

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ

(институт)

Кафедра «Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение»

08.04.01 «Строительство»

(код и наименование направления подготовки)

«Водоснабжение городов и промышленных предприятий»

(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему «**Разработка технологии очистки подземных вод на
малогабаритной установке на примере с.п.Хрящевка Муниципального
района Ставропольский**»

Студент	<u>Гаврилов В.А.</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Научный	<u>В.М.Филенков</u>	_____
руководитель	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Консультанты	_____	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	_____	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)

Руководитель программы к.т.н., доцент В.М. Филенков _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ Г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент М.Н. Кучеренко _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ Г.

Тольятти 2017

Содержание

Введение	4
1 АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОЧИСТКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД	8
1.1 Особенности и состав подземных вод Самарской области.....	8
1.2 Железо и марганец, как основные загрязнители питьевой воды.....	11
1.3 Теоретические основы очистки питьевой воды от железа и марганца.....	14
1.3.1 Безреагентные методы очистки питьевой воды.	15
1.3.2 Реагентные методы очистки питьевой воды.	23
Выводы по главе 1:.....	37
2. СОВРЕМЕННЫЕ МАЛОГАБАРИТНЫЕ УСТАНОВКИ И КАТАЛИТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД.....	38
2.1. Исследование основных характеристик малогабаритных установок для очистки подземных вод.....	38
2.2. Анализ современных фильтрующих материалов для очистки подземных воды от железа и марганца.	43
Выводы по главе 2.....	47
3. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КАТАЛИТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ОЧИСТКЕ ВОД ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ	49
3.1 Подбор оптимальных каталитических материалов для очистки вод подземных источников.....	49
3.2 Описание установки для проведения натуральных исследований	50
3.3 Итоги экспериментальных исследований	51
Выводы по главе 3.....	54
4. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА МАЛОГАБАРИТНОЙ УСТАНОВКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ФИЛЬТРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА	55
4.1 Технология очистки подземных вод: методы и материалы	55
4.2 Технологическая схема малогабаритной установки по очистке подземных вод.....	56

4.2.1 Система аэрации	58
4.2.2 Система окисления гипохлоритом натрия	58
4.2.3 Фильтрующий обезжелезивающий фильтр	60
4.2.4 Гидроаккумулятор.....	62
Выводы по главе 4.....	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.	64
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	65
ПРИЛОЖЕНИЕ А	73
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	81

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В настоящее время на территории муниципального района Ставропольский Самарской области наблюдается рост строительства небольших поселков, зон отдыха, загородных коттеджей, особняков и фермерских хозяйств, для обеспечения водой которых, используется вода подземных источников (индивидуальных скважин).

По результатам анализов, проведенным для выяснения химического состава подземных вод на территории муниципального района Ставропольский Самарской области видно, что в большей части проб воды присутствует широкий спектр загрязнений. В основном это повышенное содержание марганца и железа, концентрации которых зачастую очень высоки: по железу – 8-15 мг/л (27 - 50 ПДК), по марганцу – 0,9-1,7мг/л(9-17 ПДК).

Обзор современных малогабаритных установок для деманганаии и обезжелезивания воды из подземных источников показал, что существующие установки предназначены для удаления марганца и железа при их исходных показателях до до 1,0 мг/л (10 ПДК) и 10 мг/л (33 ПДК) соответственно. В их основе лежит каталитический метод.

Особо остро проблема очистки подземных вод от марганца и железа стоит для локальных водопотребителей снабжаемых питьевой водой из частных скважин.

Деманганаии и обезжелезивание подземных вод в условиях индивидуального водоснабжения решается с помощью разработки, исследования и внедрения, эффективной технологии водоподготовки с использованием малогабаритных установок.

Основными направлениями становятся: использование и разработка технологических способов для улучшения производительности процесса

удаления марганца и железа; подбор наиболее подходящего сочетания реагентов; анализ каталитических материалов.

Объект исследования: Водоснабжение частного дома с.п.Хрящевка Муниципального района Ставропольский Самарской области из подземных источников. Малогабаритные установки очистки подземных вод.

Предмет исследования: Технология очистки подземных вод на малогабаритной установке на примере с.п.Хрящевка Муниципального района Ставропольский Самарской области.

Цель работы. Разработка, исследование технологии очистки подземных вод для малогабаритной установки с использованием современных каталитических фильтрующих материалов.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Анализ и изучение основных загрязнителей подземных вод и методов их удаления;
2. Исследование и анализ существующих малогабаритных установок для очистки подземных вод;
3. Анализ и сравнительная оценка существующих каталитических материалов;
4. Разработка технологии очистки подземных вод от марганца и железа с использованием каталитических фильтрующих материалов на малогабаритной установке в с.п. Хрящевка;

Методы исследования: При проведении работ, применялись аналитический, практический, статистический методы исследования, также анализировалась нормативно-техническая литература по заданной тематике.

Научная новизна проекта заключается в том, что основываясь на проведённых лабораторных испытаниях воды из скважины частного дома, изучения технологических характеристик современного оборудования и

свойств каталитических материалов предложена индивидуальная технология очистки воды от марганца и железа до норм СанПиН.

Практическая ценность работы:

- изучение свойств и технологических характеристик современных каталитических загрузок и малогабаритных установок по очистке подземных вод, выявление наиболее эффективных методов и технологий деманганизации и обезжелезивания подземных вод. Ставропольского района Самарской области.

- результаты экспериментальных исследований позволили выявить оптимальную каталитическую загрузку для деманганизации и обезжелезивания подземных вод Ставропольского района Самарской области.

- в результате проведенных исследований разработана технологически эффективная схема водоочистки адаптированная к местным условиям и требованиям водопотребителей.

Личный вклад автора состоит в обосновании необходимости исследования качества обрабатываемой воды и методов ее очистки для подбора оптимальной схемы водоочистки, разработки оптимальной комплектации установки малой производительности для обезжелезивания и деманганизации подземных вод Ставропольского района Самарской области.

На защиту выносятся: технология очистки подземных вод Ставропольского района Самарской области на малогабаритной установке с применением каталитической загрузки.

Апробация работы: основные положения работы изложены в сборниках трудов:

XV Международной научно-практической конференции. Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России. (г. Пенза, ТГУ, МНИЦ ПГАУ, 2017).

XIX Международная научно-практическая конференция «Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии».

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 4 глав, общих выводов, библиографии из 79 наименований и 2 приложения. Общий объем работы 90 – стр., включая 8 иллюстраций и 5 таблиц.

1 АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОЧИСТКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

1.1 Особенности и состав подземных вод Самарской области

Подземные воды представляют собой природные растворы, содержащие свыше 60 химических элементов, а также микроорганизмы. Помимо этого, качественный состав воды формируется за счет смешения подземных вод, в том числе попадания атмосферных осадков в водоносные слои, состав почвы и растительности, взаимодействия с фильтрующей средой. Также на химический состав подземных вод влияют природные факторы, особенно физико-химическое взаимодействие воды с породами различной структуры и состава по пути от источника до конечного потребителя воды. [1].

Географические особенности земельных пластов Самарской области послужили образованию огромного разнообразия химического состава вод подземных источников. Загрязнение подземных вод наиболее интенсивно проявляется на нефтеперерабатывающих заводах, вблизи очистных сооружений, полигонов промышленных и бытовых отходов (шламонакопителей, отстойников, накопителей и др.), в зоне разработки нефтяных месторождений. К источникам загрязнения, связанным с сельским хозяйством, относятся крупные животноводческие хозяйства, земледельческие поля орошения, обрабатываемые удобрениями сельскохозяйственные объекты. На качество подземных вод Самарской области оказывает влияние ряда факторов. Зачастую их сложно разделить на группы, так как интенсивная хозяйственная деятельность нередко служит катализатором действий природных факторов, провоцируя тем самым ухудшение качества подземных вод. На территории Самарской области по

состоянию на начало 2015 г в процессе эксплуатации загрязнение отмечается на 32 водозаборах, в т.ч. на 21 водозаборе питьевого назначения и на 11 водозаборах для производственно-технического и технологического водоснабжения. Природное несоответствие качества подземных вод, согласно санитарным требованиям для питьевых вод, установлено на 70 водозаборах с интенсивной добычей подземных вод. Природное несоответствие качества выявлено в пределах Волго-Сурского АБ (водоносный неоген-четвертичный комплекс и водоносный казанский комплекс), Приволжско-Хопёрского АБ (водоносный верхнекаменноугольно-нижнепермский комплекс), и Сыртовского АБ (водоносный верхнекаменноугольно-нижнепермский комплекс). Воды не соответствуют санитарным требованиям по показателю жёсткости в 50 случаях, по минерализации – в 14 случаях, по содержанию железа – в 15 случаях и по содержанию сульфатов – в 6 случаях. Максимальные показатели жёсткости достигают 29,4-41 мг-экв/л, минерализации – 2,38-3,78 г/л, железа – 0,43-6,5 мг/л, сульфатов – 532-1137 мг/л. Волго-Сурский артезианский бассейн. Природное несоответствие качества на участках месторождений отмечено на водозаборах, эксплуатирующих подземные воды Курумочского, Ивашевского, Мирненского и Тольяттинского месторождений подземных вод и на отдельных водозаборах Волжского, Сергиевского районов. Основными показателями, по которым превышены предельно-допустимые концентрации, являются жёсткость 8,4-11,2 мг-экв/л (Курумочское месторождение, Мирненское месторождение и Ивашевское месторождение (в отдельных скважинах), железо 0,75-1,76 мг/л и марганец 0,15-0,6 мг/л (Тольяттинское месторождение). На водозаборе ОАО «АвтоВАЗ» Тольяттинского месторождения (участок Вазовский) отмечается превышение нормативных показателей минерализации до 1,3 г/л и жёсткости до 13,1 мг-экв/л. Приволжско-Хопёрский артезианский бассейн. Природное

несоответствие качества отмечено на 3 водозаборах, расположенных на Сызранском месторождении подземных вод (Заусиновский, Усинский и ОАО «Пластик»). Основным показателем, нарушающим нормы качества, является жёсткость 7,75-13,1 мг-экв/л. Сыртовский артезианский бассейн. Природное несоответствие качества отмечено на водозаборах, расположенных на месторождениях подземных вод: Красноармейском, Красноглинском, Самарском, Смышляевском, Алексеевском и Похвистневском. К основным показателям, превышающим, допустимые концентрации относятся: минерализация 1,05-3,78 г/л и жёсткость 8,0-41,0 ммоль/л. На Красноармейском месторождении превышение допустимых норм отмечено по показателю жёсткости (до 9,5 ммоль/л), на Красноглинском месторождении – по показателю жёсткости (8,0-12,45 ммоль/л), на Смышляевском – по показателю жёсткости (9,5-13,1 ммоль/л), на Алексеевском – по показателям минерализации 1,86-3,78 г/л и жёсткости (19-41 ммоль/л), по содержанию железа – 0,38-0,75 мг/л и сульфатов до 1440 мг/л, на Похвистневском – по показателю жёсткости (до 7,95 ммоль/л). [22, 24]

Основными загрязнителями подземных вод в Самарской области являются железо, марганец, соли жесткости, а также встречается повышенная концентрация сульфатов. Однако присутствие в подземных водах ряда нежелательных и вредных примесей не является показателем для отказа от ее использования, так как при проведении должной водоподготовки качество исходных вод может быть доведено до требуемых показателей [64].

1.2 Железо и марганец, как основные загрязнители питьевой воды

Одним из наиболее распространенных загрязнений, присутствующих в природной воде, причем в больших количествах, особенно в воде подземных источников, является железо и, часто, марганец. Наличие железа в воде, в отличие от большинства других загрязнений, легко определяется даже на бытовом уровне по окраске воды, появлению взвеси и осадка после отстаивания, образованию трудно удаляемых подтеков на сантехническом оборудовании, окрашиванию белья при стирке.

Поскольку железо и марганец относятся к токсичным тяжелым металлам, то согласно принятым санитарным нормам СанПиН 2.1.4.1074 – 01, их содержание в питьевой воде не должно превышать 0,3 мг/л для железа и 0,1 мг/л для марганца [64]. Требования многих производств (пищевых, энергетика, электроника) значительно жестче. Поэтому удаление марганца и железа из природной воды (деманганизация и обезжелезивание воды) являются важной и наиболее распространенной операцией водоподготовки.

«Железо находится в природной воде в растворенном, коллоидном и взвешенном состоянии в виде различных химических соединений:

- двухвалентное – растворенное в виде ионов Fe^{2+} ;
- трехвалентное. Хотя хлориды и сульфаты Fe^{3+} хорошо растворимы в воде, ионы Fe^{3+} полностью гидролизуются в нерастворимый гидроксид $Fe(OH)_3$, который находится в виде взвеси или осадка;
- органическое железо наблюдается в воде в различных формах и в различных сочетаниях. Соединения органического железа в основном растворимы и удалить их из воды весьма затруднительно;
- бактериальное железо – продукт жизнедеятельности железобактерий; железо находится в их оболочке» [50].

В подземных (артезианских) водах, забираемых с большой глубины, присутствуют, в основном, ионы двухвалентного железа, обычно в виде растворенного бикарбоната - $\text{Fe}(\text{HCO}_3)^2$. В таких глубинных скважинных водах с низким содержанием растворенного кислорода может наблюдаться концентрация железа до нескольких десятков миллиграмм в 1 литре. При этом вода остается совершенно прозрачной. При подъеме на поверхность после контакта такой воды с воздухом она приобретает неприятные запах и вкус, а при хранении на воздухе из нее выделяется красно - бурый осадок.

В подземных (артезианских) водах, забираемых с большой глубины, присутствуют, в основном, ионы двухвалентного железа, обычно в виде растворенного бикарбоната - $\text{Fe}(\text{HCO}_3)^2$. В таких глубинных скважинных водах с низким содержанием растворенного кислорода может наблюдаться концентрация железа до нескольких десятков миллиграмм в 1 литре. При этом вода остается совершенно прозрачной. При подъеме на поверхность после контакта такой воды с воздухом она приобретает неприятные запах и вкус, а при хранении на воздухе из нее выделяется красно - бурый осадок.

В поверхностных водах вследствие наличия избытка кислорода железо находится в окисленном, трехвалентном состоянии. Концентрация железа в таких источниках обычно находится в пределах десятых долей миллиграмма в литре, но может и превышать допустимую норму. Как правило, железо в поверхностных водах встречается в коллоидном состоянии в составе органических комплексов с солями гуминовых кислот (гуматы, танины и лигнины), а также входящее в состав железобактерий (бактериальное железо), которое образуется в процессе жизнедеятельности железобактерий и серобактерий, окисляющих двухвалентное железо до трехвалентного состояния. Такие соединения находятся в виде коллоидов. Наибольшее содержание железа в виде органических комплексов, десятки миллиграммов на литр, присутствует в болотных водах, где очень большая концентрация

гумусовых веществ. В связи с этим, она имеет коричневатый «ржавый» оттенок, однако не образует осадка.

Бактериальное железо проявляет себя опалесцирующей радужной пленкой на зеркале воды, а также желеобразной массой, образующейся на внутренней поверхности труб.

Марганец – это необходимый элемент для живого организма. Он принимает участие в различных биологических процессах. Однако, постоянное чересчур большое содержание марганца в воде приводит к его накоплению в организме и впоследствии может привести к манганизму, а в дальнейшем и к серьёзным, необратимым нарушениям функционирования центральной нервной системы. В подземной воде, подаваемой хозяйственно-питьевыми централизованными водопроводами, содержание марганца не должно превышать 0,1 мг/л [64].

Принимая во внимание информацию о неблагоприятном действии марганца и железа, поступающих в организм с питьевой водой в относительно небольших дозах, следует при подготовке воды к потреблению проводить деманганазию и обезжелезивание. Это крайне необходимо для того, чтобы исключить даже самую малую вероятность нанесения вреда здоровью населения.

Практически повсеместно под водоочисткой в первую очередь понимают очистку питьевой воды от марганца и железа. «Уровень очистки питьевой воды определяется требованиями к ее качеству, которые регламентируют в разных странах собственные национальные стандарты» [10, 9]. В связи с социально-экономическими и географическими особенностями требования эти по ряду показателей различаются.

В России и за рубежом особое внимание всегда уделялось разработке технологий удаления марганца и железа. К сожалению, многие

прогрессивные решения не были внедрены в отечественную практику. В последнее десятилетие, когда потребовалось создание малогабаритных высокоэффективных установок, началось широкое использование зарубежных технологий, оборудования и материалов. В настоящее время и отечественные производители предлагают новые высокоэффективные материалы, не уступающие зарубежным.

1.3 Теоретические основы очистки питьевой воды от железа и марганца

В водах подземных источников железо преобладает в форме бикарбоната железа (II), устойчивого только при наличии значительного количества углекислоты, и при условии отсутствия растворённого кислорода. Встречается железо так же в виде сульфида, карбоната и сульфата железа (II).

Марганец, в подземных водах, находится в основном в виде бикарбоната марганца (II), который хорошо растворяется в воде. Марганец в воде из подземных источников, в основном встречается вместе с железом, что можно объяснить парагенетической связью между этими элементами. В связи с чем обезжелезивание всегда связано с деманганацией [54].

На сегодняшний день, проблеме деманганации и обезжелезивания природных вод стоит уделять особое внимание. Решение этого вопроса, заключается в оптимизации существующих процессов и технологий водоподготовки, а также в разработке новых современных решений. Значимый вклад в изучении проблемы деманганации и железа внесли отечественные ученые: Апельцин Н.Э., Артеменок Н.Д., Кастальский А.А., Кульский Л.А., Клячко В.А., Николадзе Г.И., Сколубович Ю.Л. и некоторые другие.

Технологический выбор очистки подземных вод от Fe и Mn во многом зависит от природы данных соединений, их концентрации, количества

содержащейся в них свободной углекислоты, от жесткости, окисляемости, от сероводорода, щелочности, окислительно-восстановительного потенциала, минерализации и температуры. Каждый из многообразия методов, обладает своими преимуществами и ограничениями. Комбинация методов является наилучшим вариантом для повышения эффективности процесса.

В целом все методы обезжелезивания и деманганации подземных делятся на две базовые группы: реагентные и безреагентные (физические); [50, 55].

1.3.1 Безреагентные методы очистки питьевой воды

На практике чаще всего применяются следующие безреагентные методы деманганации и обезжелезивания [39, 43, 51 – 54, 61, 70]:

- упрощенной аэрации с последующим фильтрованием;
- глубокой аэрации и фильтрования;
- метод "Виредокс";
- биологический метод;
- ультрафильтрации.

Далее рассмотрим каждый из перечисленных методов подробнее.

Метод упрощенной аэрации, является наиболее распространенным и широко применяется на большинстве станций обезжелезивания воды в России. К достоинствам такой очистки относятся простота реализации и стабильность качества очищенной воды. Однако, использование данного метода эффективно только при следующем качестве исходной воды: общее содержание Fe не должно превышать 15 мг/л, сероводорода - не более 0,5 мг/л, перманганатная окисляемость – должна быть не более 15,0 мг/л. В противном случае, очищенная вода может быть нестабильна и при движении ее по металлическим трубам возможно вторичное обогащение железом.

