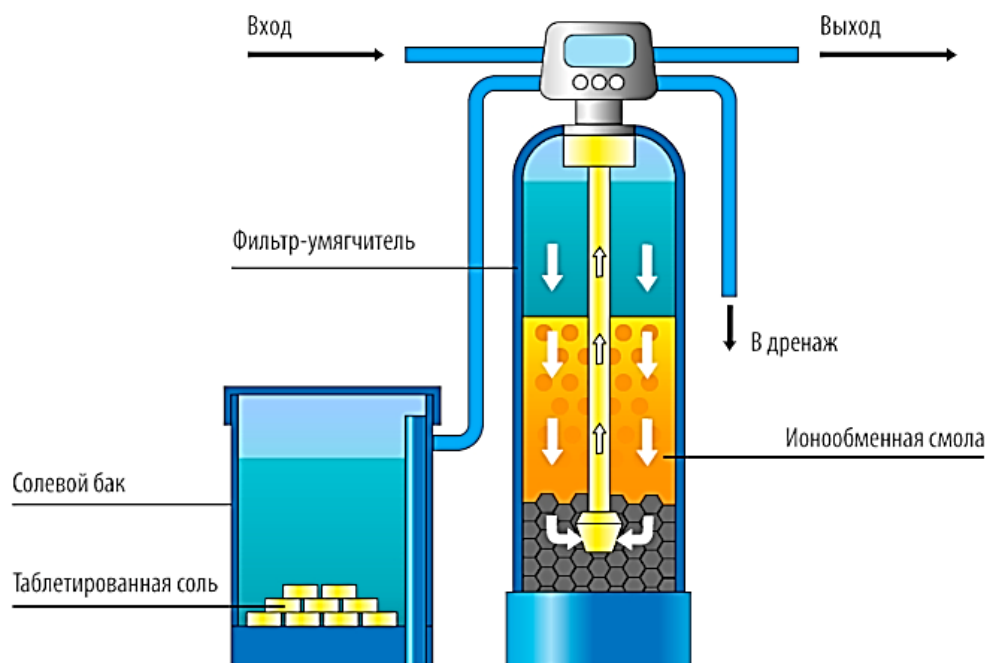


Рисунок 20 – Умягчитель воды с солевым баком

В основном такие фильтры применяют в комплексных системах водоподготовки для умягчения воды например: из скважины, колодца,

поверхностных водоёмов и других источников водопотребления. Технические и эксплуатационные свойства фильтра представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Технические и эксплуатационные характеристики фильтра умягчителя типа WS

Технические характеристики		Эксплуатационные характеристики	
Производительность, м <sup>3</sup> /час:	14	Содержание нефтепродуктов:	отсутствие
Фильтрующий материал:	Lewatit S 1567 / Dowex HCR / Canature NA (85 л.)	Содержание полифосфатов:	отсутствие
Управляющий клапан:	Runxin TM.F63P3 (реагентн.)	Содержание активного хлора:	не более 0,5 мг/л
Регенерация, промывка:	по расходу	Окисляемость перманганатная:	не более 5
Расход реагента на промывку, г:	9000	Рекомендуемый Ph для умягчения:	6,5-10
Расход воды на промывку, л:	500	Допустимый Ph для умягчения:	0-14
–	–	Мутность:	не более 8 мг/л
–	–	Макс. содержание железа:	0,3 мг/л
–	–	Макс. содержание марганца:	0,1 мг/л
–	–	Сухой остаток:	не более 1000 мг/л

Фильтрующая загрузка Lewatit S 1567 состоит из ионообменной смолы, действием которой «притягивает» из воды ионы кальция и магния и задерживает их. Удаление жесткости воды, в таком умягчителе достигается с помощью ионного обмена.

Иона-обменная смола Lewatit S1567 представляет собой многодисперсную пищевую катионообменную смолу (рисунок 21), применяющуюся в качестве фильтрующей загрузки для умягчения воды.