Упрощенная аэрация основана на принципах окисления ионов двухвалентного железа на зернах фильтрующего слоя и удержании формирующихся соединений. В это же время, в толще загрузки фильтра одновременно происходит окисление и гидролиз. Вода насыщенная двухвалентным железом и кислородом при фильтрации через зернистую загрузку способствует выделению на поверхности зерен железа, которое образует каталитическую пленку из ионов и оксидов Fe^{2+} и Fe^{3+} , а также из продуктов жизнедеятельности железобактерий. Пленка ускоряет процесс выделения и окисления железа из воды.

Аэрация удаляет из воды гидрокарбонат железа, являющийся непрочным и легко разлагаемым соединением:



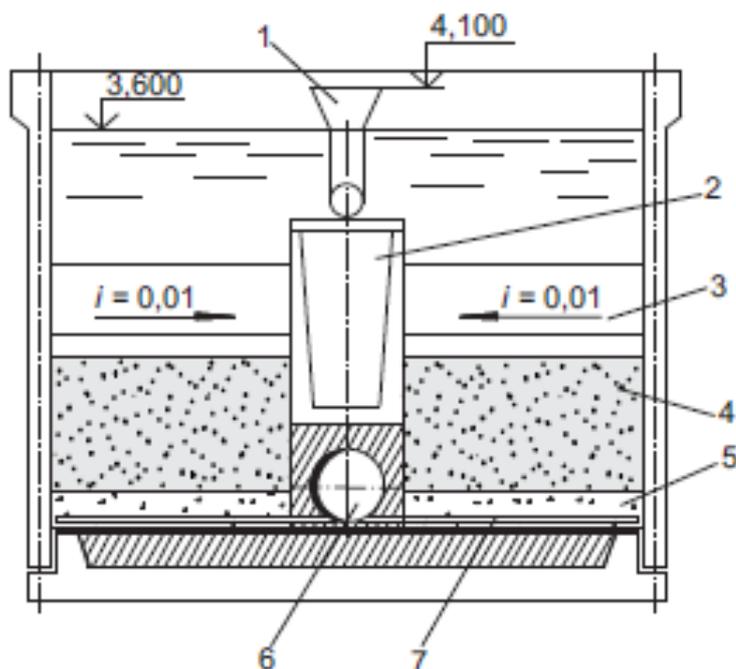
Образующийся $Fe(OH)_2$ окисляется кислородом воздуха в $Fe(OH)_3$:



Процесс обезжелезивания воды в загрузке, покрытой каталитической пленкой, гетерогенный автокаталитический процесс, в результате которого происходит постоянное обновление пленки при работе фильтра. Периодом выработки фильтрующего материала (период образования адсорбционно-каталитической пленки), может длиться до нескольких суток, а иногда и больше, что в последующем приводит к стабильной работе фильтра. Так же на активный катализатор-пленку негативно влияют сероводород, растворенная углекислота, гуминовые кислоты, коллоидные силикаты, аммиак, фосфаты, снижающие эффективность катализатора. В таком случае необходимая степень очистки воды может быть достигнута понижением скорости фильтрации в связи с понижением скорости окисления железа или обращением к другим методам. При следующих показателях качества

исходной воды: — содержание железа (общего) — до 10 мг/л, в том числе двухвалентного (Fe^{2+}) — не менее 70 %; — рН — не менее 6,8; — окислительно-восстановительный потенциал — более 100 мВ; — щелочность — более 2 ммоль/л; — содержание сероводорода — не более 0,5 мг/л; — содержание аммония — до 1,5 мг/л; — содержание метана — до 0,5 мг/л
желательно применять упрощенную аэрацию с фильтрованием после нее.

При помощи нехитрых приспособлений путем слива воды из воронки или перфорированного лотка с высоты от 0,5 до 1,0 м в карман или канал фильтра либо путем нагнетания воздуха в очищаемую воду осуществляют способ упрощенной аэрации. Фильтр для очистки воды от железа по методу фильтрования с упрощенной аэрацией представлен на рисунке 1.1 [36] Обогащение воды кислородом происходит при ее изливе с высоты 0,5 м над уровнем воды в фильтре.



1 – воронка излива воды на фильтр; 2 – центральный канал; 3 - желоба; 4 – фильтрующая загрузка; 5 – поддерживающие слои; 6 – коллектор дренажной системы фильтра; 7 – распределительные перфорированные трубы

Рисунок 1.1 – Фильтр для обезжелезивания подземные вод фильтрованием с упрощенной аэрацией

Обогащение воды кислородом происходит при ее изливе с высоты 0,5 м над уровнем воды в фильтре.

Возможные фильтрующие загрузки: дробленый и недробленый керамзит, кварцевый песок, колотый гранитный щебень, антрацит, пемза и т.п.

При содержании железа в обрабатываемой воде до 6 мг/л могут использоваться модифицированные материалы (с нанесенной на них каталитической пленкой, чаще всего из соединений марганца), исключающие необходимость периода выработки загрузки, так как она с самого начала ввода фильтров в эксплуатацию обеспечивает высокий эффект удаления железа и, при необходимости, марганца из воды. Такими же свойствами обладают природные марганецсодержащие породы.

При очистке подземных вод от железа путем аэрации и последующего фильтрования происходят ее качественные изменения, основанные на химическом окислении железа и марганца, что приведено в таблице 1.1.

Кроме понижения концентрации марганца и железа, при деманганизации и обезжелезивании уменьшается содержание фосфатов и других элементов, например, никеля, мышьяка и меди.

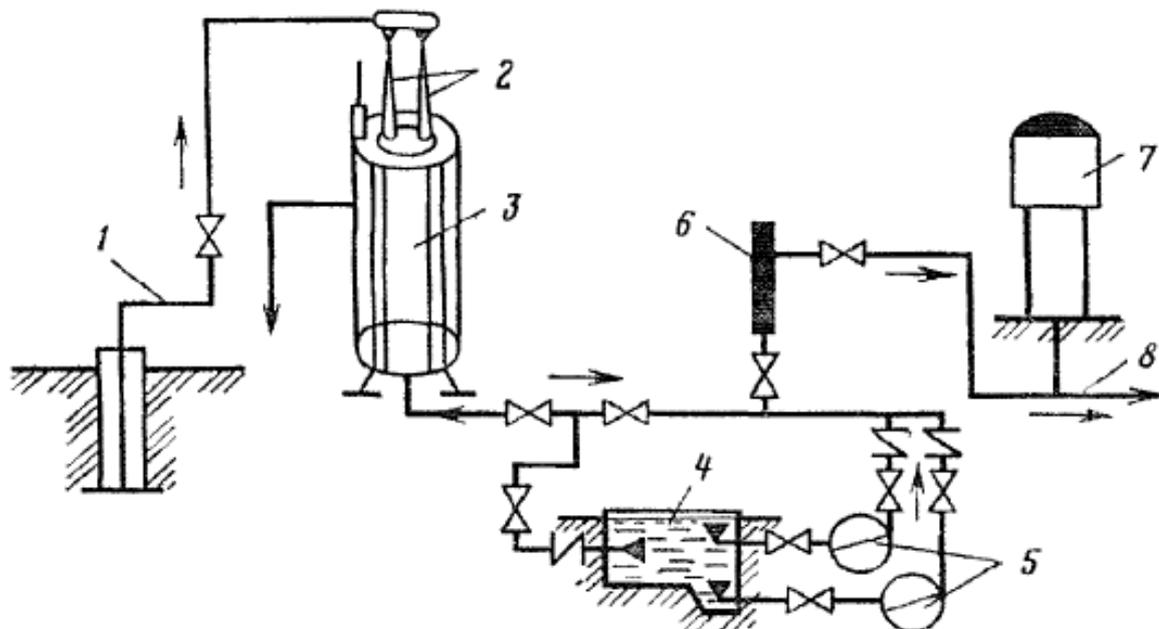
Таблица 1.1

Окисляемый ингредиент	Изменение свойств воды при окислении 1 мг/л ингредиента	Продукт реакции
Железо (II)	Снижение щелочности на 0,0357 ммоль/л Снижение значения рН в зависимости от снижения щелочности	Гидроксид железа (трудно растворимый)
Марганец (II)	Снижение щелочности на 0,0364 ммоль/л Снижение значения рН в зависимости от снижения щелочности	Гидроксид марганца (трудно растворимый)

Метод глубокой аэрации производится в аппарате вакуумно-эжекционного типа. В очищаемой воде под воздействием вакуума осуществляется удаление свободной углекислоты. По этой причине жесткость воды возрастает до 8 - 8,5. После чего в эжекционном модуле при капельном распылении воды происходит насыщение кислородом воздуха. Ионы Mn^{2+} при аэрации подвергаются процессу окисления до трех – и четырех – валентного марганца, затем в процессе гидролиза, выпадают в виде гидроксидов в осадок. В связи с тем, что окислительные реакции марганца (II) в марганец (III, IV) проходят медленно и зависят от жесткости, для максимального удаления марганца из воды, её подщелачивают и отстаивают [39]. После оседания, вода фильтруется через фильтр наполненный песком.

Оценка метода аэрации с последующим фильтрованием выявила, что эффективность очистки воды от железа понижается от отношения концентрации железа, к суммарному содержанию железа в воде. Помимо этого, важно учесть, замедление процессов аэрации при низкой температуре. «В случаях, когда в воде содержатся комплексообразующие силикат и фторид ионы зачастую малоэффективны» [27]. Этот метод возможен при окисляемости очищаемой воды до 9,5 мг/л. На рисунке 1.2 показана технологическая схема обезжелезивания вакуумно-эжекционной аэрацией и фильтрованием.

Эта технология помимо деманганации и обезжелезивания вод также решает задачи по ее дегазации. Обязательным условием для реализации данного метода очистки воды от марганца – наличие в ней Fe^{2+} , при окислении которого растворенным кислородом образуется гидроксид железа, концентрирующийся на поверхности Mn^{2+} и каталитически влияющий на его окисление.



1 и 8 - подача исходной и отвод очищенной воды; 2 - вакуумно-эжекционный аппарат; 3 - каркасно-засыпные фильтры; 4 - резервуар промывной воды; 5 - повысительный насос; 6 - установка для обеззараживания воды; 7 - водонапорный бак» [31, рис. 17.3]

Рисунок 1.2 – «Обезжелезивание методом вакуумно-эжекционной аэрации и фильтрования - технологическая схема

«Деманганация и обезжелезивание воды методом «Виредокс» осуществляется путём обработки подземных вод непосредственно в водоносном пласте кислородом (закачка в водоносные горизонты воды, обогащённой воздухом)» [59]. Марганец и железо окисляются. В толще водоносного грунта образуются нерастворимые соединения. Схема весьма проста и экономично, но оправдана только в случаях, когда содержание марганца в подземной воде не превышает 0,5 мг/л и достаточно высокой жесткости. Данный метод применяется в Финляндии, Швеции, Австралии и в других странах в производственных условиях уже 10 лет [5, 29].

При биологическом методе для деманганации и обезжелезивания используются железо-марганцевые бактерии. «Для этих целей на зерна

фильтра или других мелкопористых материалов, например, колонна из активированного кокосового угля, различных синтетических материалов, высаживают бактерии *Metallogenium*, *personatume*, *Caulococceusmanganifere*, *Bacteria*, *manganicus* последующей фильтрацией воды» [3, 6]. Бактерии в фильтрах форме пористой массы, содержащей большое количество оксида марганца, катализируют последующее окисление марганца (II). Схема технологической станции обезжелезивания подземных вод с блоком биологической деструкции железо - органических комплексов показана на рисунке 1.3.

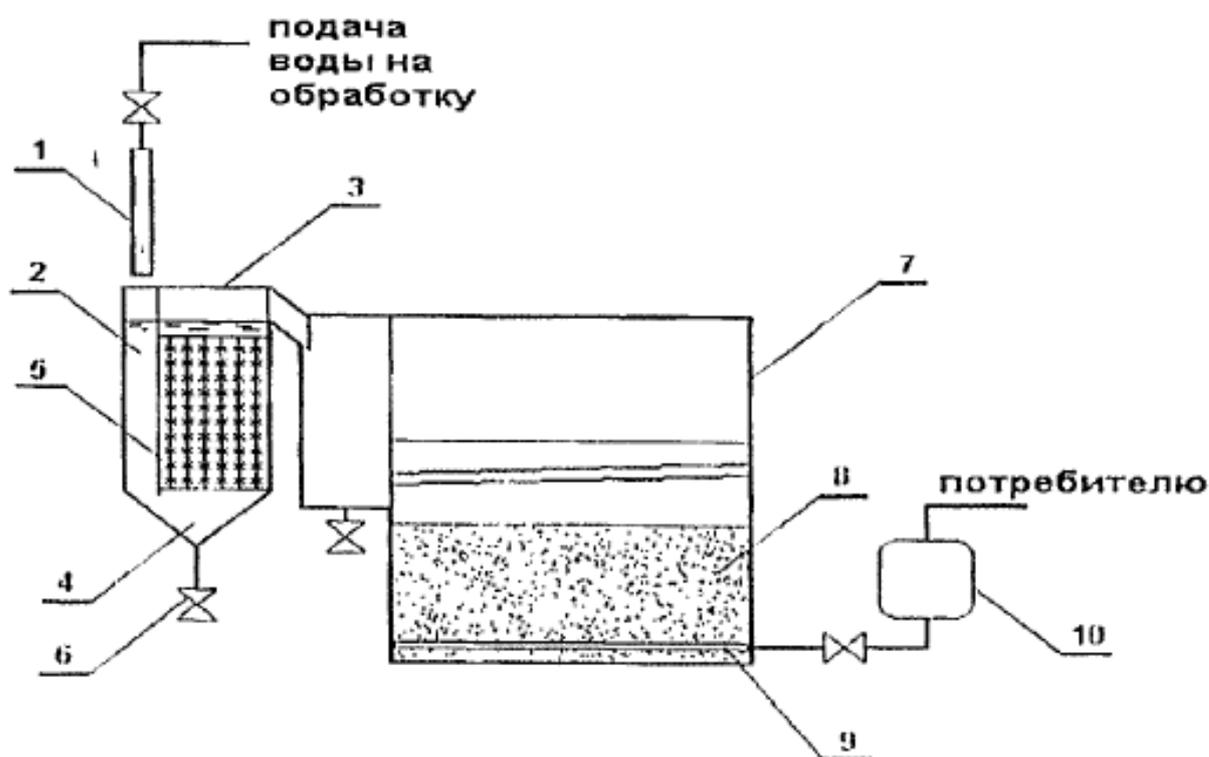


Рисунок 1.3 – «Технологическая схема станции обезжелезивания подземных вод с блоком биологической деструкции железоорганических комплексов 1 - вакуумно-эжекционное устройство; 2 - приёмный карман; 3 - биореактор; 4 — зона накопления; 5 - активная зона; 6 - трубопровод сброса осадка; 7 - скорый фильтр; 8 - фильтровальная загрузка; 9 - дренажная система; 10 — сооружения обеззараживания.» [32, рис. 6]:

Выбор условий очистки воды (скорость фильтрации, дополнительное насыщение кислородом) позволяет использовать этот метод для полного удаления марганца из воды. Необходимым условием является поддержание кислотности на низком уровне, при подаче кислород из воздуха, в очень небольших количествах.

«Конечным этапом биологической очистки воды от железа является сорбционная очистка для локализации продуктов жизнедеятельности железобактерий и окончательное обеззараживание воды бактерицидными лучами.

При всех своих плюсах (в т.ч. экологичности) и с точки зрения биоремедиации только один недостаток - относительно низкая скорость процесса. Это, в частности, означает, что для обеспечения больших мощностей, требуются емкостные сооружения больших габаритов» [46, 69].

Особое внимание заслужили мембранные методы очистки воды. Мембранные процессы классифицируются исходя из размеров задерживаемых частиц. Микрофильтрационные мембраны используют для грубой очистки или предварительной подготовке воды. Размер пор таких мембран от 0,1 до 1,0 мкм, что позволяет задерживать мелкие взвеси и коллоидные частицы, определяемые как мутность. Ультрафильтрационные мембраны применяют как в промышленности так и в быту. Они обеспечивают стабильно высокое качество очистки и не изменяют при этом минеральный состав воды. Размер пор ультрафильтрационных мембран варьируется от 0,01 до 0,1 мкм, что позволяет фильтровать органические молекулы с молекулярным весом более 10 000, бактерии и вирусы, коллоидные частицы, при этом, не задерживая растворенные соли. Поры нанофильтрационных мембран соответствуют размерам от 0,001 до 0,01 мкм и позволяют задерживать соединения органики с молекулярной массой выше 300 и фильтруют от 15 до 90 % солей. У обратноосмотических мембран

поры уже всех вышеперечисленных, в следствии чего самые селективные. Они пропускают только молекулы воды с небольшими органическими соединениями и легкими минеральными солями, удерживая вирусы и бактерии, органические вещества, в том числе Fe и гумусовые соединения, преобладающую часть растворенных . [10, 58].

С помощью метода мембранной фильтрации возможно решить практически все недостатки очистки воды от микробов, однако для очистки от примесей железа есть ряд ограничений: первое - мембраны склонны к «заращению» органикой и засорению поверхности нерастворимыми частицами; - требуется тщательная предварительная подготовка, то есть удаление взвесей и органики. Второе - мембранные системы очень дорогостоящи в применении и рентабельны только там, где требуется очень высокое качество воды [7, 8].

1.3.2 Реагентные методы очистки питьевой воды.

Наибольшее распространение на сегодняшний день получили следующие реагентные методы очистки питьевой воды от железа и марганца:

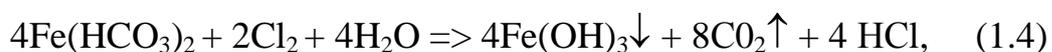
- упрощенная аэрация, хлорирование и фильтрование;
- электрокоагуляция, фильтрование;
- озонирование, фильтрование;
- известкование, отстаивание, фильтрование;
- комбинированный метод: аэрация, окисление, известкование (вариант), флокулирование (вариант), коагулирование, с отстаиванием или обработкой в слое взвешенного осадка и фильтрованием;
- фильтрование через модифицированную загрузку;
- катионирование (ионный обмен).» [24, 38, 41, 44, 48, 49, 51, 54,]

Очистка подземных воды от железа путем упрощенной аэрации, окисления и фильтрования предполагает удаление лишнего количества углекислоты и обогащении воды кислородом при аэрации, что ведет к увеличению коэффициента жесткости и начальному окислению железоорганических соединений. При помощи добавления в фильтруемую воду окислителя (хлора, озона, перманганата калия и т. п.) достигаем разрушения соединений Fe^{2+} и частичного окисления. В последующем фильтрованием через зернистую загрузку извлекаются из воды соединения закисного и окисного железа.

В водяной пласт через специализированную трубчатую систему добавляется хлор; при этом необходимо обеспечить время контакта окислителя с очищаемой водой. В качестве фильтрующей системы рекомендуются контактные фильтры КФ-5 с высокой грязеемкостью. Фильтрующая загрузка контактного фильтра КФ-5 слоевого типа, толщина каждого из которых по 0,6 м: первый, верхний, слой содержит керамзит или полимеры с величиной зерен 2,3 - 3,3 мм, второй, средний, слой содержит антрацит или доменный шлак с величиной зерен 1,25 - 2,3 мм, третий, нижний, слой с кварцевый песок или горелые породы с зернами величиной 0,8 - 1,25 мм. Скорость фильтрации - 7 м/ч, промывка - водой.

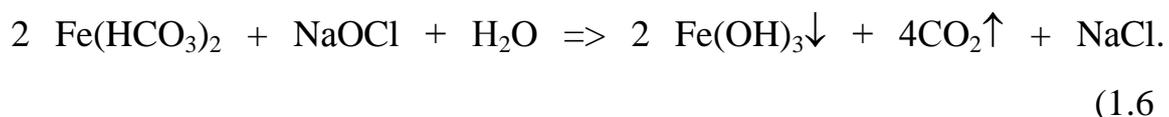
Цель обезжелезивания воды данной технологической комбинацией заключена в том, чтобы устранить избытки углекислоты и обогатить воды кислородом воздуха при аэрации, что приведет к увеличению коэффициента ее жесткости и начальному окислению железоорганических соединений. Полного разрушение соединений железа (II) и частичное его окисление добиваются путем введения в очищаемую воду окислителя (хлора). При фильтровании воды через зернистую загрузку сочетания закисного и окисного железа из нее удаляются.

Под воздействием хлора гуматы и другие органические соединения железа разрушаются и переходят в форму неорганических солей Fe^{3+} , которые гидролизуются выпадают в осадок, удаляемый при последующем фильтровании:



На окисление 1 мг Fe^{2+} , по уравнению реакции расходуется 0,64 мг хлора. Щелочность воды при этом понижается на 0,018 мг-экв/л. В зависимости от содержания железа, доза хлора может составлять 5 - 20 г на м^3 воды при контакте не меньше 30 минут. Гигиенические требования разрешают содержание свободного хлора в питьевой воде до 0,5 мг/л, а связанного до 1,2 мг/л.

В наше время, альтернативой хлорированию является обработку воды раствором гипохлорита натрия. Во время окисления железа гипохлоритом натрия вода не подкисляется. Помимо этого, раствор гипохлорита натрия имеет щелочную реакцию, что очень благоприятно для последующего фильтрования.



)

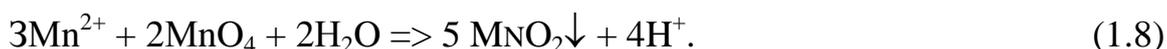
В подземных водах с большим содержанием органических веществ железо и марганец образуют, стойкие органические соединения, сложно выводящиеся при типовом хлорировании и обработке коагулянтном. Применение KMnO_4 , как сильного окислителя, способствует разрушению этих соединения с последующим окислением ионов Mn^{2+} и Fe^{2+} и флокуляцией продуктов окисления. Обработывая воду перманганатом калия,

получаем следующую реакцию окисления железа с последующим гидролизом:



По уравнению реакции, на окисление 1 мг Fe^{2+} расходуется 0,71 мг перманганата калия. Попутно, щелочность воды понижается на 0,036 мг-экв/л. Так как, перманганата калий, материал дорогой, то его использование в сочетании с гипохлоритом натрия, позволит обрабатывать сложные воды и сэкономить на дорогостоящем оборудовании.

Окисления марганца, при обработке исходной воды перманганатом калия, протекает по следующему уравнению:



Для того, чтобы удалить 1 мг $\text{Mn}(\text{II})$, необходимо расходовать 1,88 мг KMnO_4 . Возникновение дисперсного осадка оксида марганца MnO_2 , который, имея большую удельную поверхность порядка 300 м²/г, является эффективным сорбентом, что является основным аргументом в пользу использования перманганата калия для очистки воды от марганца. Помимо этого, частицы гидроксида марганца $\text{Mn}(\text{OH})_4$ в интервале рН =5 — 11 имеют заряд, противоположный заряду коагулянтов $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и $\text{Al}(\text{OH})_3$, в связи с чем, использование перманганата калия ускоряет процесс коагуляции. Следовательно, перманганат калия, действуя и как сорбент, и как окислитель, и как вспомогательное средство коагуляции, выступает высокоэффективным реагентом для очистки воды от множества загрязнений, в данном случае и от марганца. Качество очистки воды перманганатом калия от марганца 95 - 99 %.

Использование данного метода повышает стоимость 1 м³ воды, ибо возникает необходимость в реагентном хозяйстве, а также, применение

перманганата калия нагружает фильтры, в связи с чем уменьшается фильтроцикл. Данный метод рекомендован СНиП 2.04.02-84 [66] и очень широко используется в нашей стране и за рубежом [64].

Обезжелезивание воды при помощи озона с последующим фильтрованием. Озон – очень эффективный окислитель при проведении деманганизации и обезжелезивания воды. Вода параллельно обеззараживается и улучшает свои органолептические свойства [47]. Плюсы озонирования: компактность озонаторных установок, возможность полной автоматизации всего процесса и отсутствие громоздкого реакгентного хозяйства.



Наибольшую концентрацию озона производит ион перманганата, розоватого цвета.



«Но его образование можно легко предупреждается уменьшением дозы озона. По данным В. Ф. Кожина Для удаления органических соединений железа доза озона принимается равной содержанию закисного железа в исходной воде. Доза озона для окисления соединений марганца 1,45 мг/мг Mn^{2+} . Гидроокись марганца и железа осаждается в воде и может быть удалена впоследствии при осветлении или фильтровании» [37].

Остаточный озон в питьевой воде должен быть в пределах 0,1 — 0,3 мг/л. Время контакта озона с водой составляет 5-20 мин. Оно варьируется в зависимости от структуры воды, концентрации озона и конструктивных особенностей смесителя. Особенно следует отметить, что озон очень токсичен и имеет возможность поражать органы дыхания. Ещё одним

минусом этого метода является дороговизна оборудование и большой расход электроэнергии, используемой при нём. Данный метод применяется при концентрациях соединений железа до 15 мг/л и марганца до 1 мг/л в водах подземных источников [24].

Электрокоагуляция, как метод обезжелезивания воды, основана на сорбции ионов, диспергированных и коллоидных соединений железа (II), (III) гидроксидами металлов, которые образуются в результате растворения электродов.

Электрокоагуляцию также используют и для глубокого обезжелезивания воды, при небольших количествах ее обработки. Но, для данного метода необходимы большие расходы электроэнергии и алюминия. Так, для полного обезжелезивания воды, в которой находится 25 мг/л железа, плотность тока при этом – 2 мА/см² и рН = 6,8 расход электроэнергии 0,4 кВт * ч/м³ а алюминия – 25 мг/л, соответственно.

Метод электрокоагуляция целесообразен в случаях общей очистки воды и выведения из всех загрязнителей таких, как соединения кремния, водоросли, взвешенные и органические вещества и т.д.

Известкование – еще один метод обезжелезивания воды. Он достаточно надежен и универсален, но, пожалуй, наиболее дорогой. Он, как правило, применяется для удаления сернокислого железа, и в случаях, когда исходная вода содержит большое количество железа (свыше 25 мг/л) и сероводород, а также, если щелочность воды ниже минимального значения, которое вычисляется по формуле $Щ_{кр} = ([Fe^{2+}]/28) + 2$, или если вода высоко окисляема.

В пересчете на СаО, дозу извести определяют по формуле:

$$D_{и} = 28 \times [CO_2]/44, \text{ мг/л.} \quad (1.13)$$

В процессе обезжелезивания методом известкования, окисляются ионы закисного железа в окисное, а также происходит гидролиз солей последнего. В связи с этим, метод, как правило, применяется вкупе с предварительной аэрацией, которая обеспечивает обогащение воды кислородом, а также удаление из нее свободной углекислоты, что в дальнейшем снижает необходимое количество реагентов.

При известковании воды, в которой содержатся коллоидные соединения железа (сульфид железа, гидроокись железа, гумминовокислое железо и др.), повышается скорость их коагулирования, в связи с тем, что жесткость воды повышается. Одновременно с этим известкование, вызывает пептизацию органических коллоидных соединений железа, что способствует увеличению жесткости воды. Данные соединения растворяются, железо окисляется (II), гидролизуется и выводится в осадок.

«Известкование – это универсальный метод обезжелезивания природных вод. Зачастую, данный метод используется в следующей технологической схеме: аэрирование воды в градирне, в поддон которой вводится известковый раствор, коагулирование и выведение в осадок большей части соединений железа в вертикальном отстойнике или контактном резервуаре (горизонтальном отстойнике) и извлечение из воды мелких хлопьев гидроокиси железа путем ее фильтрования на скорых фильтрах. Исследованиями, проведенными на кафедре водоснабжения МИСИ имени В. В. Куйбышева, установлено, что в рассматриваемой схеме более эффективно применять тонкослойные отстойники в сочетании с вихревой камерой хлопьеобразования» [50]. Технологическая схема установки "Струя" представлена на рисунке 1.4.

Только для обезжелезивания воды применение метода известкования, экономически невыгодно. Целесообразнее его использовать, когда

необходимо одновременное осветление, обесцвечивание и понижение жесткости воды.

Комбинированный метод обезжелезивания воды, это метод сочетающий в себе: аэрацию, окисление, известкование (вариант), коагулирование, флокулирование (вариант) с последующим отстаиванием или обработкой в слое взвешенного осадка и фильтрование через зернистую загрузку. Данный метод применяется при показателях железа выше 30 мг/л в исходной воде, высокой окисляемости воды (более 20 мгО₂/л), щелочности воды менее вычисляемой по формуле $Щ = 2 + [Fe^{2+}]/28$, и присутствию в ней сероводорода в значении более 1 мг/л. В этом случае, взамен осветлителей или вертикальных отстойников или логичнее задействовать тонкослойные отстойники.

Вышеуказанная комбинация методов очистки воды подразумевает разрушение железоорганических соединений и создает благоприятные условия для коагулирования и гидролиза соединений железа (II) с отделением от воды в дальнейшем. Достигается это, удалением сероводорода и свободной углекислоты в процессе аэрации воды, так как, при аэрации вода обогащается кислородом воздуха, и связывает оставшуюся углекислоту, если это нужно, известью. Одновременно с этим, известкование повышает щелочность и жесткость воды, благоприятствуя окислению, гидролизу и коагулированию железа. Но, растворенного (в процессе аэрации) в воде кислорода недостаточно для окисления железа (II) и разрушения железоорганических комплексов. В связи с этим, по окончании процесса аэрации в воду добавляют какой-нибудь сильный окислитель, зачастую это хлор. Для ускорения процесса коагуляции гидроокиси железа воду дополнительно подвергают обработке сульфатом алюминия.

Для определения дозы извести в пересчете на CaO руководствуемся следующими формулами:

при $[\text{Fe}^{2+}]/28$ меньше щелочности воды:

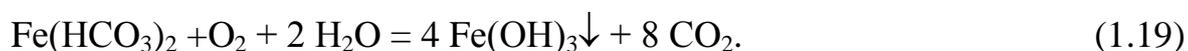
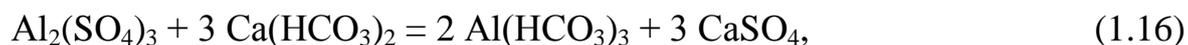
$$D_{\text{и}} = 0,64 [\text{CO}_2], \quad (1.14)$$

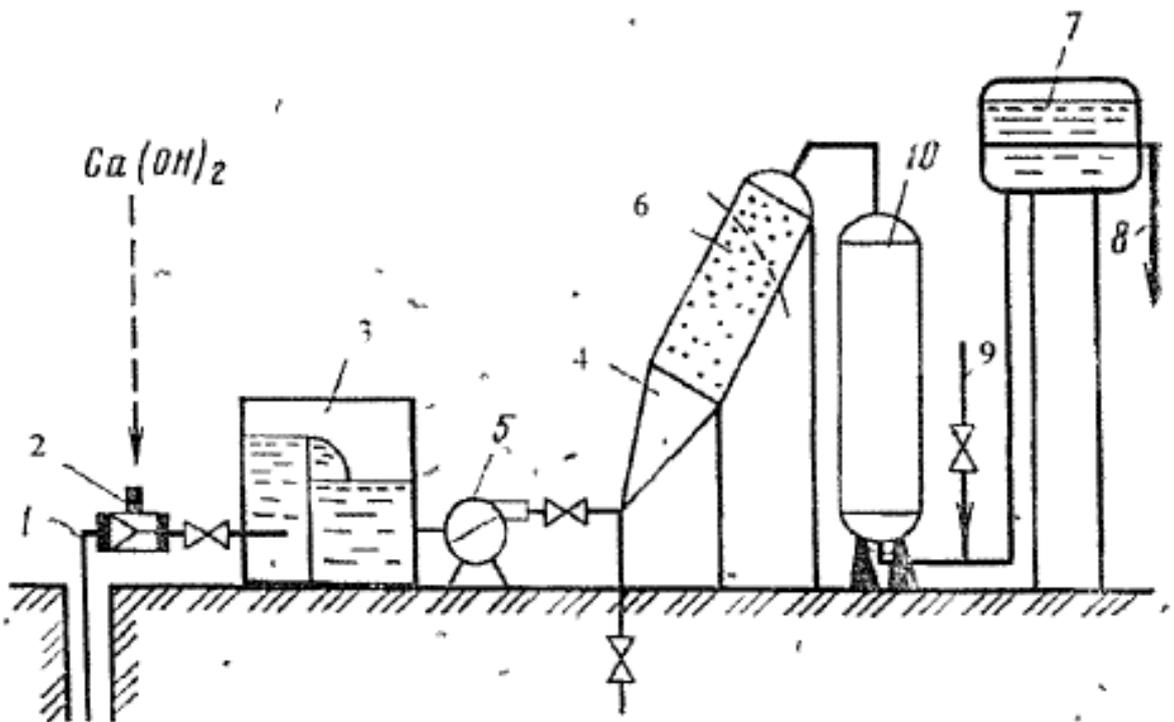
при $[\text{Fe}^{2+}]/28$ больше щелочности воды:

$$D_{\text{и}} = 1,27 [\text{CO}_2] + [\text{Fe}^{2+}] + 28 (D_{\text{к}}/e_1), \quad (1.15)$$

Содержание в очищаемой воде свободной углекислоты и закисного железа $[\text{CO}_2]$ и $[\text{Fe}^{2+}]$ – мг/л соответственно, доза коагулянта в расчете на безводный продукт; $D_{\text{к}}$ – мг/л; $C1$ - соответствующая масса безводного коагулянта, мг/мг-экв.

Железо, которое содержится в воде в виде органических комплексных соединений либо коллоидных или тонкодисперсных примесей удаляется из нее в процессе коагулирования. Как правило, обезжелезивание поверхностных вод, содержащих данные формы железа, происходит вместе с осветлением воды [26]:





1 и 8 - подача исходной и отвод обезжелезенной воды; 2 — ввод реагента; 3 - аэрационное устройство; 4 - вихревая камера хлопьеобразования; 5 - повысительный насос; 6 - тонкослойный отстойник; 7 - водонапорный бак; 9 - установка для обеззараживания воды; 10 - осветлительный фильтр» [31, рис. 17.3]

Рисунок 1.4 – «Технологическая схема установки обезжелезивания воды методом известкования на установке "Струя"»

Требующиеся дозы коагулянта вычисляются путем технологического анализа исходной воды. Если этих данных нет, то пользуемся формулой для приблизительных расчетов доз сернокислого алюминия, мг/л

$$D_k = 4 C^{0.5}, \quad (1.20)$$

где C - цветность воды, град.

В отстойниках или осветлителях со взвешенным осадком из воды устраняется основная часть хлопьев гидроокиси железа. Мелкие хлопья

прошедшие через отстойники, удерживаются в толще каталитической загрузки при фильтровании воды.

Метод ионный обмена для обработки воды давно используется в основном для умягчения воды. Катиониты могут удалять из воды не только ионы магния и кальция, а также и другие двухвалентные металлы, соответственно и марганец и растворенное двухвалентное железо.

Но, как показывает практика, применение катионообменных смол по железу весьма затруднена по следующим причинам: применение катионитов обосновано там, где проблема с жесткостью воды актуальна, так как железо устраняется из воды вместе с жесткостью. В случаях же, где жесткость воды в норме, использование катионообменных смол не обосновано; ионообменные смолы весьма критичны к присутствию в воде трехвалентного железа, соединения которого плохо из нее вымываются и в итоге «засоряют» смолу. В связи с этим нежелательно присутствие в воде даже растворенного кислорода и других окислителей а не только уже окисленного железа, присутствие которых с большой долей вероятности может привести к его образованию. Данный фактор ограничивает и диапазон жесткости, при котором эффективна работа смол. В связи с этими факторами, требуется частая регенерация. Это приводит к большому расходу соли. Присутствие в воде органических веществ (в том числе и органического железа) с большой долей вероятности приводит к «забиванию» смолы органической пленкой, а это, как известно, питательная среда для бактерий.

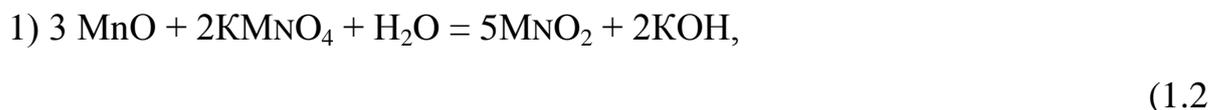
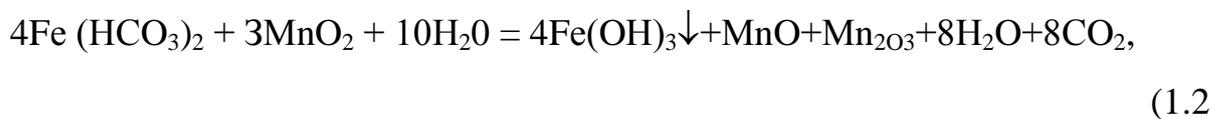
«Одним из перспективных путей решения проблемы можно рассматривать возможности сорбционных процессов, в особенности с использованием природных минеральных сорбентов» [19, 23, 25, 60, 73, 74].

Известно [65], что брусит отличается намного большей сорбционной способностью, в сравнении с широко известными и часто применяемыми в практике водоочистки сорбентами, и составляет от 900 до 1400 г/г. Тогда как сорбционная емкость сульфуголя, модифицированного цеолита не превышает и 100 г/г. А показатели активированного угля и смолы, КУ-2 лежат в диапазоне от 100 до 150 г/г.

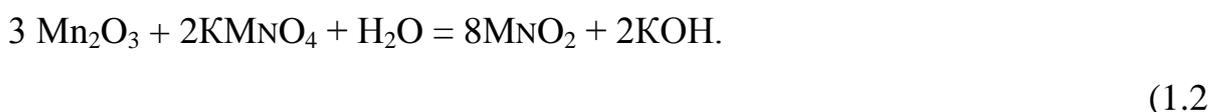
В результате фильтрования воды из подземного источника через модифицированные (каталитические) материалы, получены очень хорошие показатели очистки по марганцу и железу в широком диапазоне жесткости. В процессе модифицирования на поверхности фильтрующей загрузки образуется высокоактивная пленка, которая обладает окислительными и сорбционными свойствами. На каталитические материалы фильтра один за другим воздействуют растворы железного купороса и перманганата калия. Полученная реакция между данными веществами вызывает гидролиз трехвалентного железа с образованием оксигидратов. Окисление двухвалентного марганца и двухвалентного железа происходит под воздействием образовавшейся на поверхности пленке и, а также осадку в толще загрузки, состоящей из оксидов Mn и Fe. Данный способ весьма экономичен и высокоэффективен по удалению железа, но показатели деманганация в этом случае не достаточно хороши.