Рисунок 21 – Фильтрующая загрузка Lewatit S 1567

При прохождении воды через слой иона-обменной смолы Lewatit S 1567, ионы кальция и магния, вытесняя ионы натрия, извлекаются и осаждаются в гранулах фильтра-материала. Ионы натрия, насыщая воду незначительно повышают минерализацию. В отличии от фильтров магнитного или электромагнитного воздействия, где происходит только временное преобразование примесей солей карбонатной жесткости, катиона-обменные смолы обеспечивают их надёжное и полное удаление. Технические характеристики смолы представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Технические характеристики иона-обменной смолы Lewatit S 1567

Наименование характеристик	Диапазон
2	3
«Цвет загрузки	тёмно-коричневый
Размер гранул, мм	0,55-0,65
Насыпная масса, г/см <sup>3</sup>	840
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,28
Коэффициент однородности	1,1
Истираемость в год, %	-
Минимальная высота слоя, см	80
Высота свободного слоя, %	-
Регенерирующий материал:	соль (NaCl)
Расход реагента на регенерацию, г/л	70-120
Мак. скорость потока при фильтрации, м/с	60
Мин. скорость потока при регенерации, м/с	5
Мин. скорость потока при обратной промывке, м/с	10-12
Расширение слоя при промывке, %	20
Рабочая температура, С	до 120» [80].

При условии соблюдения требований по эксплуатации средний период работы смолы Lewatit S 1567 будет составлять 4 года. Таким образом, очищенная вода поступает потребителям и соответствует СанПин 2.1.4.1074-01. «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» [6].

Для смягчения воды в фильтре-умягчителе используют таблетированную соль Универсал СМ (рисунок 22). Принципом действия является химический ионообмен с фильтрующими загрузками (смолами), которые способствуют смягчению воды. Согласно нормативным требованиям, соль имеет следующий состав:

- Хлорид натрия – 99,7%;
- Ионы кальция – 0,01 %;
- Ионы магния – 0,02%;
- Нерастворенные частицы – не более 0,03%.

Таблетки закладывают в солевые баки, где происходит постепенное растворение и обеспечение постоянной концентрации растворов для фильтра. С помощью такой соли минимальный риск появления осадка или накипи, благодаря составу, а также соль удобно транспортировать, хранить и использовать по назначению.



Рисунок 23 – Таблетированная соль для фильтра-умягчителя



Таблетированную соль при очистки из скважин рекомендовано заменять до 2-3 раз в год, при условии качества воды.

Подводя итоги, предлагаемая технологическая схема очистки воды от химических соединений железа, марганца и общей жесткости будет комплектована оборудованием в количестве, представленном таблице 17.

Таблица 17 – Комплекс водоподготовки в ЖК «Звёздный»

Технологический процесс	Наименование оборудования	Кол-во оборудования, шт.
1-Ступень (фильтр механической (грубой очистки))	Гейзер-8ЧН	2
2-Ступень (Напорная аэрационная колонна)	Система напорной аэрации 3672 AP2	2
3-Ступень (Фильтр-обезжелезиватель)	Фильтр-обезжелезиватель MF 2162 CL	12
4-Ступень (Умягчитель с солевым баком)	WS 3672 KR	2

### 3.5 Утилизация воды после регенерации фильтра

Однако при решении установки водоподготовки иногда возникает проблема сброса промывной воды в канализацию. Для данной проблемы, решением было принято, что вода после регенерации фильтров поступает в резервуар, где скапливается на дне осадок. Затем после предварительного отстаивания для утилизации этого осадка, вода проходит сквозь мешковой обезвоживатель (рисунок 23), с помощью которого происходит обезвоживание и выход осадка в мешок. Технические характеристики обезвоживателя представлены в таблице 18. По мере заполнения шламом мешок снимается и вывозится на утилизацию.