Фильтрация аэрированной воды через фильтр, заполненный дроблёным черным песком (пиролюзитом $MnO_2 \cdot x H_2O$) существенно ускоряет процесс окисления двухвалентного марганца оксидами марганца. Введение в фильтруемую воду - 3 мг/л перманганата калия ускоряет формирование плёнки оксидов марганца на внешней части крупы песка на этапе его подготовке к работе. Оксиды оказывают активное каталитическое действие на окисление ионов двухвалентного марганца. Концентрация Mn в фильтрате понижается до уровня 0,1 мг/л.

Насыщение фильтра осадком с течением время приводит к проскоку ионов Mn и Fe в фильтрат. Регенерация фильтра осуществляется с помощью очистки раствором KMnO_4 .



2)



3)

«Метод фильтрования аэрированной воды через загрузку, обработанную оксидами марганца имеет ряд недостатков заключающихся в том, что образовавшийся слой гидроксида железа и оксида марганца отрывается от поверхности загрузки при пониженном рН воды, так как этот слой держится в основном за счет адгезионных свойств песчаной поверхности, зависящих от рН обрабатываемой воды. Присутствующие в воде сульфиды и нитраты также снижают эффективность фильтров» [21].

Сегодня многие научные журналы актуализируют использование каталитических загрузок в сфере водоподготовки [11, 12, 34, 45]. Особую популярность за рубежом имеют фильтрующие загрузки для удаления Mn и Fe таких тоговых марок, как BIRM, Гра- носит-П, Aqua-mandrix, Quantum DMI-65, FMH, Manganese Greensand, МТМ и другие. В нашей стране также производятся каталитические материалы не уступающие по свои рабочим характеристикам, такие как МЖФ, МФСМ7, Сорбенты АС и МС.

Использование каталитических материалов имеет ряд ограничений:

- не эффективно в случае наличия в воде органического железа. Любая форма органического железа при нахождении в составе воды со временем образует органическую пленку, на поверхности зерен каталитического материала, тем самым изолируя катализатор - диоксид марганца от воды. Каталитическая функция фильтрующей загрузки снижается, а течением времени сводится на нет;

- при высоких концентрациях железа эффективность метода снижается;

- наличие в исходной воде марганца усложняет технологию очистки.

Исходя из выше перечисленного, изучение технологических характеристик каталитических материалов позволит не только подобрать оптимальное решения для каждого конкретного случая, но и открывает возможности к разработке уникальных высокоэффективных технологических схем основанных на запросах и индивидуальных каждого водопотребителя.

Таким образом, применение каталитических фильтрующих загрузок различных производителей для обезжелезивания и деманганации питьевой воды влечет за собой необходимость детального изучения фильтрующих свойств и производственных характеристик для обоснования применения разнообразных типов каталитических материалов.

Выводы по главе 1

1. Анализ наиболее распространённых технологических схем деманганизации и обезжелезивания вод показал, что существующие методы не всегда эффективны при использовании в малогабаритных установках при удалении марганца и железа из вод подземных источников, и требуют доработки новыми технологическими приемами и более компактным аппаратным оформлением.

2. Выявлено, что при низком значения рН (менее 6,8) в воде и высоком содержании железа и марганца, процесс глубокой очистки может быть осуществлен только при помощи комбинирования ряда методов с использованием реагентов.

3. На сегодняшний день, перспективными методами, для эффективного удаления соединений марганца и железа из вод подземных источников, становятся методы, основанные на применении современных каталитических фильтрующих материалов в малогабаритных установках.

2. СОВРЕМЕННЫЕ МАЛОГАБАРИТНЫЕ УСТАНОВКИ И КАТАЛИТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

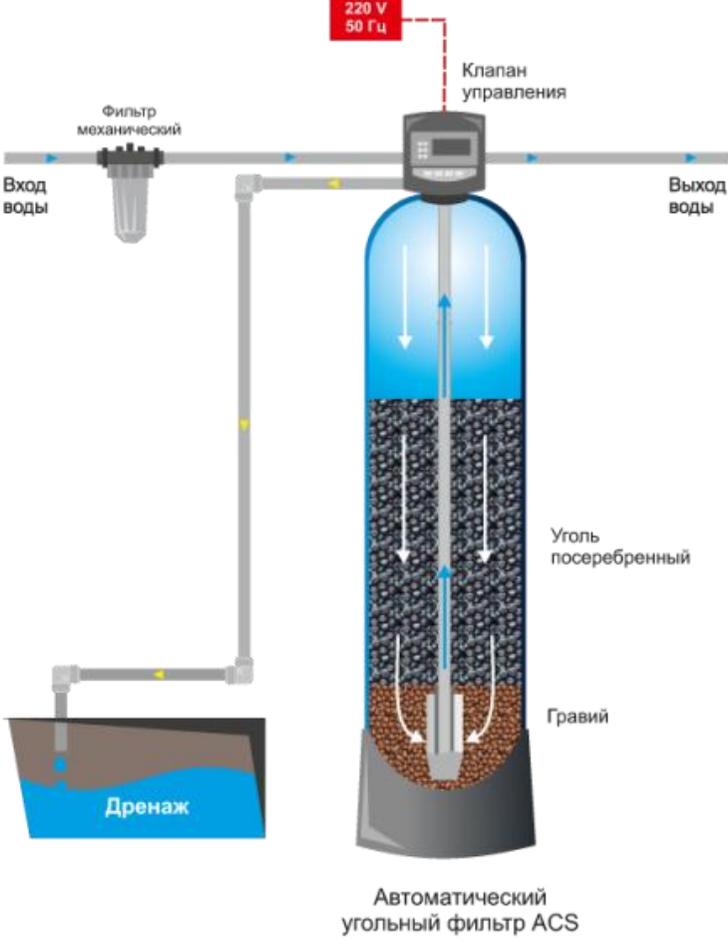
2.1. Исследование основных характеристик малогабаритных установок для очистки подземных вод

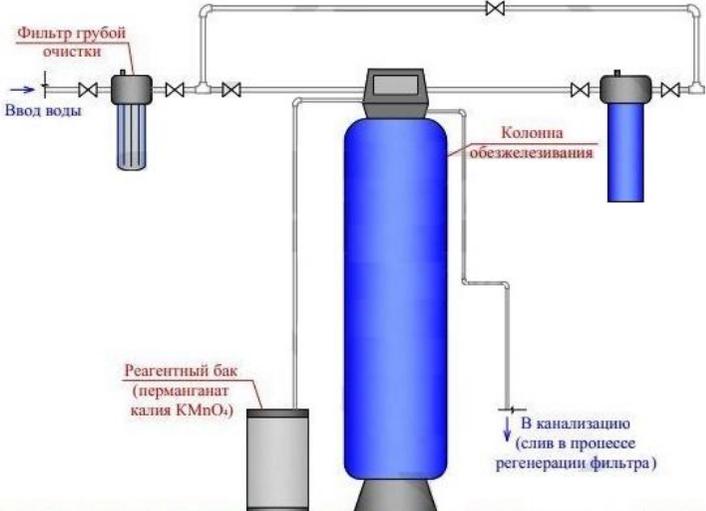
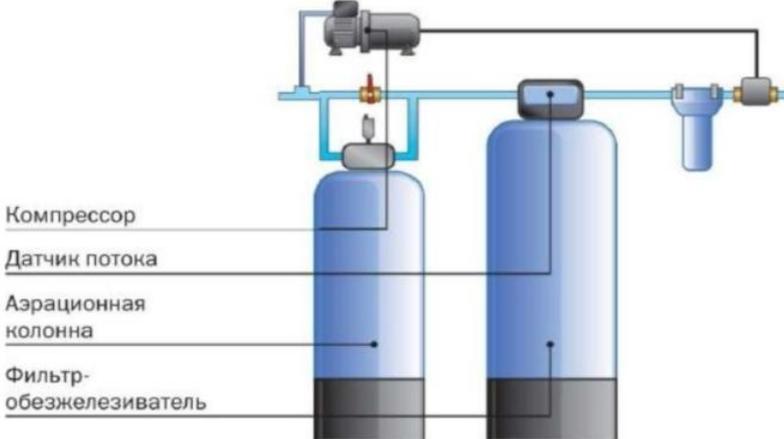
В сегодняшний день на рынке представлено огромное количество водоочистных установок малой производительности (1,0 — 10,0 м³/сут), как в отечественном, так и зарубежном исполнении. В основном, в большинстве из них применяется каталитический метод очистки от таких распространённых загрязнителей, как железо и марганец.

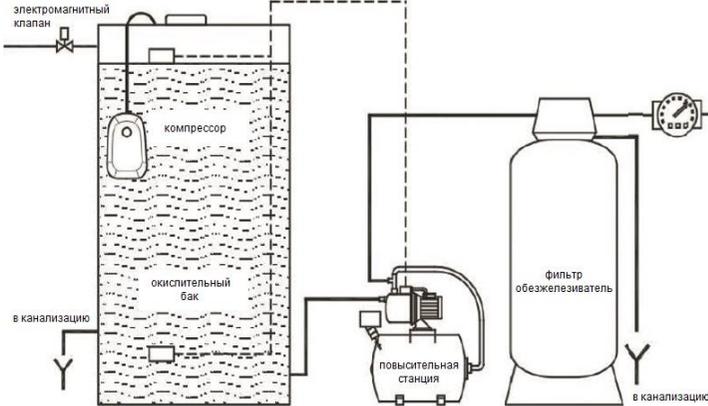
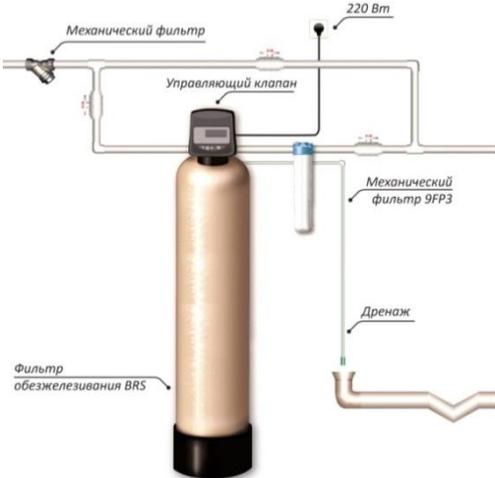
Основой технологической схемы большинства установок деманганизации и обезжелезивания подземных вод малой производительности является напорный автоматический фильтр, загруженный каталитическим фильтрующим материалом. Наиболее распространены фильтры зарубежных поставщиков, так как их выгодно отличает от отечественных производителей современный дизайн, качество исполнения, надежность работы, эксплуатационные характеристики, автоматизация процесса.

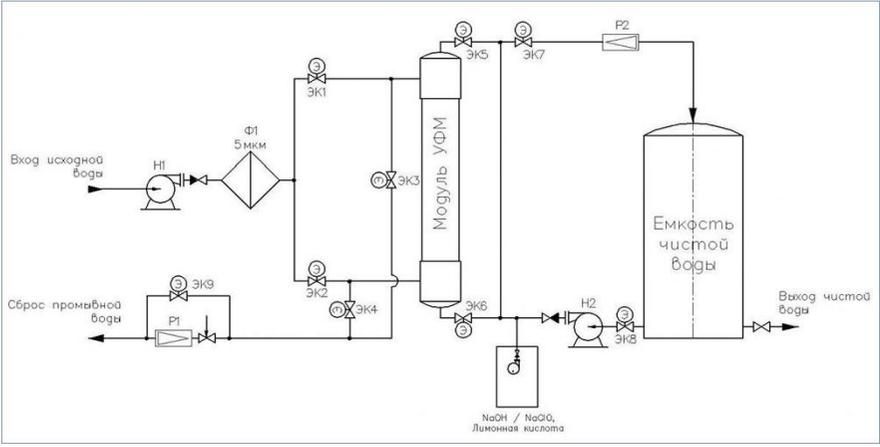
В таблице 2.1 представлены ключевые характеристики и схемы современных малогабаритных установок для деманганизации и обезжелезивания подземных вод.

Таблица 2.1 – Характеристики современных установок малой производительности

Тип установки/ Поставщик	Технологическая схема	Качество исходной воды	Подача, м ³ /ч
<p>Малогабаритные фильтры серии CF [63, рис 3.2.а,45]</p> <p>/Группа компаний "Национальные водные ресурсы"</p>	 <p>Автоматический угольный фильтр ACS</p>	<p>рН от 6,8;</p> <p>Fe до 10 мг/л; (Fe²⁺ не менее 70%)</p> <p>Mn до 0,5 мг/л;</p> <p>O₂ не менее 20% от (Fe²⁺ + Mn²⁺);</p> <p>Щ_{общ} от 2,5 мг- экв/л;</p> <p>Окисляемость до 6,0 мг O₂/л;</p> <p>H₂S до 0,5 мг/л;</p> <p>Нефтепродукты отсутствуют.</p>	<p>0,6 – 2,5</p>

Тип установки/ Поставщик	Технологическая схема	Качество исходной воды	Подача, м ³ /ч
<p>Системы для удаления растворенного железа, марганца и сероводорода серии КАМГ [63, 33]</p> <p>/ ООО «КФ ЦЕНТР»</p>		<p>pH от 6,2 до 8,5; (Fe + 2Mn + 3H₂S) до 15 мг/л; Окисляемость до 5,0 мгО₂/л; H₂S до 5,0 мг/л; Нефтепродукты отсутствуют.</p>	<p>0,2 – 1,6</p>
<p>Станция обезжелезивания воды «Дуплет — Н» [75]</p> <p>/ компания «ЭКОДАР»</p>		<p>Fe до 10 мг/л; Mn до 0,5 мг/л; H₂S до 2,0 мг/л.</p>	<p>1,5 – 3,5</p>

Тип установки/ Поставщик	Технологическая схема	Качество исходной воды	Подача, м ³ /ч
<p>Системы обезжелезивания воды серии Дуплет-РС [63, 64]</p> <p>/ компания «ЭКОДАР»</p>		<p>Fe до 10 мг/л; Mn до 0,5 мг/л; H₂S до 2,0 мг/л</p>	<p>1,5 – 3,5</p>
<p>Станции обезжелезивания воды и умягчения серии ЕСО-А [72]</p> <p>/ Компания «Экоресурс- М»</p>		<p>Мутность до 5,0 мг/л (Fe²⁺ + Mn²⁺) до 1,0 мг/л; Ж_{общ} до 20,0 мг-экв/л; Нефтепродукты до 0,3 мг/л.</p>	<p>0,1 – 10,0</p>

Тип установки/ Поставщик	Технологическая схема	Качество исходной воды	Подача, м ³ /ч
<p>Установки ультрафильтрации АМАК-UF [76]</p> <p>/ компании АМАК</p>		<p>pH не менее 6,7;</p> <p>Fe до 40 мг/л;</p> <p>Щ_{общ} не менее (1+(Fe²⁺)/28) мг- экв/л;</p> <p>Окисляемость до 10,0 мгО₂/л;</p> <p>H₂S до 5,0 мг/л.</p>	<p>0,5 – 0,6</p>
<p>Системы водоснабжения объекта «АкваМама» [57]</p> <p>/ НПФ "Озоновые Технологии"</p>	 <p>1 - шаровый кран; 2 - фильтр очистки от механических примесей; 3 - входной кран системы очистки; 4 - озонатор; 5 - электромагнитный клапан; 6 - инжектор; 7 - датчик ресурса системы очистки; 8 - блок озонирования; 9 - поплавковый датчик наполнения бака; 10 - поглотитель озона; 11 - накопительный бак на 1200 литров; 12 - поплавковый датчик предельного уровня воды; 13 - сливной кран; 14 - насосная станция с гидроаккумулятором на 50 литров; 15 - обратный клапан; 16 - автоматическое реле давления; 17 - выходной кран системы очистки; 18 - линия перелива воды; 19 - кран обводной линии; 20 - манометр входного давления воды; 21 - сигнальная лампа "Ресурс"; 22 - сигнальная лампа "Озон"; 23 - кран отвода воды из бака.</p>	<p>Fe до 15 мг/л;</p> <p>Mn до 2,5 мг/л;</p> <p>Цветность до 150 град.;</p> <p>Мутность до 19 мг/л;</p> <p>NH₄: до 2,0 мг/л.</p>	<p>1,5 – 2,5</p>

2.2. Анализ современных фильтрующих материалов для очистки подземных воды от железа и марганца.

Все фильтрующие загрузки для обезжелезивания и деманганации, присутствующие на рынке, в большинстве случаев работают по одному принципу. Очищаемая вода предварительно насыщается кислородом, а точнее воздухом, в котором содержится 20% кислорода. Одновременно происходит удаление из воды сероводорода и других газов, например, аммиака. Исходная 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). Материалы подвергаются термо-химической обработке, с нанесением различных видов катализаторов, в результате чего загрузка приобретает новые свойства: она становится каталитической, приобретает высокую пористость. Отсюда становится ясно, почему угли называют активированными - над ними совершаются определенные действия, и они приобретают новые свойства. В качестве катализаторов используют соли металлов, известных в химии, как катализаторы: наиболее распространенный из них – марганец. Его оксиды наносятся на основу. Известно, что железо и марганец в глубоких подземных водах находятся в восстановленной форме (степень окисления +2). При подъеме воды на поверхность происходит ее контакт с воздухом, железо и марганец окисляются и выпадают в осадок. Этот процесс может занимать от 15 минут до 1 дня. Скорость окисления зависит от многих факторов: температуры воды, рН воды, концентрации железа и/или марганца, наличия органических веществ, силикатов и фосфатов. Но потребитель не может ждать, пока вода очистится естественным путем, ему необходимо получать чистую воду из скважины сразу, эту возможность дают фильтрующие материалы для обезжелезивания и деманганации. Суть в том,

что мгновенный переход из восстановленной формы в окисленную обеспечивают катализаторы, ускорители реакции окисления, а продукт реакции (окисленное железо и марганец) задерживаются в слое фильтрующей загрузки. [20, 28 – 32, 56, 67, 68].

Использование каталитических фильтрующих загрузок позволяет заметно ускорить процесс окисления растворенных соединений марганца и железа, уменьшить объем фильтровальных сооружений, добиться высокой эффективности очистки по железу и марганцу, что особенно актуально при разработке установок малой производительности водоочистки, для индивидуальных водопотребителей. Технологические характеристики основных каталитических фильтрующих загрузок сведены в таблицу 2.2.

Каталитические материалы делятся на две большие группы: первая - каталитические материалы, где восстановление каталитической способности проходит при помощи обратной промывки; вторая - каталитические материалы, где восстановление каталитической способности проводится при помощи раствора перманганата калия KMnO_4 (существует постоянная и периодическая регенерация).

Особо ценны каталитические материалы отечественных производителей, они имеют наилучшее соотношение цены и качества, устойчивы к гипохлориту натрия, имеют относительно небольшую насыпную плотность и не требуют реагента (KMnO_4) для восстановления каталитических свойств загрузки. Такими загрузками являются: МЖФ, МФО – 47, Сорбент АС, Сорбент МС.

Технические характеристики современных каталитических материалов представлены в приложении Б.

Таблица 2.2 – Технологические характеристики каталитических загрузок

Рабочие параметры	Фильтрующие загрузки								
	BIRM [30]	МЖФ [31]	AMDX [29]	МФО-47 [32]	Сорбент АС [67]	Сорбент МС [68]	Quantum DMI-65 [28]	Manganese Greensand [56]	МТМ [20]
Основа	Диоксид кремния, покрытый диоксидом марганца	Доломит, покрытый диоксидом марганца	Природный минерал - пороллизит	Песчаник - горельник	Алюмосиликат	Силикаты металлов 1 и 2 групп	Катализи- рованный песок	Природный марганцевый глауконит	Гранулированная фильтрующая среда с каталитическим покрытием из диоксида марганца
рН	6,8 - 9,0 (8,0-9,0 для удаления марганца)	4,5-9,0	6,0 - 8,0	4,5-9,0	6,5-9,0	5,0-9,0	5,8 - 8,6	6,2 - 8,8	6,2-8,8
Окислитель	O ₂	На выбор	O ₂	На выбор	На выбор	На выбор	NaOCl	KMnO ₄	KMnO ₄
Параметры применения	Fe max5 мг/л; Mn max0,5 мг/л; O ₂ на 15% более ΣC _(Fe+Mn) ; C _{НСО3} в 2 раза больше ΣC _(SO4+Cl) ; Щелочность более 2,5 мг-экв/л; Окисляемость max5 мгO ₂ /л	Fe max 50 мг/л, Mn max 2 мг/л	Щелочность не ниже 2,0 мг- экв/л;	Fe max 20 мг/л, Mn max 0,8 мг/л; O ₂ на 15% более ΣC _(Fe+Mn) ;	Fe max50 мг/л, Mn max0,5 мг/л	Fe max10 мг/л, Mn max2,5 мг/л	-	(при рН менее 6,8 необходимо дозирование окислителя); (Fe + Mn) max15,0 мг/л; H ₂ S max5,0 мг/л Окисляемость max5 мгO ₂ /л	(при рН менее 6,8 необходимо дозирование окислителя); (Fe + Mn) до 15,0 мг/л; H ₂ S max5,0 мг/л Окисляемость max5 мгO ₂ /л
Сероводород, H ₂ S	отсутствует	возможно	возможно	возможно	возможно	возможно	возможно	возможно	возможно
Чувствительность к хлора в воде, мг/л	Не более 0,5 мг/л;	нет	Не более 0,5 мг/л;	нет	нет	нет	Не более 0,1 -0,3 мг/л	нет	нет
Скорость фильтрации, м/ч	8,5 - 12,0	7 - 12	5 - 12	8 - 15	10 - 20	10 - 15	5 - 29	5 - 12	7 - 12
Интенсивность промывки, л/с на 1 м ²	6,5 - 8,0	10	16,5 - 19,5	5,5 - 7,0	5,5	14,0 - 16,5	6,5 - 13,5	5,5 - 8,0	5,5 - 6,5

Рабочие параметры	Фильтрующие загрузки								
	BIRM [30]	МЖФ [31]	AMDX [29]	МФО-47 [32]	Сорбент АС [67]	Сорбент МС [68]	Quantum DMI-65 [28]	Manganese Greensand [56]	МТМ [20]
Регенерация	Обратная промывка							Обратная промывка + KMnO ₄	
Размер загрузки	0,42 – 2,0	0,5 – 1,5	0,5 – 1,0	0,5 – 1,5	0,7 – 1,5	0,5 – 1,0	0,48	0,25 – 1,2	0,5 – 1,68
Коэффициент неоднородности	1,96	1,4 – 2,0	1,6	1,4 – 1,6	1,4 – 1,6	1,6 – 1,8	1,34	1,6	1,9
Насыпной вес, кг/дм ³	0,7	1,4	2,0	1,25	0,67 – 0,72	1,35 – 1,4	1,45	1,4	0,43
Цвет	черный	коричнево- бурый	темно- коричневый	коричневый	желто- коричневый	черно- коричневый	черно- коричневый	черный	темно- коричневый
Высота слоя загрузки, мм	750 – 900	не менее 700	1200	не менее 700	400 – 1000	400 – 1000	не менее 600	750	610 – 920
Доза реагента, г/л загрузки	нет							2,0 – 4,0	1,5 – 2,0
Стоимость материала, руб/л	232,00	80,00	250,00	183,68	48,33	84,25	260,77	409,89	232,00
Поставщик / Производитель	«Лит- Трейдинг», г. Москва	«Альянс- Нева», г. Санкт- Петербург	ООО «Аква- стандарт», г. Москва	ООО «МФО- Компонен- ты», г. Томск	АО «Сорбент», г. Пермь		ООО «Ак- ватрол», г. Москва	ООО «Экодар», г. Москва	«Водная техни- ка», г. Москва

Выводы по главе 2.

1. Выявлено, что исследованные малогабаритные установки для очистки подземных вод от железа и марганца, принцип работы которых основан на аэрации с последующим фильтрованием, малоэффективны, особенно для очистки вод с высокими показателями железа (выше 15 мг/л) и марганца (выше 1,0 мг/л).

2. Проведенный анализ современных малогабаритных установок деманганации и обезжелезивания показал:

- использование ультрафильтрации на установках малой производительности для удаления марганца и железа из воды не оправданно ввиду сложности технологического процесса. К недостаткам данной технологии можно отнести: мембраны склонны к нарастанию органики и засорению поверхности нерастворимыми частицами. Они требуют сложную предварительной подготовки – удаление органики и взвесей; регулярный сброс воды в канализацию (15 – 20% от исходного потока), что загружает систему канализации; мембранные системы дорогостоящи и рентабельны только там, где необходима высокая степень очистки воды

- использование катионообменного метода уместно там, где наряду с деманганацией и обезжелезиванием необходимо умягчение воды. Использование ионообменных смол ограничено следующими факторами: трехвалентное железо забивает смолу и плохо из нее вымывается; необходимы частые регенерации, что ведет к повышению расхода соли; возможно зарастание смолы органической пленкой из-за присутствия в воде органических веществ.

- использование установки малой производительности для удаления марганца и железа из вод с применением озона не целесообразно, ввиду высокой стоимости оборудования. Так же требуется высокий уровень

автоматизации для удаления избыточного озона, так как он высокотоксичен и может нанести вред органы дыхания.

3. Выявлена потребность в исследовании технологических свойств каталитических загрузок, что позволит оптимизировать существующие технологи удаления марганца и железа из подземных вод. Также изучение современных технологических решений в сфере водоподготовки на установках малой производительности, предоставит возможность создания системы адаптированной к данным конкретным местным условиям.

3. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КАТАЛИТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ОЧИСТКЕ ВОД ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ

3.1 Подбор оптимальных каталитических материалов для очистки вод подземных источников

Анализ каталитических материалов показал, что наиболее оптимальным вариантом для реализации поставленных задач диссертационного исследования является выбор каталитических материалов отечественного производства, имеющих наилучшее сочетание цены и качества, стойких к реагентам хлора (NaOCl), имеют относительно небольшую насыпную плотность и не требуют реагента (KMnO_4) для восстановления каталитических свойств загрузки. Такими загрузками являются: МЖФ, МФО – 47, Сорбент АС, Сорбент МС.

Для дальнейшего изучения выбраны каталитические материалы отечественного производства: МЖФ, Сорбент АС, Сорбент МС. При этом велись сравнительные опыты с кварцевым песком, так как данным материалом была укомплектована фильтрационная установка для проведения натуральных испытаний. Основные характеристики изучаемых фильтрующих загрузок представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Характеристики фильтрующих загрузок

№ фильтра	Название материала	Величина фракции, мм	Высота загрузки, мм	Показатель неоднородности
1	Кварцевый песок	от 0,5 до 1,5	1000	1,6
2	МЖФ	от 0,5 до 1,5	1000	от 1,4 до 2,0
3	Сорбент АС	от 0,7 до 1,5	1000	от 1,4 до 1,6
4	Сорбент МС	от 0,5 до 1,0	1000	от 1,6 до 1,8

Цель проводимых исследований – выявление оптимального сорбента для функционирования малогабаритной установки, адаптированной к конкретным местным условиям для небольшого количества водопотребителей, направленной на удаление марганца и железа из вод подземных источников.

3.2 Описание установки для проведения натуральных исследований

Исследования каталитических материалов проводились на системе для удаления из воды марганца и железа производства группы компаний Гейзер г. Санкт-Петербург.

Исследования проводились на фильтрах выполненных из полимерных материалов пищевого класса: диаметр (D) - 315 мм; высота (H) - 1300 мм. Объем загрузки блока каталитической очистки – 11 л. Фильтрация проходит при скорости 5 м/ч.

Установка включает: механический фильтр грубой очистки; блок каталитической очистки; блок тонкой очистки.

Схема установки представлена на рисунке 3.1.

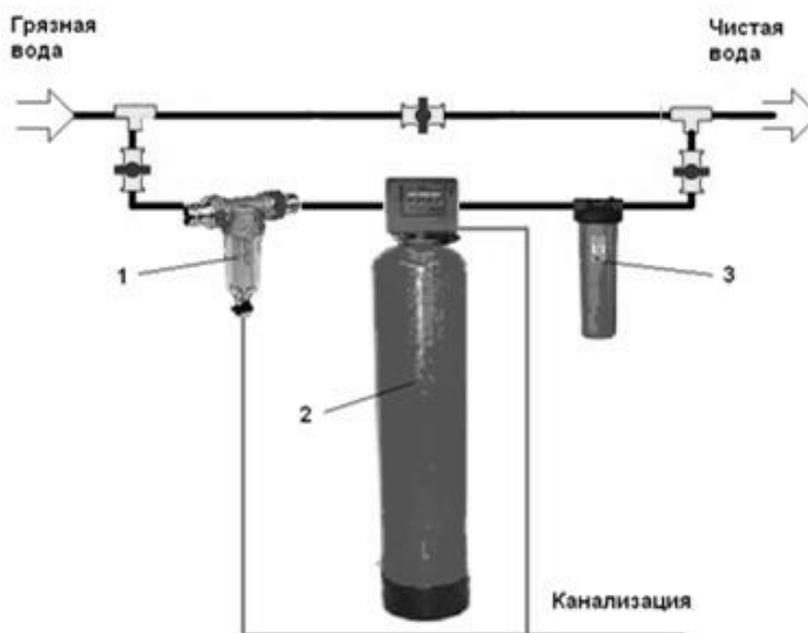


Рисунок. 3.1 Схема установки водоочистки: 1 – механический фильтр грубой очистки, 2 – блок каталитической засыпки, 3 – фильтр тонкой очистки (угольный).

Исследования выполнялись при равных рабочих параметрах. Отбор проб производился поочередно после каждой смены каталитического материала. В отобранных пробах определялись концентрации марганца и железа. После каждой смены каталитического материала проводилась промывка колонны током воды в течение 30 мин.

3.3 Итоги экспериментальных исследований

Исследования, при загрузке блока каталитической очистки кварцевым песком, показали, что при фильтровании исследуемой воды с показателями Fe – 11,3 мг/л, Mn - 1,4 мг/л продуктивность обезжелезивания составила 83,57% (0,23 мг/л); продуктивность деманганации составила 96,9% (0,35 мг/л).

Ввиду того, что концентраций марганца и железа после очистки кварцевым песком не соответствуют требованиям СанПиН 2.1.4.559-96, последующие использование его в малогабаритной установке не видится возможным.

Эксперименты при использовании остальных фильтрующих каталитических материалов показали, что применение каждого из них приводит к получению удовлетворительного качества фильтрата по железу и марганцу. Результаты отобранных проб воды после очистки приведены в таблице 3.2.

Протоколы лабораторных испытаний отобранных проб воды после очистки приведены в Приложении А.

Несмотря на то, что все фильтрующие загрузки доводят качество полученной воды до норм СанПиН, содержание марганца ниже всего в фильтрате после очистки Сорбентом МС (0,06 мг/л), тогда как показатели железа лучше у материалов МЖФ (0,05 мг/л) и Сорбента АС (0,04 мг/л).

Опираясь на ранее проведенные исследования¹ видится наиболее эффективным использование комбинации каталитических фильтрующих материалов Сорбент АС + Сорбент МС в сочетании 50% на 50 %.

Таблица 3.2 – Результаты отобранных проб воды после очистки каталитическими материалами

	ПДК	Кварцевый песок	МЖФ	Сорбент АС	Сорбент МС	Сорбент АС + Сорбент МС (50/50)
Марганец	0,1	0,23	0,08	0,1	0,06	0,06
Железо	0,3	0,35	0,05	0,04	0,1	0,04
Цветность	20	4,2	1,7	1,3	1,3	1,3
Мутность	1,5	менее 1,0	менее 1,0	менее 1,0	менее 1,0	менее 1,0
Жесткость	7	6,8	6,5	6,2	6,5	6,1

При фильтровании исходной воды из скважины через фильтр с загрузкой Сорбент АС + Сорбент МС продуктивность обезжелезивания составила 99,65% (0,04 мг/л); продуктивность деманганизации составила 95,71% (0,06 мг/л). Оставшиеся каталитические загрузки не обеспечивают данных показателей качества фильтрата по содержанию марганца и железа.

На основании проведенных исследований построен график, демонстрирующий продуктивность обезжелезивания и деманганизации фильтрующих загрузок, представлена на рисунке 3.2

¹ Кюберис, Э. А. Технология очистки подземных вод с высоким содержанием марганца и железа на малогабаритных установках: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.04/ Кюберис Эдуард Александрович. - Н. Новгород., 2009. – 134с.

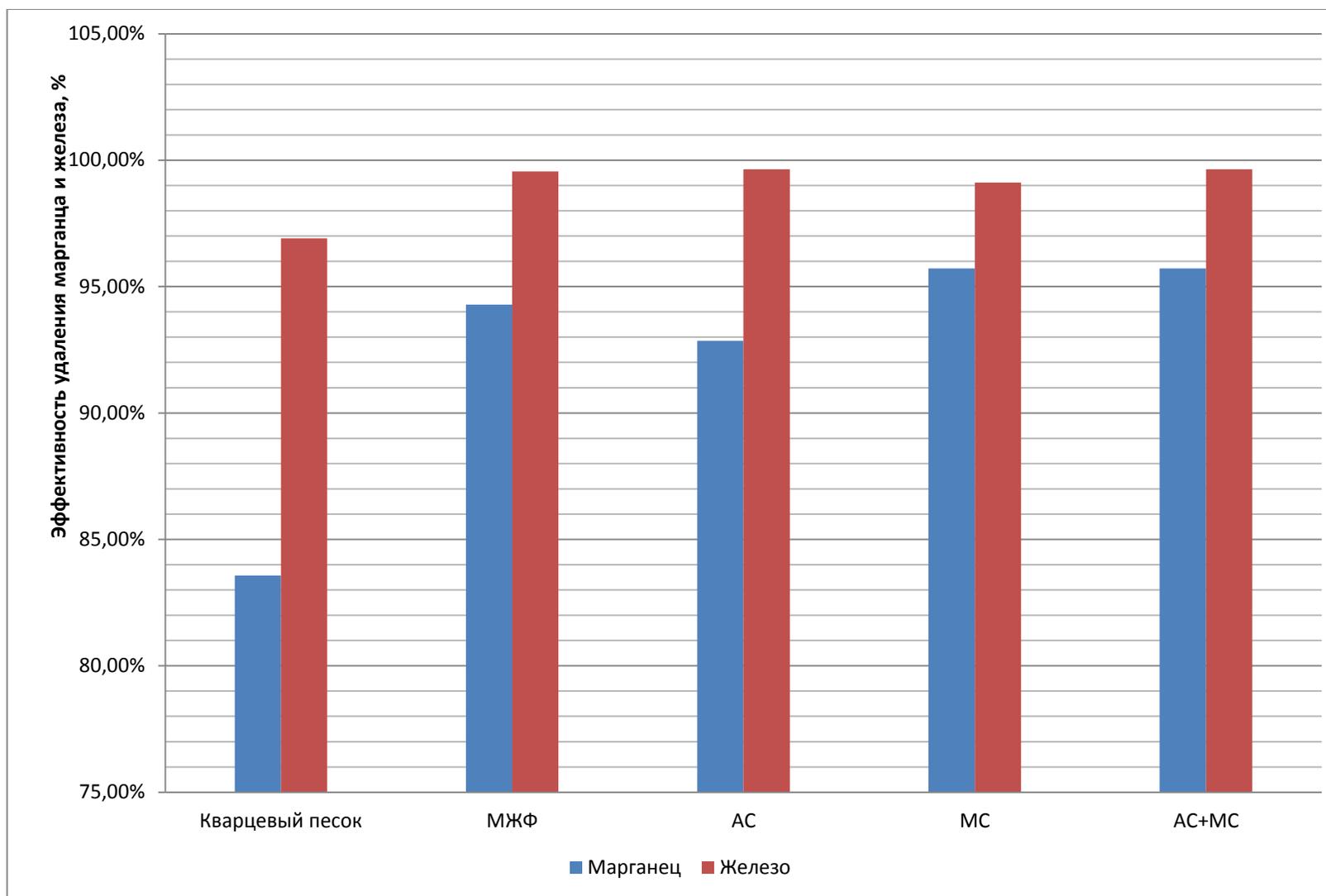


Рисунок. 3.2 График эффективности удаления марганца и железа для исследуемых каталитических загрузок.

Выводы по главе 3.

1. Исследования, при загрузке блока каталитической очистки кварцевым песком, показали, что при фильтровании исследуемой воды с показателями Fe – 11,3 мг/л, Mn - 1,4 мг/л продуктивность обезжелезивания составила 83,57% (0,23 мг/л); продуктивность деманганации составила 96,9% (0,35 мг/л). Так как концентраций марганца и железа после очистки кварцевым песком не соответствуют требованиям СанПиН 2.1.4.559-96, последующие использование его в малогабаритной установке не видится возможным.

2. Эксперименты при использовании остальных фильтрующих каталитических материалов показали, что все данные загрузки доводят качество полученной воды до норм по содержанию железа и марганца.

3. Опытные данные показали, что содержание марганца ниже всего в фильтрате после очистки Сорбентом МС (0,06 мг/л), тогда как показатели железа лучше у материалов МЖФ (0,05 мг/л) и Сорбента АС (0,04 мг/л).

4. Лучшие показатели фильтрата получены при использовании комбинации каталитических загрузок Сорбент АС + МС, продуктивность которых составила: по железу - 99,65%, по марганцу - 95,71%. Остальные каталитические фильтрующие материалы не обеспечивают данных показателей качества фильтрата по содержанию марганца и железа.

5. По результатам проведенных опытов для разработки технологической схемы малогабаритной установки по очистке подземных вод от железа и марганца в качестве фильтрующего материала напорного фильтра принята комбинация каталитических материалов Сорбент АС+ МС в сочетании 50% на 50 %.

4. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА МАЛОГАБАРИТНОЙ УСТАНОВКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ФИЛЬТРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА

4.1 Технология очистки подземных вод: методы и материалы

Исходное качество питьевой воды, отобранной для проведения исследований, не соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 [64] "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества." по концентрации железа до 37,6 ПДК (11,3 мг/л), марганца до 14 ПДК (1,4 мг/л). Жесткость воды превышает ПДК в 1,21 раза (8,5 °Ж) Мутность и цветность воды не превышает ПДК и составляет 1,5 мг/л, и 13,1 град. соответственно. Анализ воды приведен в приложении А.

Перед нами стоит задача разработать технологическую схему очистки воды из подземного источника с применением комбинированной каталитической загрузки – Сорбент АС + МС в сочетании 50% на 50 % для проектируемой малогабаритной установки, располагающейся непосредственно у водозабора.

За основу технологической схемы очистки подземных вод была принята комбинация методов деманганации и обезжелезивания при помощи совмещения упрощенной аэрации, окисления и фильтрования через модифицированную загрузку.