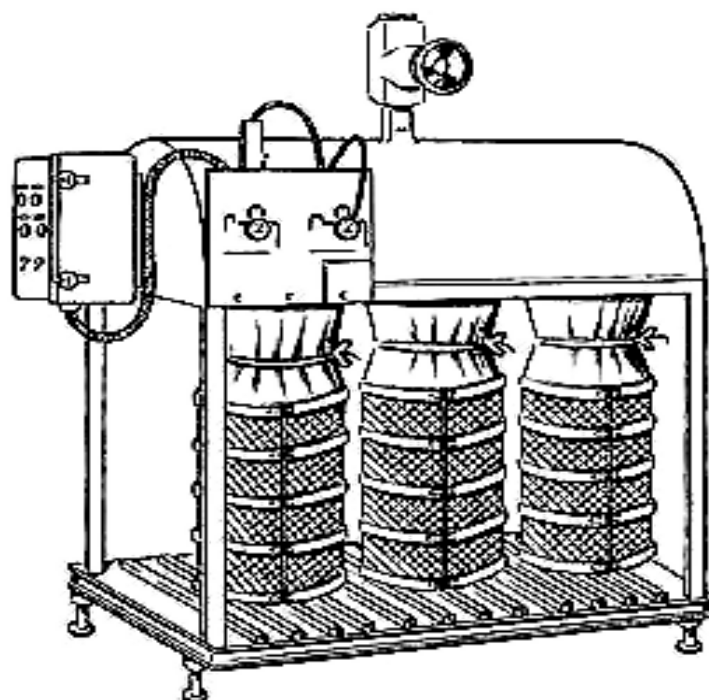


Рисунок 23 – Мешковой обезвоживатель осадка

Согласно требованиям, СП 32.13330.2018. «Канализация. Наружные сети и сооружения» [82] утилизации осадка должна производиться без нанесения ущерба окружающей среде, для этого необходимо обезвоживание осадка очистных сооружений. Существует ряд различного оборудования. Наиболее из лучших показателей позволяет добиться мешковый обезвоживатель.

Мешковые обезвоживатели предназначены для обезвоживания избыточного ила и осадков сооружений очистки хозяйственно-бытовых сточных вод, ливневых, производственных сточных вод; станций водоподготовки и обезжелезивания воды. Такая установка (мешковый обезвоживатель) имеет ряд преимуществ таких как:

- Простота в монтаже;
- Удобство в обслуживании
- Длительный срок эксплуатации;

– Возможность использования установки на существующих системах очистки.

Таблица 18 – Технические характеристики мешкового обезвоживателя (рисунок 23)

Наименование модели	Объем обезвоживаемого ила м <sup>3</sup> /сут	Кол-во мешков,шт
МО-6	7-9	6



Рисунок 23 – Общий вид мешкового обезвоживателя

Выводы по 3 главе:

– Согласно существующей системы водоснабжения ЖК «Звёздный» можно сделать вывод, что качество воды у потребителей, не соответствует нормативным требованиям по химическим соединениям: железо, марганец и жесткость.

– Разработана технологическая схема очистки воды и доведение до нормативных показателей, которая включает в себя 4-ступени. К 1-ой ступени относится фильтр (механической) грубой очистки мешочного типа, на 2-ой ступени стоит напорная аэрационная колонна. В 3-й ступени подобран фильтр-обезжелезиватель с фильтрующей загрузкой МЖФ. На 4-ой завершающей ступени очистки подобран фильтр-умягчитель с солевым баком на ионно-обменной смоле Lewatit S 1567.

– Проблема утилизации воды после регенерации фильтров частично решена с помощью накопительного бака и мешкового обезвоживателя осадка.

## Заключение

1. На сегодняшний день на территории Самарской области села Подстёпки население употребляют питьевую воду, не пригодную для хозяйственно-питьевых нужд по ряду химических соединений: железа, марганца, а также общей жесткости.

2. Водозабор осуществляется из индивидуальных скважин, расположенной рядом с жилым комплексом. Проанализировав существующую систему водоснабжения из подземного источника в ЖК «Звёздный», было выявлено, что в существующей схеме водоснабжения не предусмотрена система водоочистки.

3. Анализ данной проблемы в системе водоподготовки в селе Подстёпки ЖК «Звёздный» показал, что исходная вода не соответствует нормативным показателям СанПиН 2.1.4.1074-01. «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» [6]. по ряду показателей: железо, марганец и общая жесткость.

4. На основании лабораторного анализа забранной воды из подземного источника, была разработана технологическая схема очистки воды от соединений железа, марганца и жесткости. Схема включает в себя 4-ступени очистки. К первой ступени подключен фильтр механической грубой очистки, затем вода поступает вторую ступень напорной аэрационной колонны, в качестве третьей ступени стоит фильтр-обезжелезиватель и на последней четвертой ступени очистки в систему подключен фильтр-умягчитель с солевым баком. Таким образом предлагаемая схема очистки для ЖК «Звёздный» позволит очистить воду от различных химических соединений и тем самым приведет воду к нормативным показателям.

5. Согласно СП 32.13330.2018 утилизация воды после регенерации фильтра-обезжелезивателя и умягчителя с солевым баком частично решена с помощью мешкового обезвоживателя осадка.

## Список используемых источников

1. Водный кодекс Российской Федерации" от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 08.12.2020) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2021).
2. ГН 2.1.5.1315-03 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
3. ГОСТ 2761-84. Источники централизованного хозяйственно -питьевого водоснабжения. Правила выбора и оценки качества. -М.: Издательство стандартов, 1985. -7 с.
4. ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством. -М.: Издательство стандартов, 1982. - 7 с
5. ГОСТ 30813-2002. Вода и водоподготовка. - М.: Издательство стандартов, 2002. -22 с.
2. 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. - 48 с.
3. СанПиН 2.1.4.1110-02. «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения»
4. ТКП 45-4.01-31 Строительные нормы проектирования. Сооружения водоподготовки.
5. Федеральный закон "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ (последняя редакция)
6. Федеральный закон от 07.12.2011 г. №416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении» Федеральный закон от 07.12.2011 г. №417-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона «О водоснабжении и водоотведении».

7. 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.
8. Банников В.В. и др. Обеззараживание питьевой воды, приготовление дезинфицирующих растворов, обезвреживание сточных вод. - М.: НПП Санер, 1996. - 31 с.
9. Вихрев В.Ф. и Шкроб М.С. Водоподготовка. Учебник для вузов. Под ред. М.С. Шкроба. Изд.2-е. Перераб и доп. М. «Энергия», 1973
10. Водоочистка. Средства и методы. М.: ИПК «Издательство стандартов».
11. Водоподготовка: Справочник. / Под ред. д.т.н., действительного члена академии промышленной экологии С.Е.Беликова. М.: Аква-Терм, 2007.-240с.
12. Водоснабжение. Техничко-экономические расчеты. / Под ред. Г.М. Басса. – Киев.: Издательское объединение «Высшая школа», 1977. – 152 с.
13. Всеволожский В.А. В 84 Основы гидрогеологии: Учебник. — 2-е изд., перераб, и доп. — М.: Изд-во МГУ, 2007. — 448 с, илл. — (Классический университетский учебник). ISB N 978-5-211-05403-5.
14. Двинских С. А Факторы формирования и элементы химического состава поверхностных вод [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ С. А. Двинских; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. – Пермь, 2020. – 1,42 Мб; 77 с. – Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/dvinskix-factory-formirovaniya-ielementy-xim-sostava-poverxnostnyx-vod.pdf>. – Заглавие с экрана.
15. Дмитриев А.Ю. Основы технологии бурения скважин: учебное пособие. - Томск: Изд-во ТПУ, 2008.- 216 с.
16. Долина Л.Ф. Новые методы и оборудование для обеззараживания сточных вод и природных вод. – Днепропетровск: Континент, 2003.-218 с: ил. 42.