«Данная комбинация методов позволяет удалить излишки углекислоты и сероводорода при аэрации воды, во время которой она обогащается кислородом воздуха, создавая благоприятные условия для окисления марганца и железа. Окончательное разрушение комплексных соединений железа (II) и марганца (II), а также их окисление достигаются путем введения в обрабатываемую воду гипохлорита натрия. После чего соединения окисного железа и марганца

извлекаются из воды при фильтровании ее через зернистую каталитическую загрузку» [15 – 18, 35, 50, 62, 71, 77, 79].

4.2 Технологическая схема малогабаритной установки по очистке подземных вод

Опираясь на исследования, проведенные Э. А. Кюберисом в работе «Технология очистки подземных вод с высоким содержанием марганца и железа на малогабаритных установках», была предложена следующая комплектация установки малой производительности: фильтр грубой очистки; бак-аэратор; компрессор аэрационный; насосная станция второго подъема; комплекс дозирования окислителя; напорная контактная камера; обезжелезивающий фильтр; фильтр тонкой очистки; бак аккумулятор [43].
Схема малогабаритной установки представлена на рисунке 4.1.

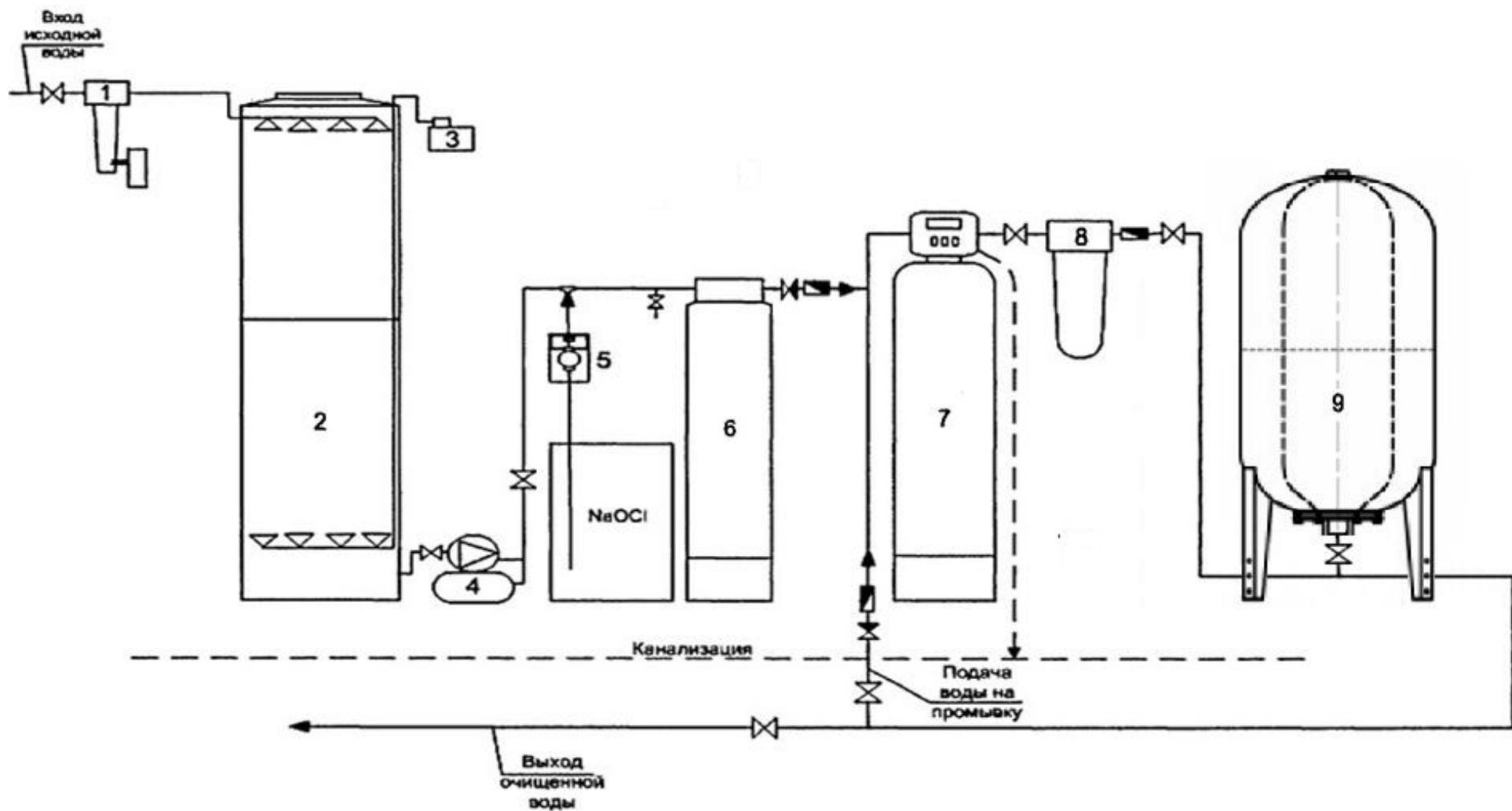


Рисунок 4.1 – Схема малогабаритной установки деманганации и обезжелезивания: 1 – фильтр грубой очистки; 2 – бак-аэрактор; 3 – компрессор аэрационный; 4 – насосная станция второго подъема; 5 – комплекс дозирования окислителя; 6 – напорная контактная камера; 7 – обезжелезивающий фильтр; 8 – фильтр тонкой очистки; 9 – гидроаккумулятор.

4.2.1 Система аэрации

С помощью аэрации из воды удаляются нежелательные растворенные элементы: разнообразные виды летучих органических и растворенных неорганических примесей, а также растворимые формы железа, магния и сероводорода. Загрязнители проходят следующие стадии: окисление и(или) восстановление, выделение в воду в нерастворимой. В системе, следуя рекомендациям п. 6.54 [66], в течении 25 мин поддерживается контакт растворенных в воде кислорода и примесей, для протекания химической реакции выделения примесей в нерастворимую форму, в виде хлопьев.

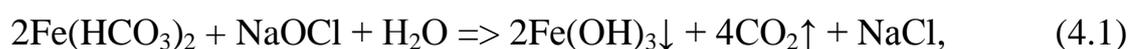
Аэрационная камера включает отдельный корпус с системой трубопроводов, приблизительно на пятьдесят процентов заполненного водой, и компрессора, нагнетающего под давлением воздух в корпус. «Процесс происходит путем излива загрязнённой воды через щелевые насадки с высоты 900 мм (не менее 500 мм [66]). Скорость выхода воды из щелей насадки – 1,5 – 2, 5 м/с п. 14.23.1» [20].

Размер бака-аэратора в диаметре составляет 500 мм и высоте – 1900 мм. За удельную нагрузку на бак-аэратор принята $30 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{ч})$ [20].

Бак-аэратор снабжается краном для удаления собравшегося осадка, а также поплавковым регулятором уровня, отвечающим за работу погружного и перекачивающего (второго подъема) насосов и компрессора.

4.2.2 Система окисления гипохлоритом натрия

Гипохлорит натрия оказывает разрушительное действие на гуматы и другие органические соединения железа и марганца, а также способствует переходу их в форму неорганических солей трехвалентного железа и четырехвалентного марганца, которые легко гидролизуются, выпадая в осадок, извлекающийся при фильтровании:





Для окисления 1 мг Fe^{2+} необходимо 0,64 мг активного хлора, согласно уравнению реакции, а для окисления 1 мг Mn^{2+} необходимо 1,3 мг активного хлора соответственно. В пересчете на активный 100% хлор, доза гипохлорита натрия вычислялась по формуле [42, 50, 66, 56]:

$$D_x = (0,64 * [\text{Fe}^{2+}]) + (1,3 * [\text{Mn}^{2+}]) + (D_{\text{ост}}), \quad (4.4)$$

где $[\text{Fe}^{2+}]$ – концентрация Fe^{2+} в исходной воде, мг/л;

$[\text{Mn}^{2+}]$ – концентрация Mn^{2+} в исходной воде, мг/л;

$D_{\text{ост}}$ – остаточная концентрация активного хлора, мг/л.

Также по формуле (4.4) была рассчитана доза 8% раствора гипохлорита натрия (NaOCl): $((0,64 * 14,6 + 1,3 * 2,2 + 0,5) * 100\%) / 8\% \approx 160$ мг/л.

Контактная напорная камера выполнена из материалов на основе полимеров пищевого класса. Диаметр камеры – 203 мм, высота – 1115 мм
Объем камеры – 33,5 л.

Время контакта гипохлорита натрия с водой с учетом производительности системы 500 л/ч составит: $(33,5 \text{ л} / 500 \text{ л/ч}) \times 60 \text{ мин} \approx 4$ мин.

Для оптимального окисления, была принят 8% раствор гипохлорита натрия. Формула расчёта производительности насоса-дозатора раствора следующая:

$$q_{\text{NaOCl}} = (d_{\text{NaOCl}} \times q_4) / (1000 \times \rho), \quad (4.5)$$

где d – max доза NaOCl , мг/л;

$q^a_{\text{ч}}$ – нагрузка на аэратор в час, л/ч;

ρ – плотность раствора реагента, г/л.

Следовательно, производительность насоса-дозатора составляет:

$$(160 \times 500) / (1000 \times 1120) = 0,07 \text{ л/ч}.$$

В сутки, из расчета $2 \text{ м}^3/\text{сут.}$, необходимо следующее количество реагента: $160 \text{ г/м} \times 2 \text{ м}^3/\text{сут} = 320 \text{ г/сут} = 0,32 \text{ кг/сут.}$

Основываясь на количестве квартального запаса реагента, рассчитываем объем растворно-расходного бака: $(160 \times 2000 \times 90)/(1000 \times 1120) = 26 \text{ л/квартал.}$

4.2.3 Фильтрующий обезжелезивающий фильтр

Обезжелезивающий фильтр насыпного типа (рисунок 4.2) включает: управляющий клапан, обводной вентильный канал, корпус, поддерживающая засыпка и фильтрующая среда.

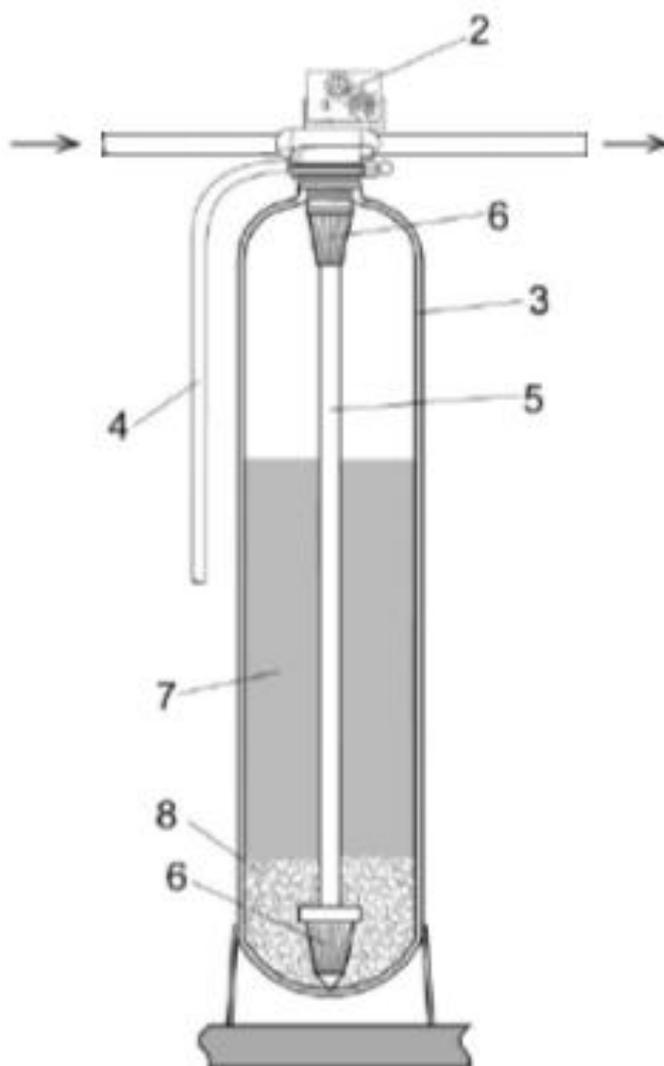


Рисунок 4.2 – Устройство автоматического фильтра обезжелезивания: 1 – управляющий клапан; 2 – контроллер; 3 – корпус; 4 – дренажный шланг; 5 – распределительная труба; 6 – щелевая корзина; 7 – фильтрующая загрузка; 8 – поддерживающая засыпка.

Управляющий клапан предназначен для направления движения потоков воды и управления скоростями в фильтре. Работа может осуществляться в автоматическом и ручном режимах. Управляющий клапан оснащен электронным контроллером, позволяющим в автоматическом режиме промывать фильтр в любое время согласно заданным параметрам.

Габариты обезжелезивающего фильтра определены, исходя из расчетной площади фильтрования, и составляют: диаметр – 370 мм и высота – 1650 мм. Корпус фильтра произведен из материалов на основе полимеров пищевого класса, армирован снаружи стекловолокном, пропитанным эпоксидной смолой. Внутри корпуса смонтирована система распределения воды, служащая для сбора фильтрата из корпуса после очистки, и последующей ее подачи в нижнюю часть корпуса для обратной промывки и взрыхления фильтрующей засыпки при регенерации. Система распределения воды оснащена смонтированной в нижней ее части щелевой (сетчатой) корзиной. Щели в корзине не дают вымываться зернам фильтрующей загрузки из корпуса.

В качестве поддерживающей засыпки используется отмытый и протравленный кварцевый гравий. Задача засыпки – равномерное распределение потоков воды по всей площади поперечного сечения корпуса фильтра, а особенно при обратной промывке.

Фильтрующая среда засыпается выше поддерживающей засыпки и состоит из каталитической загрузки: Сорбент АС фракция – 0,7 – 1,5 мм; Сорбент МС фракция – 0,5 – 1,0 мм.

Коэффициент неоднородности загрузки: Сорбент АС – 1,6 – 1,8 мм; Сорбент МС – 1,6 – 1,8 мм. Высота фильтрующего слоя – 1000 мм (500 + 500 мм). Фильтр содержит 90 л фильтрующего материала.

При загрузке фильтра важно учесть последовательность: первый нижний слой загружают сорбентом МС, второй – верхний сорбентом АС, так как АС

более легкий материал и при промывках остается сверху. Комплексное использование загрузок позволяет действовать ступенчато – сорбент АС задерживает механические примеси в воде скважин, сорбент МС более плотный, более тяжелый материал - задерживает более мелкие частицы.

Интенсивность обратной промывки – 11 л/с на 1 м² (40 м/ч). Продолжительность промывки 14 мин. Расчетный расход промывной воды составит: 11 л/с x м² x 0,1 м² = 1,1 л/с. Фильтр промывается в автоматическом режиме, чистой водой. [67, 68]

4.2.4 Гидроаккумулятор

Гидроаккумулятор в системе водоснабжения предназначен для: накопления воды и поддержания ее автоматической подачи до точки водоразбора; увеличения срока службы насоса, снимая на него нагрузку при частом его включении; предотвращения возможных гидроударов в системе водоснабжения.

Гидроаккумулятор вертикальной компоновки включает следующие элементы: стальной корпус; каучуковая мембрана для воды; пневматический клапан закачки и сброса воздуха; резьбовой штуцер для присоединения к системе водоснабжения.

Гидроаккумулятор в автоматическом режиме осуществляет подачу воды из бака до потребителя без работы насоса. Это происходит благодаря тому, что при водоразборе, воздух, накачанный в бак, выдавливает воду из мембраны под давлением. Давление воздуха в баке должно составлять 1,5-2 атмосферы. Гидроаккумулятор в автоматически заполняется водой в полном объеме, по мере расходования воды потребителем.

Объем бака рассчитывается исходя из хозяйственно-питьевых нужд водопотребителей. Для проектируемой малогабаритной установки выбран бак объемом 300 л.

Выводы по главе 4.

1. Основу технологической схемы удаления марганца и железа из подземных вод на установке малой производительности был принят комбинированный метод деманганизации и обезжелезивания через совмещение упрощенной аэрации, окисления гипохлоритом натрия и фильтрования при помощи каталитического материала.

2. Комплексное использование каталитических фильтрующих загрузок позволяет действовать ступенчато – сорбент АС задерживает механические примеси в воде скважин; сорбент МС более плотный и тяжелый по составу, задерживает более мелкие частицы.

3. Сорбент АС и МС имеют низкую способность к истиранию поэтому эффективны в работе длительное время, что позволяет снизить затраты на обслуживание системы

4. Установленный в системе гидроаккумулятор позволил отказаться от дополнительного насоса и сократить затраты на электропотребление в целом.

5. Разработанная технологическая схема и оборудование являются оптимальными для исходных показателей качества воды и индивидуальных потребностей водопотребителя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

1. Из представленных технологий деманганации и обезжелезивания наиболее оптимальным является комбинированный метод очистки вод подземных источников от марганца и железа с применением реагентов, что позволяет добиться глубокой очистки фильтрата с наилучшими показателями

2. Существует большое количество малогабаритных установок основанных на различных технологиях способных решить задачи по очистке подземных вод от марганца и железа. Однако некоторые из них недостаточно эффективны или дорогостоящи, другие основаны на сложных технологических схемах или содержат токсичные материалы.

3. Установлено, что ряд отечественных каталитических материалов к которым относятся МЖФ, Сорбент АС, Сорбент МС, производят обезжелезивание и деманганацию воды до норм ПДК, однако не достигают коэффициентов глубокой очистки по всем требуемым показателям.

4. Опытным путем выявлено, что комбинация каталитических материалов Сорбент АС + МС (50% на 50 %), обладает высокими фильтрующими свойствами, производительность которых составила: по железу - 99,65%, по марганцу - 95,71%.

5. Полученная технологическая схема и оборудование являются оптимальными для исходных показателей качества воды и индивидуальных нужд водопотребителя. Малогабаритная установка с использованием каталитических фильтрующих загрузок позволит обеспечить эффективную очистку подземных вод от марганца и железа с минимальными финансовыми расходами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Bryda K. Recent developments in cleanup technology / K. Bryda, L. Sellman. - Remediation, 1994. - Vol. 4, № 4. - P. 475-489.
2. Courtois P. L'environnement facteur de développement technologique // Environ, ettechn. - 1996. - № 160. - P. 91-94.
3. Dott W. Biological remediation processes - a challenge for the environmental hygiene: 3rd Eur. Meet. Environ Hyg. / W. Dott, P. Kampfer. - Zentralbl. Hyg. Und Um- weltmed. - 1991. - P. 36-39.
4. Eastaugh P. Pollutant treatment process cuts water storage requirement [Аппаратура для подготовки питьевой воды] // Offshore. Int. Ed. - 2002. - Vol. 62, № 3. - P. 92-93.
5. Hofmann DrJ. Abbau von organischen schadstoffen in grundwassern durchkatalytische oxidation / Dr J. Hofmann, Dr. L. Hantzschel // Chem. - Ing. - Techn. - 2002. № 2. - P. 3-5.
6. Hatva Tuomo. Iron and manganese in groundwater in Finland: Occurrence in glacialfluvial aquifers and removal by biofiltration. - Publ. Water and Environ. Res.Inst. - 1989. - P. 68-73.
7. Laine, J. M., Vial, D., Moulait, P. Status after 10 years of opération - overview of UF technology today // Proc. of the Conf. on Membranes in Drinking and Industrial Water Production. - 2000. V. 1.
8. Mores, W. D., Bowman, C. N., Davis, R. H. Theoretical and experimental flux maximization by optimization of backpulsing / W. D. Mores // J. Membr. Sci.- 2000. - №165.
9. Mayo Alice E. Nationwide water-quality reporting to the Congress as required under section 305(b) of the clean water act [Текст] / E. Mayo Alice, H. Grubbs Geoffrey // US Geol. Surv. Water-Supply Pap. - 1993. № 5. - P.