17. Дытнерский Ю.И. Обратный осмос и ультрафильтрация. М.: Химия, 1978. – 351 с.
18. Золотова Е.Ф., Асс Г.Ю. Очистка воды от железа, марганца, фтора и сероводорода М., Стройиздат, 1975, 176с.
19. Ионообменные методы очистки веществ. Под ред. Г.А. Чикина, О.Н. Мягкого. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1984. – 372 с.
20. Карелин В.А. С00К22 Водоподготовка. Физико-химические основы процессов обработки воды: учебное пособие / В.А. Карелин; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 97 с.
21. Карюхина Т.А., Чурбанова И.Н. Контроль качества воды. - М.: Стройиздат, 1977.- 135 с.
22. Кастальский А.К., Минц Д.М. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения. М.: Высшая школа, 2002. – С. 37.
23. Киреев М.М. Лушкин И.А. Проблемы водоснабжения малых населенных пунктов из подземных источников в самарской области 2016год
24. Киреев М.М. О направлениях решения проблем водоснабжения малых населенных пунктов самарской области. 2017Год.
25. Кожин В.Ф. Очистка питьевой и технической воды. Примеры и расчеты: Учеб. Пособие для вузов- 4-е изд., репринтное- М.: ООО «БАСТЕТ»,2008.-304с.: ил.
26. Комарчев, М. Г. «Безреагентный способ удаления железа из воды» [Текст] / Б. М. Нестеренко, Г. И. Николадзе // Водоснабжение и санитарная техника. - 1987. - № 8. - С. 25-27.
27. Крайнов С.Р., Соломин Г.А., Закутин В.П. Железо в подземных водах хозяйственно - питьевого назначения. Обзор ВИЭМС. Сер. Гидрогеология и инженерная геология. М., ВИЭМС, 1987.



28. Кулаков В. В., Сошников Е. В., Чайковский Г. П., Обезжелезивание и деманганация подземных вод: Учебное пособие — Хабаровск: ДВГУПС, 1998.- 100 с.
29. Кульский Л.А. Обезвреживание и очистка воды хлором. - М.-Л.: Изд. Министерства коммунального хозяйства, 1947. - 424 с.
30. Курганов, А.М., Вуглинская, Е.Э. Водозаборы подземных вод: учеб. Пособие для студентов специальности 270112- водоснабжение и водоотведение всех форм обучения/ А.М. курганов., Е.Э. вуглинская; СпбГАСУ.-Спб.,2009.-80с.
31. Л.П. Сидорова, А.Ф. Низамова “Подземные воды-важнейший регулятор пресной воды».
32. Лонсдейл Х.К. Технологические процессы с применением мембран. С англ. М.: Мир, 1976. – 370 с.
33. Лунёв В.Д., Емельянов Ю.А. Фильтрация в химической промышленности. Л.: Химия, 1982. – 72 с.
34. Люблинский Е.Я. Что нужно знать о коррозии. Л.: Лениздат, 1980. – 192 с.
35. Матюшенко А.И. Красавин Г.В. Водоснабжение малых населенных пунктов северных районов Красноярского края. 2018г. Том 8.
36. Махмудова И. М..Особенности систем водоснабжения малых посёлков и городов //Universum: Технические науки: электрон. Научн. журн.2020. №3972).
37. Мониторинг подземных вод. Загрязнение подземных вод. [Электронный ресурс] // Государственный центр мониторинга состояния недр: [сайт]. URL: [http://geomonitoring.ru/mpv\\_pollution.html](http://geomonitoring.ru/mpv_pollution.html) (дата обращения: 15.11.2012).
38. Научно-технический центр ДАЛЬГЕОЦЕНТР ВСЕГИНГЕО (к.х.н. М.А. Антипов, к.г.-мн. В.Д. Гродзенский); НИИ ВОДГЕО (д.т.н. Г.М. Коммунар, к.т.н. Е.В. Середкина).