10. The safe drinking water act hi retrospect [Текст] // EPA Journal, - 1994. - Vol. 20, № 1. 15p.
11. 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.
12. Амосова, Э. Г. «Опыт проектирования и эксплуатации установок обезжелезивания подземных вод» [Текст] /Э. Г.Амосова, П. И. Долгополов // Водоснабжение и санитарная техника. - 2006. - № 2. - С. 40 - 47.
13. Андреев, С. Ю. «Новый безреагентный метод обезжелезивания подземных вод» [Текст] / С. Ю. Андреев, Б. М. Гришин, Т. В Малютин // Материалы IV Международной научно-практической конференции «Экология в строительстве»: Тез.докл. - Пенза, ПДЗ. - 2001.
14. Андреев, С. Ю. «Совершенствование безреагентных методов обезжелезивания подземных вод» / С. Ю. Андреев, Б. М. Гришин - М.: ВШТИ, 2001. - 112 с.
15. Артеменок, Н. Д. «Разработка технологии очистки подземных вод для целей питьевого водоснабжения в Западной Сибири» [Текст] / Н. Д. Артеменок // Вестник Сиб. гос. ун-та путей сообщения. - 1999. - вып. 1.- с. 54-58.
16. Асс, Г. Ю. «Очистка подземной воды от марганца и железа» [Текст] / Г. Ю. Асс, Б.Е. Трубецкой // Водоснабжение и санитарная техника. - 1979. - № 10. - с. 13-14.
17. Аузинып, А. Я. Обезжелезивание подземных вод. / А. Я. Аузинып, Е. Е Драхлин, Н. В. Новикова. - М.: Центр, правл. НТО коммун, хоз-во и быт. обслуж., 1985.-с. 76.

18. Белковский, Н. Б. «Обезжелезивание подземной воды» [Текст] / Н. Б. Белковский, Г. Ю. Асс // Рыбоводство и рыболовство. - 1983. - № 2. - с. 9-10.
19. Бочкарев, Г. Р. О новом природном сорбенте для извлечения металлов из водных сред / Г. Р. Бочкарев, Г. И. Пушкарева // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. - 1998. № 4. - С. 96-101.
20. Водоподготовка. "Водная Техника": - [Текст]. Каталог продукции. "Водная Техника". - М, 2005. - 144 с.
21. Гончарук, В.В. Развитие исследований в области окислительных и каталитических методов очистки воды /В.В. Гончарук [и др.] // Химия и технология воды. - 1998. - т. 20, № 1. - С. 67-75.
22. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2014 год. Выпуск 25. – Самара, 2015. – 298 с.
23. Дистанов, У. Г. Природные сорбенты СССР / У. Г. Дистанов, А. С. Михайлов, Т. П. Конюхова [и др]. - М.: Недра, 1990. - 208 с.
24. Драгинский, В. Л. «Очистка подземных вод от соединений железа, марганца и органических загрязнений» [Текст] / В. Т. Драгинский.
25. Евтюхова, О. В. Исследования по оценке сорбционной способности природных материалов: Тез. док. 15 Менделеев, съезда по общ. и прикл. Химии / О. В. Евтюхова, А. Н. Горшкова, И. А. Попова [и др.] - Минск, 1993. - Т. 1 - С. 370-371.
26. Запольский, А. К. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды / А. К. Запольский, А. А. Баран - JL : Химия, 1987. - 203 с.
27. Золотова, Е. Ф. «Очистка воды от железа, фтора, марганца и сероводорода» [Текст] / Е. Ф.Золотова, Г. Ю. Асс. - М. : Стройиздат, 1975. - 176 с. 106.
28. Каталитический материал Quantum-DM1 65 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.aquatrol.ru/ochistka-sredy-quantum.htm>

29. Каталитический материал Аква-Мандикс [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.aquastandart.ru/products/8/21/?PHPSESSID=de624d263abc02cb5c4202116b5e979>
30. Каталитический материал для удаления железа BIRM.: - [Текст]. Рекламный проспект "Clack Corporation" (США). - 2015. - 2 с.
31. Каталитический материал МЖФ [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.alliance-neva.ru/?issue_id=17
32. Каталитический материал МФО-47 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://components.mrfilter.ru/mfo47.html>
33. Каталог оборудования фирмы "КФ ЦЕНТР": - [Текст]. Рекламный проспект «КФ ЦЕНТР». - М, 2016. - 25 с.
34. Каталог фильтрующих материалов и ионообменных смол «Пьюролайт». - М., 2003.-13 с.
35. Клячко, В. А. «Очистка природных вод» [Текст] / В. А. Клячко, И. Э. Апельцин. - М.: Стройиздат, 1971. - 579 с.
36. Кожин, В. Ф. «Очистка питьевой и технической воды» [Текст] / В. Ф. Кожин. - М. : Стройиздат, 1971. - 303 с.
37. Кожин, В. Ф. Озонирование воды, / В. Ф. Кожин, И. В. Кожин - М. : Стройиздат, 1974, - 159 с.
38. Кокотов, Ю. А. Иониты и ионный обмен. / Ю. А. Кокотов. - JL: Химия, 1980. - 112 с.
39. 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.
40. Крайнов, С.Р. «Геохимия подземных вод хозяйственно-питьевого назначения» [Текст] / С.Р. Крайнов, В.М. Швец. - М.: Недра, 1987. - 237 с.
41. Кульский, Л. А. Очистка воды электрокоагуляцией. / Л. А. Кульский, П. П. Строкач, В. А. Слипченко [и др.] - К. : Будівельник - 1976. - 208 с.

42. Кюберис, Э. А. «Применение гипохлорита натрия в технологии водоподготовки» [Текст] / Э. А. Кюберис // Технические науки: Сб. тр. аспирантов и магистров. Н. Новгород: ННГАСУ, 2006. - С. 125-128
43. Кюберис, Э. А. Технология очистки подземных вод с высоким содержанием марганца и железа на малогабаритных установках: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.04/ Кюберис Эдуард Александрович. - Н. Новгород., 2009. – 134с.
44. Лифшиц, О. В. Справочник по водоподготовке котельных установок / Под. ред. О. В. Лифшица. - М. : Энергия, 1976. - 288 с.
45. Малогабаритные фильтры для осветления и обезжелезивания воды. Серия "CF": - [Текст]. Рекламный проспект «НВР» - М., 2016. - 2 с.
46. Марченко, А. Ю. «Технология безреагентной обработки подземных вод с устойчивыми формами железа» [Текст]: автореферат дис. канд. техн. наук: 05.23.04 / А. Ю. Марченко. - Владивосток, 2000. - 18 с.
47. Методические рекомендации по применению озонирования и сорбционных методов в технологии очистки воды от загрязнений природного и антропогенного происхождения / разработ. В. П. Драгинский, Л. П. Алексеева. - М, 1995. - 43 с.
48. Мясников, И. Н. «Совершенствование очистки подземных вод для питьевого водоснабжения» [Текст] / И. Н. Мясников, В. А. Потанина, Ю. Б. Буков // Водоснабжение и санитарная техника. - 1999. - № 7. С. 11-13.
49. Найданов, В. П. «Технология кондиционирования подземных вод Кузбасса для целей питьевого водоснабжения» [Текст] / В. П. Найданов, Т. А. Краскова, В. А. Усольцев // Второй междунар. конгр. «Вода: экология и технология»: Тез докл. -М., 1996.
50. Николадзе, Г. И. «Обезжелезивание природных и оборотных вод» [Текст] / Г. И. Николадзе. - М.: Стройиздат, 1980. - 160 с.

51. Николадзе, Г. И. «Обработка подземных вод для хозяйственно-питьевых нужд» [Текст] / Г.И. Николадзе // Водоснабжение и санитарная техника. - 1988. № 6. - С. 4-9.
52. Николадзе, Г. И. «Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения» [Текст] / Г. И. Николадзе, Д. М. Минц, А. А. Кастальский. - М.: Высшая школа, 1984. - 368 с.
53. Николадзе, Г. И. «Технология очистки природных вод» [Текст] / Г. И. Николадзе. - М.: Высшая школа, 1987. - 515 с.
54. Николадзе, Г. И. «Улучшение качества подземных вод» [Текст] / Г.И. Николадзе. - М.: Стройиздат, 1987. - 239с.
55. Николадзе, Г.И. «Водоснабжение» [Текст] / Г. И. Николадзе, М. А. Сомов. - М.: Стройиздат, 1995. - 688 с.
56. Оборудование для очистки воды и водоподготовки. Комплекующие. "ЭКО-ДАР": - [Текст]. Каталог продукции. Выпуск 1 "ЭКОДАР". - М, 2015.
57. Озоновые технологии [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.aquamama.ru/index/waterwork>
58. Оптимизация процесса обработки воды методом ультрафильтрации. А. П. Андрианов, инж. (МГСУ); А. Г. Первов, д-р техн. наук (ГНЦ РФ НИИ ВОДГЕО) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.watergeo.m/stat_adrian.shtml
59. Пат. 5511907 USA. Mobile injection device and method for delivery of remediation materials to underground contaminated soils and water/ Tabasco Joseph J. - № 439640; заявл. 12.05.95; опубл. 30.04.96.
60. Патент № 2108297 Россия, МКИ 6 С 02 F 4/06. Способ очистки воды. / Г. Р. Бочкарев, Г. И. Пушкарева, А. В. Белобородое и др. - Опубл. в БИ 1998. - № 10.

61. Руденко, Г. Г. «Удаление примесей из природных вод на водопроводных станциях» [Текст] / Г. Г. Руденко, И. Т. Гороновский. - Киев : Будвельник, 1976. - 208 с.
62. Румянцева, Л. П. Брызгальные установки для обезжелезивания воды [Текст] / Л. П. Румянцева. - М.: Стройиздат, 1973. - 104 с.
63. Рябчиков, Б. Е. «Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования» [Текст] / Б. Е. Рябчиков - М., 2004. - 327 с.
64. 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.
65. Скитер, Н. А. «Природные и модифицированные сорбенты для деманганации и обезжелезивания подземных вод» [Текст] : дис. канд. техн. наук: 05.23.04 / Н.А. Скитер. - Новосибирск, 2004. - 176 с.
66. СНиП 2.04.02-84*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения - М.: Стройиздат, - 1984. - 65 с.
67. Сорбент АС. Каталитический сорбент для удаления железа: - [Текст]. Рекламный проспект «НоваТерра» - М., 2016. - 2 с.
68. Сорбент МС. Каталитический сорбент для удаления марганца и железа: - [Текст]. Рекламный проспект «НоваТерра» - М., 2016. - 2 с.
69. Способ очистки подземных вод и промышленных стоков // Бюл. «Новые технологии». - 1996, № 3. - С. 4-5.
70. Справочник проектировщика. Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий [Текст] // Под ред. И. А. Назарова. - М.: Стройиздат, 1977. - 288 с.
71. Станкявичюс, В. И. «Обезжелезивание воды фильтрованием» [Текст] / В. И. Станкявичюс. - Вильнюс: Мокслас, 1978. - 120 с.

72. Станции обезжелезивания воды и умягчения серии ЕСО-А: - [Текст]. Рекламный проспект компании «Экоресурс-М» - Москва, 2016. - 2 с.
73. Тарасевич, Ю. И. Природные сорбенты в процессах очистки воды / Ю. И. Тарасевич - Киев : Наукова думка, 1981.- 207 с.
74. Тарасевич, Ю. И. Физико-химические основы и технология применения природных и модифицированных сорбентов в процессах очистки воды. - Химия и технология воды. - 1998. - т. 20, № 1. - С. 56-62.
75. Универсальные станции очистки воды "ЭКОДАР": - [Текст]. Каталог продукции "ЭКОДАР". - М, 2016. - 19 с.
76. Установки ультрафильтрации АМАК-UF: - [Текст]. Рекламный проспект компании АМАК - г. Екатеринбург, 2016. - 2 с.
77. 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.
78. Фрог, Б. Н. «Водоподготовка» [Текст] : учеб. пособие для вузов / Б. Н. Фрог, А. П. Левченко - М.: МГУ, 1996. - 680 с.
79. Чайковский, Г. П. «Деманганация и обезжелезивание подземных вод» [Текст]: учеб. пособие для вузов / Г. П. Чайковский, В. В. Кулаков, Е. В. Сошников. — Хабаровск : ДВГУПС, 1998. - 89с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Ф-1.2.8/2

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей
и благополучия человека
Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения
«Центр гигиены и эпидемиологии в Самарской области»
(ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Самарской области»)
Филиал ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Самарской области в городе Тольятти»
Орган инспекции
проезд Георгия Митирева, 1, г. Самара, 443079, тел./факс: (846) 260-37-97, 260-37-99
E-mail: fguzsamo@samtel.ru ОГРН 1056316020155 ИНН 6316098875
445032, Самарская область, г. Тольятти, Московский проспект, д.19
e-mail: cgiep@fguzilt.ru, ОГРН 1056316020155 ИНН 6316098875

Аттестат аккредитации
органа инспекции
RA.RU.710072 от 16.07.15



«УТВЕРЖДАЮ»
Заместитель технического руководителя
органа инспекции, заместитель главного
врача по организационным вопросам
Филиала ФБУЗ «Центр гигиены и
эпидемиологии в Самарской области в
городе Тольятти»
Рязанов Д. Д.
«21» 02 2017 г.

Экспертное заключение
по результатам испытаний

от 21.02.2017 г. № 3030

1. Наименование предмета экспертизы:

Результат лабораторных исследований воды питьевой индивидуального водоснабжения.

2. Заказчик: частное лицо

2.1. Юридический адрес:

2.2 Фактический адрес:

3. Изготовитель (разработчик):

3.1 Юридический адрес:

3.2 Фактический адрес:

4. Представленные на экспертизу и рассмотренные материалы:

- 1) Заявление №96 от 12.01.2017 г.
- 2) Протокол лабораторных испытаний №27 959 от 21.02.2017 ИЛЦ Филиала ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Самарской области в городе Тольятти» (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.510862 выдан «06» ноября 2014 г. Внесен в реестр аккредитованных лиц: «20» октября 2014 г.).

5. Заявление (поручение) на экспертизу зарегистрировано в Филиале ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Самарской области в городе Тольятти» № 96 от 12.01.2017.

Экспертное заключение №3030 от 21.02.2017

Страница 1 из 3

**Федеральная служба по надзору в сфере защиты
прав потребителей и благополучия человека
Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения
«Центр гигиены и эпидемиологии в Самарской области»
Филиал Федерального бюджетного учреждения здравоохранения
«Центр гигиены и эпидемиологии в Самарской области в городе Тольятти»**

Юридический адрес: 443079 г. Самара, пр. Георгия Митирева, 1, Телефон, Факс: (846)260-37-97
ОКПО 76776370, ОГРН 1056316020155; ИНН/КПП 6316098875/631601001

АТТЕСТАТ аккредитации Испытательной лаборатории (центра)
№ РОСС RU.0001.510882 выдан «06» ноября 2014 г.
Внесен в реестр аккредитованных лиц: «20» октября 2014 г.

Адрес осуществления деятельности лаборатории:
445032, г. Тольятти, Московский проспект 19 тел. (8482)374250



«Утверждаю».

Р.К. Ковалев, Руководитель ИЛЦ, заместитель главного врача
санитарно-гигиеническим вопросам
Краснов С. В.
2017 г.

ПРОТОКОЛ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ № 27 959 от 21.02.2017

Код образца (пробы):

27619.1.19.02.17.В; 27619.2.19.02.17.В

1. Наименование образца (пробы):

Вода питьевая индивидуального водоснабжения

2. Заказчик:

частное лицо

2.1 Юридический адрес:

445146, Самарская обл., Ставропольский р-н.,

3. Изготовитель*:

3.1 Юридический адрес*: -

3.2. Фактический адрес*:

3.3 Дата* и время* изготовления

4. Дополнительные сведения*:

Заявление №99 от 12.01.2017. Проба воды питьевой отобрана и доставлена заказчиком. Акт отбора образцов (проб) от 19.02.2017

5. Дата и время* отбора:

19.02.2017 час 9 мин 00

Ф.И.О., должность, отобравшего образец (пробу)*:

частное лицо

6. Дата начала испытаний: 19.02.2017 г.

Дата окончания испытаний: 20.02.2017 г.

7. Результаты лабораторных испытаний

№ 1238 от 19.02.2017, № 474 от 20.02.2017 ИЛЦ Филиал ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Самарской области в городе Тольятти»

*Протокол (результаты) лабораторных испытаний не могут быть воспроизведены полностью или частично без
письменного разрешения Испытательной лаборатории (центра)*

Протокол № 27 959 от 21.02.2017

Стр.1 из 2

Определяемые показатели	Результаты испытаний ± характеристика погрешности **(неопределенности)	Ед. изм.	НД, на методы испытаний
КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ			
Регистрационный номер в лаборатории: 1238			
Цветность (Сг-Со)	65,6 ± 0,4	градусы	ГОСТ 31868-2012
Мутность	7,4	мг/дм³	ПНД Ф 14.1:2:4.213-05
Жесткость	8,5 ± 1,3	°Ж	ГОСТ 31954-2012
Марганец суммарно	2,2 ± 0,003	мг/дм³	ГОСТ 4974-2014
Железо суммарно	14,6	мг/дм³	ПНД Ф 14.1:2:4.50-96
Аммиак	3,2	мг/дм³	ПНД Ф 14.1:2:4.276-2013
Сероводород	4,5	мг/дм³	ПНД Ф 14.1:2:4.109-97
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ			
Регистрационный номер в лаборатории: 474			
ОМЧ 37 град С	0	КОЕ/мл	МУК 4.2.1018-01
ОКБ	Не обнаружены в 100 мл	КОЕ в 100 мл	МУК 4.2.1018-01
ТКБ	Не обнаружены в 100 мл	КОЕ в 100 мл	МУК 4.2.1018-01

*заполняется при необходимости

**Уровень оцененной неопределенности соответствует заданным пределам

Протокол составлен в 4 экземплярах

Лицо, ответственное за оформление протокола: Плавкова Н.М.

Плавкова Н.М.

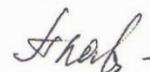
Определяемые показатели	Результаты испытаний ± характеристика погрешности **(неопределенности)	Ед. изм.	НД, на методы испытаний
КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ			
Регистрационный номер в лаборатории: 1238			
Цветность (Сг-Со)	4,2	градусы	ГОСТ 31868-2012
Мутность	менее 1,0	ЕМФ	ПНД Ф 14.1:2:4.213-05
Жесткость	6,8	° Ж	ГОСТ 31954-2012
Марганец суммарно	0,23	мг/дм³	ГОСТ 4974-2014
Железо суммарно	0,35	мг/дм³	ПНДФ 14.1:2:4.50-96
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ			
Регистрационный номер в лаборатории: 474			
ОМЧ 37 град С	0	КОЕ/мл	МУК 4.2.1018-01
ОКБ	Не обнаружены в 100 мл	КОЕ в 100 мл	МУК 4.2.1018-01
ТКБ	Не обнаружены в 100 мл	КОЕ в 100 мл	МУК 4.2.1018-01

*заполняется при необходимости

**Уровень оцененной неопределенности соответствует заданным пределам

Протокол составлен в 4 экземплярах

Лицо, ответственное за оформление протокола: Плавкова Н.М.