39. Николадзе Г.И., Сомов М.А. Водоснабжение: Учеб. Для вузов. - М.: Стройиздат, 1995. 688 с.: ил.
40. Николадзе, Г. И. «Обезжелезивание природных и оборотных вод» [Текст] / Г. И. Николадзе. - М.: Стройиздат, 1980. - 160 с.
41. Новжов В.К., Кашинцев В.К., Правдив Е.П. Очистка воды от соединений двухвалентного железа // Химия и технология воды, 1980. Т.2., №3.- 56-60.
42. Новиков В.К., Михайлова Э.М. Методы очистки природных вод от соединений марганца, железа и других загрязняющих веществ: Обзор. - М., 1990, вып. 1(79). 395 (Обзор, информ. / АКХим. К. Д. Памфилова).
43. О - Обеззараживание питьевой воды: Метод. реком. / Н.Е. Журавлевич. – Минск: БГМУ, 2016 г. – 35 с.
44. Омелянец Н.И. Гигиена применения ионообменных смол в водоснабжении. Киев: Здоровья, 1979. – 104 с.
45. Паспорт эксплуатационной скважины водоснабжения села Подстепки, 2009 г.
46. Плотников Н.А., Алексеев В.С. Проектирование и эксплуатация водозаборов подземных вод. М., Стройиздат, 1990.
47. Посохов Е.В. Формирование химического состава подземных вод
48. Расчет зон санитарной охраны разведочно-эксплуатационной скважины для хозяйственно-питьевого водоснабжения, 2008 г.
49. Руководство по гигиене питьевой воды и питьевого водоснабжения: учеб. / под. ред. В.Т. Мазаева, А.П. Ильницкого, Т.Г. Шлепнина. – М.: ООО «Медицинское информационное агенство», 2008. С. 320.
50. Руководство по контролю качества питьевой воды - 2-е издание, том 1, рекомендации, Женева, Всемирная организация здравоохранения, 1994.-257 с.
51. Руководство по химическому и технологическому анализу воды. - М.: Стройиздат, 1973.-272С.

52. Системы питьевого водоснабжения с водозаборными скважинами / А.Д. Гуринович – Мн.: «ТЕХНОПРИНТ», — 305 с. – ISBN 985-464-021-3.
53. Солодольников В.В. Расчет и математическое моделирование процессов водоподготовки. М.: Энергоатомиздат, 2003.
54. Справочник по бурению скважин на воду/Д. Н. Башкатов, С. С. Сулакшин, С. Л. Драхлис, Г. П. Квашнин, Под ред. проф. Д. Н. Башкатова. М., Недра, 1979. 560 с.
55. Справочник по эксплуатации систем водоснабжения, канализации газоснабжения /Под ред. С.М. Шифрина. – Л.: Стройиздат, 1976. – 385 с
56. Тебенихин Е.Ф. Безреагентные методы обработки воды в энергоустановках. М.: Энергия, 1977. – 184 с.
57. Технический справочник по обработке воды: в2т. Т.1: пер. сфр. - СПб.: Новый журнал, 2007г. Т.2.
58. Технический справочник по обработке воды: в2т. Т.1: пер. сфр. - СПб.: Новый журнал, 2007г.
59. ФейзиевГ.К. Высоко эффективные методы умягчения, опреснения и обессоливания.-М.: Энергоатомиздат,1988.-124с.
60. Фоминых А.М., Фоминых В.А. Современная технология подготовки питьевой воды: Учеб. пособие, Новосибирск, 1993. – 97 с.
61. Фоминых, А. М. К вопросу о теории обезжелезивания воды фильтрованием / А. М. Фоминых, В. А. Фоминых // Водоснабжение и санитарная техника. - 1999. - № 1. - с. 10-12.
62. Фрог Б. Н., Левченко А. П. Водоподготовка: Учебн. пособие для вузов. М. Издательство МГУ, 1996 г. 680 с; 178 ил.
63. Электронный ресурс: [https://alfa-filter.ru/ochistka\\_vody\\_iz\\_skvazhiny](https://alfa-filter.ru/ochistka_vody_iz_skvazhiny)
64. Электронный ресурс: <https://wwtec.ru/index.php?id=241>
65. Drinking water quality in the United States Качество питьевой воды в США - [https://ru.abcdef.wiki/wiki/Drinking\\_water\\_quality\\_in\\_the\\_United\\_States](https://ru.abcdef.wiki/wiki/Drinking_water_quality_in_the_United_States)

66. Электронный ресурс: [https://www.lenntech.com/small-community-water-supplies.htm#3.\\_Water\\_quality\\_and\\_quantity\\_](https://www.lenntech.com/small-community-water-supplies.htm#3._Water_quality_and_quantity_)

67. Small-scale water supplies in the pan-European region

68. Smet, Jo; van Wijk, Christine (eds.) (2002). Small Community Water Supplies: Technology, People and Partnership. Delft, the Netherlands. IRC International Water and Sanitation Centre. (Technical paper Series 40). 585 p;. – Includes references and 260 illustrations.

69. Things You May Not Know About Water [Электронный ресурс] // The world bank: [сайт]. URL: <http://blogs.worldbank.org/opendata/7-things-you-may-notknow-about-water> (дата обращения: 26.08.2013).

70. U. S. EPA (2012) “Going Green: Renewable Energy Options for Water Utilities.”

71. V. Shcherbakov, E. Drozdov, V. Pomogaeva, Problems of water supply systems in small towns and rural settlements 1, 38-42 (2013)

72. Ф.Р.Спеллман Справочник по очистке природных и сточных вод. Водоснабжение и канализация. Перевод с английского под ред. М.И.Алексеева.- СПб.: ЦОП «Профессия», 2014 — 1312 с. ISBN 978—5—9184—053—5

73. «Справочник перспективных технологий водоподготовки и очистки воды с использованием технологий, разработанных организациями оборонно-промышленного комплекса и учетом оценки риска здоровью населения»

74. Обеззараживание питьевой воды: Метод. реком. / Н.Е. Журавлевич. – Минск: БГМУ, 2016 г. – 35 с.

75. Технологические схемы очистки питьевой воды. Расчет и компоновка реагентного хозяйства [Электронный ресурс]: методические указания по выполнению курсовых проектов / М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. ар-хит.-строит. ун-т; сост. А. В. Приходченко, Д. И. Приходченко, Т. Ф. Рыльцева. —Электронные текстовые и графические данные (0,3 Мбайт). — Волгоград : ВолгГА-СУ, 2016

76. Электронный ресурс: <https://aquasolution.ru/>
77. СП 30.13330.2020 "СНИП 2.04.01-85\* Внутренний водопровод и канализация зданий" (утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 30 декабря 2020 г. N 920/пр)
78. СНИП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения». Актуализированная версия СП 32.13330.2018.
79. Электронный ресурс: <http://www.etch.ru/article.php?art=1&page=1>.
80. Электронный ресурс: <https://www.sibecolog.ru/informatsiya/89/>.
81. Электронный ресурс: [https://экспресс-лаборатория.рф/stati/article\\_post/chem-opasno-povyshennoye-soderzhaniye-zhelezamargantsa-i-drugikh-komponentov](https://экспресс-лаборатория.рф/stati/article_post/chem-opasno-povyshennoye-soderzhaniye-zhelezamargantsa-i-drugikh-komponentov).
82. Электронный ресурс: <https://waterhim.ru/dlya-pitevoj-vody/lewatit-s1567>.
83. Электронный ресурс: <https://studfile.net/preview/5709793/page:30/>
84. Электронный ресурс: [https://vodaley.com/f/meshochnyy\\_filtr\\_geyzer\\_4ch\\_8ch.pda](https://vodaley.com/f/meshochnyy_filtr_geyzer_4ch_8ch.pda)
85. Электронный ресурс: <https://diesel.ru/article/aeraciya-i-obezzhelezivanie-vody/>

# Приложение А

## Протокол анализа воды

### Средства измерения и сведения о государственной поверке (калибровке):

№ п/п	Наименование	Заводской (инвентарный) номер	Свидетельство о поверке (калибровке)		Срок действия до
			номер	дата	
1	pH-метр-милливольтметр pH-410	№ 8872 (№ 135)	№ 560354/149172-2020	23.12.2020	22.12.2021
2	Весы лабораторные электронные SHIMADZUELB-600, НПВ=600 г	№ D515900990 (№ 142)	№ 048190/137132-2020	15.10.2020	14.10.2021
3	Весы электронные лабораторные AND GR-200, НПВ=210 г	№ 14233684 (№ 140)	№ С-БЯ/02-03-2021/42030260	02.03.2021	01.03.2022
4	Спектрофотометр ПЭ-5300ВИ	№ 53ВИ 836(№ 148)	№ С-БЯ/30-06-2021/74121370	30.06.2021	29.06.2022
5	Барометр-анероид М 67	№ 487 (№ 144)	№ 562056/142426-2020	09.12.2020	08.12.2022
6	Термометр технический стеклянный ТТ	№ 865 (№ 293)	№ 048762/1/142427-2020	20.11.2020	19.11.2021
7	Мультиметр цифровой FLUKE 107	№ 4511248WS (№ 328)	№ С-БЯ/04-02-2021/34576945	04.02.2021	03.02.2022
8	Регистратор температуры и влажности СЕМДТ-172	№ 190315937 (№ 329)	№ С-БЯ/18-02-2021/39204351	18.02.2021	17.02.2022
9	Калибровочная гиря 500 г	№ 3 (№ 322)	№ 047541/1/137134-2020	20.10.2020	21.10.2021

### Испытательное оборудование и сведения о государственной аттестации:

№ п/п	Наименование	Заводской (инвентарный) номер	Протокол периодической аттестации		Срок действия до
			номер	дата	
1	Шкаф сушильный ШС-80-01 СПУ	№ 28472 (№ 286)	№ 129113/1-2021	30.06.2021	30.06.2022

### Результаты испытаний

№ п/п	Определяемые показатели	Единица Измерения	Результат $X_{cp}$ , при n=2	Характеристика погрешности $\pm \Delta$ при вероятности P=0,95 (расширенная неопределенность при k=2)	Норматив СанПиН 1.2.3685-21	НД на методы испытаний
1	2	3	4	5	7	8
1	Водородный показатель (pH)	Ед. pH	7,46	0,20	в пределах 6-9	ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97
2	Жесткость общая	°Ж	9,4	1,4	7(10)	ГОСТ 31954-2012
3	Кальций	мг/дм <sup>3</sup>	118,2	13,0	не норм.	ПНД Ф 14.1:2:3.95-97
4	Свободная щелочность	ммоль/дм <sup>3</sup>	0	-	не норм.	ГОСТ 31957-2012
5	Общая щелочность	ммоль/дм <sup>3</sup>	6,80	0,82	не норм.	ГОСТ 31957-2012
6	Карбонаты (расчет)	мг/дм <sup>3</sup>	0	-	не норм.	ГОСТ 31957-2012
7	Гидрокарбонаты (расчет)	мг/дм <sup>3</sup>	414,8	-	не норм.	ГОСТ 31957-2012
8	Сульфат-ион	мг/дм <sup>3</sup>	354	53	500	ПНД Ф 14.1:2.159-2000
9	Хлорид-ионы	мг/дм <sup>3</sup>	Менее 10	-	350	ПНД Ф 14.1:2:3:4.111-97
10	Нитрат-ионы	мг/дм <sup>3</sup>	0,54	0,10	45	ПНД Ф 14.1:2:4.4-95
11	Нитрит-ионы	мг/дм <sup>3</sup>	Менее 0,020	-	3,0	ПНД Ф 14.1:2:4.3-95

*Результаты испытаний распространяются на пробы (образцы), представленные на испытания  
За отбор проб (образцов) и представительство их партии несет ответственность Заказчик  
Настоящий протокол не может быть воспроизведен частично или полностью без письменного разрешения заведующей  
испытательной лабораторией*

Протокол испытаний № Д150/ВПР-с/21 от 07.10.2021 г.  
Протокол составлен в 2 (двух) экземплярах

## Продолжение приложения А

1	2	3	4	5	7	8
12	Ионы аммония	мг/дм <sup>3</sup>	1,44	0,30	1,5	ПНД Ф 14.1:2:3.1-95
13	Общее железо	мг/дм <sup>3</sup>	2,54	0,41	0,3	ПНД Ф 14.1:2:3.2-95
14	Перманганатная окисляемость	мг/дм <sup>3</sup>	4,56	0,46	5(7)	ПНД Ф 14.1:2:4.154-99
15	Марганец	мг/дм <sup>3</sup>	0,58	0,07	0,1	РД 52.24.467-2008
16	Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>	720	65	1000 (1500)	ПНД Ф 14.1:2:4.261-2010

Характеристика погрешности при вероятности  $P=0,95$  (расширенная неопределенность при  $k=2$ ) соответствует установленной НД на методы испытаний.

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

**окончание протокола**

---