Определяемые показатели	Результаты испытаний ± характеристика погрешности **(неопределенности)	Ед. изм.	НД, на методы испытаний
КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ			
Регистрационный номер в лаборатории: 1238			
Цветность (Сг-Со)	1,7	градусы	ГОСТ 31868-2012
Мутность	менее 1,0	ЕМФ	ПНД Ф 14.1:2:4.213-05
Жесткость	6,5	°Ж	ГОСТ 31954-2012
Марганец суммарно	0,08	мг/дм³	ГОСТ 4974-2014
Железо суммарно	0,05	мг/дм³	ПНДФ 14.1:2:4.50-96
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ			
Регистрационный номер в лаборатории: 474			
ОМЧ 37 град С	0	КОЕ/мл	МУК 4.2.1018-01
ОКБ	Не обнаружены в 100 мл	КОЕ в 100 мл	МУК 4.2.1018-01
ТКБ	Не обнаружены в 100 мл	КОЕ в 100 мл	МУК 4.2.1018-01

*заполняется при необходимости

**Уровень оцененной неопределенности соответствует заданным пределам

Протокол составлен в 4 экземплярах

Лицо, ответственное за оформление протокола: Плавкова Н.М.

Плавкова Н.М.

Протокол (результаты) лабораторных испытаний не могут быть воспроизведены полностью или частично без письменного разрешения Испытательной лаборатории (центра)

Протокол № 27 974 от 24.04.2017

Стр.2 из 2

Определяемые показатели	Результаты испытаний \pm характеристика погрешности **(неопределенности)	Ед. изм.	НД, на методы испытаний
КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ			
Регистрационный номер в лаборатории: 1238			
Цветность (Cr-Co)	1,3	градусы	ГОСТ 31868-2012
Мутность	менее 1,0	ЕМФ	ПНД Ф 14.1:2:4.213-05
Жесткость	6,2	° Ж	ГОСТ 31954-2012
Марганец суммарно	0,1	мг/дм ³	ГОСТ 4974-2014
Железо суммарно	0,04	мг/дм ³	ПНДФ 14.1:2:4.50-96
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ			
Регистрационный номер в лаборатории: 474			
ОМЧ 37 град С	0	КОЕ/мл	МУК 4.2.1018-01
ОКБ	Не обнаружены в 100 мл	КОЕ в 100 мл	МУК 4.2.1018-01
ТКБ	Не обнаружены в 100 мл	КОЕ в 100 мл	МУК 4.2.1018-01

*заполняется при необходимости

**Уровень оцененной неопределенности соответствует заданным пределам

Протокол составлен в 4 экземплярах

Лицо, ответственное за оформление протокола: Плавкова Н.М.

Плавкова Н.М.

Определяемые показатели	Результаты испытаний ± характеристика погрешности **(неопределенности)	Ед. изм.	НД, на методы испытаний
КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ			
Регистрационный номер в лаборатории: 1238			
Цветность (Сг-Со)	1,3	градусы	ГОСТ 31868-2012
Мутность	менее 1,0	ЕМФ	ПНД Ф 14.1:2:4.213-05
Жесткость	6,5	° Ж	ГОСТ 31954-2012
Марганец суммарно	0,06	мг/дм ³	ГОСТ 4974-2014
Железо суммарно	0,1	мг/дм ³	ПНДФ 14.1:2:4.50-96
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ			
Регистрационный номер в лаборатории: 474			
ОМЧ 37 град С	0	КОЕ/мл	МУК 4.2.1018-01
ОКБ	Не обнаружены в 100 мл	КОЕ в 100 мл	МУК 4.2.1018-01
ТКБ	Не обнаружены в 100 мл	КОЕ в 100 мл	МУК 4.2.1018-01

*заполняется при необходимости

**Уровень оцененной неопределенности соответствует заданным пределам

Протокол составлен в 4 экземплярах

Лицо, ответственное за оформление протокола: Плавкова Н.М.

Плавкова

Протокол (результаты) лабораторных испытаний не могут быть воспроизведены полностью или частично без письменного разрешения Испытательной лаборатории (центра)

Протокол № 27 977 от 24.04.2017

Стр.2 из 2

Определяемые показатели	Результаты испытаний ± характеристика погрешности **(неопределенности)	Ед. изм.	НД, на методы испытаний
КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ			
Регистрационный номер в лаборатории: 1238			
Цветность (Сг-Со)	1,3	градусы	ГОСТ 31868-2012
Мутность	менее 1,0	ЕМФ	ПНД Ф 14.1:2:4.213-05
Жесткость	6,1	° Ж	ГОСТ 31954-2012
Марганец суммарно	0,06	мг/дм³	ГОСТ 4974-2014
Железо суммарно	0,04	мг/дм³	ПНДФ 14.1:2:4.50-96
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ			
Регистрационный номер в лаборатории: 474			
ОМЧ 37 град С	0	КОЕ/мл	МУК 4.2.1018-01
ОКБ	Не обнаружены в 100 мл	КОЕ в 100 мл	МУК 4.2.1018-01
ТКБ	Не обнаружены в 100 мл	КОЕ в 100 мл	МУК 4.2.1018-01

*заполняется при необходимости

**Уровень оцененной неопределенности соответствует заданным пределам
Протокол составлен в 4 экземплярах

Лицо, ответственное за оформление протокола: Плавкова Н.М.

Плавкова Н.М.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.

Характеристики современных каталитических материалов

1 Каталитический материал BIRM [70]

BIRM является эффективной и экономичной загрузкой для удаления растворенных в воде соединений марганца и железа. BIRM – катализатор реакции окисления соединений железа растворенным в воде кислородом. Нерастворимые соединения железа, являющиеся результатом окисления, осаждаются в слое загрузки и могут быть легко отфильтрованы. BIRM не расходуется в процессе удаления железа и является более экономичным по сравнению с другими загрузками.

BIRM обеспечивает качественную фильтрацию. Фильтр легко очищается от осажденных частиц путем обратной промывки. BIRM может использоваться как в напорных, так и в безнапорных системах очистки воды.

Другими преимуществами применения Birm являются: долгий срок службы загрузки и низкая истираемость, широкий температурный диапазон использования и высокая эффективность удаления железа. В отличие от других фильтрующих загрузок BIRM не требует химических реагентов для восстановления, необходима только периодическая обратная промывка.

BIRM может использоваться и для удаления марганца по той же технологии, что и при удалении железа. В этом случае входная вода должна иметь рН от 8.0 до 9.0 для получения хороших результатов.

Если вода помимо марганца содержит соединения железа, то рН не должен превышать 8.5, так как высокое значение рН может быть причиной образования трудноудаляемого коллоидного железа. Все остальные условия удаления марганца те же, что и при удалении железа. Поставщик – фирма Clack Corporation (США).

Физические свойства:

Цвет: черный;

Насыпной вес: 0,7 кг/дм³ ;

Коэффициент неоднородности: 1,96;

Крупность загрузки: 2,0 – 0,42 мм.

Условия применения:

- рН воды: 6,8 – 9,0;
- щелочность: в два раза больше концентрации сульфатов и хлоридов;
- отсутствие нефтепродуктов и сероводорода;
- перманганатная окисляемость: не выше 4 – 5 мгО₂/л;
- концентрация растворенного кислорода в воде – не меньше 15 % от содержания железа в воде;
- концентрация свободного хлора: менее 0,5 мг/л (хлорирование воды значительно снижает активность материала). Высокие концентрации соединений хлора в воде могут истощить каталитическое покрытие гранул);
- высота слоя загрузки: 75 – 90 см (30 – 36 дюймов);
- скорость фильтрации: 8,5 – 12 м/ч;
- интенсивность обратной промывки: 6,5 – 8,0 л/с на 1 м²;
- расширение слоя фильтрующей загрузки: 35 – 50 %.

2 Каталитический материал МЖФ [71]

МЖФ – пористый материал, состоящий из смеси оксидов и карбонатов кальция и магния в первую очередь, а также оксидов алюминия и кремния. В его порах закреплен каталитически активный компонент – диоксид марганца, равномерно распределенный по объему зерна. Равномерность распределения по объему гранулы каталитически активного компонента обеспечивает стабильность работы материала при длительной его эксплуатации, поскольку при истирании гранул химический состав поверхности не изменяется.

МЖФ является продуктом переработки доломитизированных пород. Кроме оптимальных кислотно-основных свойств исходного сырья при его

выборе, учитывались и другие его свойства – такой существенный фактор, как, например слёживаемость, что характерно для материалов на основе разновидностей активного кремнезема. Длительный контакт гранул кремнезема – 8102, той или иной модификации, со щелочным раствором солей металлов (Ca, Mg, Fe, Mn.) рано или поздно, в зависимости от значения pH раствора, приведет к образованию аморфных гелей гидросиликатов обладающих вяжущими свойствами. В случае с МЖФ, синтезированного на основе карбонатов кальция и магния причины химической природы, обуславливающие способность материала слёживаться исключены.

МЖФ - твёрдая буферная система, корректирующая pH очищаемой воды. Независимо от pH исходной воды и концентрации в ней марганца и железа, значение pH очищенной воды колеблется в диапазоне 7 – 8.

МЖФ не имеет противопоказаний к применению других окислителей озона, гипохлорита натрия, перманганата калия. Производитель компания «Альянс-Нева», г. Санкт-Петербург.

Физические свойства:

Цвет: коричнево-бурый;

Насыпной вес: 1.4 кг/дм³ ;

Крупность загрузки: 1,5 – 0,5 мм;

Коэффициент неоднородности: 1,4 – 2,0.

Условия применения:

- отсутствие нефтепродуктов;
- максимальная температура воды: 38°C;
- при концентрации железа в исходной воде более 10 мг/л рекомендуется регенерировать МЖФ чистой водой;
- рекомендуемая скорость фильтрации: 7,0 – 12 м/ч;
- рекомендуемая интенсивность обратной промывки: 10 л/с на 1 м²;
- расширение слоя фильтрующей загрузки: 20%.

3 Каталитический материал АМОХ (Аква-Мандрикс) [72]

АМОХ – природный минерал пиролюзит. Используется в однослойных и многослойных фильтрах для удаления из воды растворенных железа, марганца и сероводорода. Поставщик – компания «Аквастандарт», г. Москва.

Физические свойства:

Цвет: темно-коричневый;

Крупность загрузки: 1,0 - 0,5 мм; Коэффициент неоднородности: 1,6; Оксид марганца: 78 - 80 %. Условия применения:

- высота слоя: 1200 мм;
- доля АМ1ЭХ в двухслойных фильтрах: не менее 10 %;
- относительное содержание АМЕ)Х при концентрации марганца:
 - менее 0,25 мг/л: 10 %;
 - 0,25 – 0,50 мг/л: 20 %;
 - 0,50 – 0,75 мг/л: 30 %;
 - более 0,75 мг/л: 50 – 100 %;
- фракция кварцевого песка (для двухслойных фильтров): 0,7 – 1,25 мм;
- скорость фильтрации: 5 – 12 м/ч;
- интенсивность обратной промывки: 16,5 – 19,5 л/с на 1 м²;
- расширение слоя при фильтрующей загрузке: 35 – 50 %;
- диапазон рН:
 - для удаления железа: 6,0 – 7,5;
 - для удаления марганца: 7,0 – 8,0;
- щелочность: не менее 2 мг-экв/л;
- содержание хлора: менее 0,5 мг/л.

4 Каталитический материал МФО - 47 [73]

Фильтрующий материал МФО-47 предназначен для очистки воды от марганца и железа, также обеспечивает эффективное задержание взвешенных частиц. Растворенные в воде соединения двухвалентного марганца и железа окисляются на поверхности зерен МФО - 47.

МФО – 47 не расходуется в процессе удаления марганца и железа и при обратной промывке. Производитель – компания ООО "МФО – Компоненты», г. Томск. Физические свойства: Цвет: коричневый;

Насыпной вес: 1,25 кг/дм³ ;

Пористость: 52 – 60 %;

Крупность загрузки: 1,5 – 0,5 мм;

Коэффициент неоднородности: 1,4 – 1,6.

Условия применения:

- скорость фильтрации: 8 – 15 м/ч;
- интенсивность обратной промывки: 5,5 – 7,0 л/с на 1 м ;
- суммарное содержание железа: 20 мг/л;
- суммарное содержание марганца: 0,8 мг/л;
- концентрация растворенного кислорода в воде: не меньше 15% от содержания марганца и железа в воде.

5 Каталитический материал QUANTUM DMI - 65 [74]

Quantum DMI-65 предназначен для удаления из воды марганца и железа, без необходимости регенерации раствором перманганата калия. Благодаря уникальной микропористой структуре DMI - 65 позволяет эффективно снижать содержание железа до значения 0,005 мг/л, марганца – до 0,001 мг/л. Принцип действия DMI-65, который представляет собой катализационный песок,

базируется на окислении растворенных железа, марганца и осаждении окислов в толще загрузки.

Quantum DMI-65 требует непрерывного дозирования раствора гипохлорита натрия с концентрацией 0,1 – 0,3 мг/л. Среда протестирована и сертифицирована Water Quality Association на соответствие международному стандарту NSF/ANSI61. Поставщик - компания ООО «Акватрол», г. Москва.

Физические свойства:

Цвет: черно-коричневый;

Насыпной вес: 1,45 кг/дм³;

Крупность загрузки: 0,48 мм;

Коэффициент неоднородности: 1,34.

Условия применения:

- скорость фильтрации: 5 – 29 м/ч;
- интенсивность обратной промывки: 6,5 – 13,5 м/ч;
- расширение слоя фильтрующей загрузки: 15 – 50 %;
- диапазон pH: 5,8 – 8,6.

6 Каталитический материал Сорбент АС [75]

Сорбент АС каталитический алюмосиликатный сорбент нового поколения. Применяется для очистки любых типов воды от огромного спектра загрязнений, в том числе железа на концентрациях до 50 мг/л. Аналогов не имеет по соотношению цена/качество. Является оптимальным, экономически эффективным решением для удаления широкого спектра загрязнений, включая: железо, стронций, ТЦМ, алюминий, нефтепродукты, фенол, фтор и др. «Сорбент АС» рекомендован для применения, как для напорных, так и для безнапорных систем, в качестве основного или многослойного элемента слоя загрузки. Особенно эффективен при совместном применении с «Сорбентом МС».

Сорбент АС действует как катализатор окисления в реакциях взаимодействия растворённого кислорода с соединениями железа (II) и (III), в результате чего образуется гидроксид железа (III), который является не растворимым соединением и легко удаляется обратным током воды. В процессе прохождения воды через фильтрующий материал на его гранулах формируется плёнка гидроокиси железа, которая ещё больше повышает сорбционные свойства материала не только по железу, но и по сероводороду, марганцу, алюминию, стронцию, хром, барию, тяжёлым цветным металлам, фенолу, фтору, радионуклидам и переводит их в грубодисперсные частицы.

Сорбент АС в процессе эксплуатации не расходуется, является очень прочным материалом. Физико-химические свойства сорбента отвечают требованиям ГОСТ Р 51641-2000. Сорбент не обработан дополнительно химически активными покрытиями на основе марганца или иного каталитически активного металла, что исключает вероятность отказа в работе при истощении или смыве данных поверхностей. Это одно из принципиальнейших отличий сорбента от загрузок типа «ВШМ», «МЖФ», черных песков и т.п. Каталитически активные компоненты входят в структуру гранулы сорбента равномерно, что обеспечивает эффективную работу даже при разломе гранулы. Поставщик - АО «Сорбент», г. Пермь.

Физические свойства:

Насыпной вес: 0,67 — 0,72 кг/дм³;

Пористость: 46 - 52 %;

Крупность загрузки: 0,315 - 0,7мм; 0,7 - 1,5мм; 1,5 - 3,0мм;

Коэффициент неоднородности: 1,4- 1,6.

Условия применения:

- минимальная высота слоя: 400 - 1000 мм;
- скорость фильтрации: 10-20 м/ч;
- интенсивность обратной промывки АС: 5,5 л/с на 1 м²;

- расширение слоя фильтрующей загрузки: 30 - 35 %;
- рН: не менее 5,8.

7 Каталитический материал Сорбент МС [76]

Сорбент МС это загрузка нового поколения, не имеющая аналога в мировой практике очистки воды. Является оптимальным, экономически эффективным решением для удаления марганца и железа. «Сорбент МС» рекомендован для применения, как в напорных, так и в безнапорных системах, в качестве основного или многослойного элемента слоя загрузки. Особенно эффективен при совместном применении с Сорбентом АС. При подборе «Сорбент АС» + «Сорбент МС» исходить из принципа, что первая по ходу воды загрузка крупнее.

Сорбент МС действует как катализатор окисления в реакциях взаимодействия растворенного кислорода с соединениями железа (II) и (III), в результате которой образуется гидроксид железа (III), который является не растворимым соединением и легко удаляется обратным током воды. Сероводород и марганец также окисляются и задерживаются в последующих слоях загрузки с удалением обратным током воды. Сорбент не требует для регенерации применение каких-либо химических реагентов. Необходимой и достаточной является периодическая промывка водой или водовоздушная, что эффективнее.

Сорбент МС в процессе эксплуатации не расходуется, является очень прочным материалом. Физико-химические свойства сорбента отвечают требованиям ГОСТ Р 51641-2000. «Сорбент МС» имеет большую емкость и успешно поддерживает очень низкие концентрации загрязнений в обработанной воде. Поставщик – АО «Сорбент», г. Пермь.

Физические свойства:

Насыпной вес: 1,35-1,4 кг/дм³;

Пористость: 46 - 49 %;

Крупность загрузки: 0,5 - 1,0 мм; 0,7 — 1,2 мм; 1,0 - 2,0 мм;

Коэффициент неоднородности: 1,6 - 1,8.

Условия применения:

- минимальная высота слоя: 400 — 1000 мм;
- скорость фильтрации: 10-15 м/ч;
- интенсивность обратной промывке МС: 14,0 - 16,5 л/с на 1 м²;
- интенсивность обратной промывке (МС+АС): 11,0 - 14,0 л/с на 1 м²;
- расширение слоя фильтрующей загрузки: 30 — 35 %;
- рН: не менее 5,0.

8 Каталитический материал МТМ [77]

МТМ - гранулированная фильтрующая загрузка, обогащенная оксидом марганца (II). Он используется для удаления железа, марганца и сероводорода из воды. Активная поверхность гранул МТМ окисляет и осаждает растворенное железо и марганец. Сероводород окисляется до серы. Осадок задерживается слоем фильтрующей загрузки и удаляется при обратной промывке. МТМ состоит из легких гранул с нанесенным на их поверхность оксидом марганца (II). Это покрытие обеспечивает контактную фильтрацию, где среда сама по себе обладает окислительным потенциалом. Это позволяет расширить границы применения фильтрующей загрузки по сравнению с другими наполнителями для удаления железа. Его можно использовать при рН 6,2 и выше. Растворенный в воде кислород не является необходимым условием работоспособности. МТМ требует меньшую интенсивность обратной промывки. Когда окислительный потенциал МТМ уменьшится, следует провести его регенерацию раствором перманганата калия для восстановления окислительной способности. Для обычной регенерации достаточно использовать раствор, приготовленный из расчета 1,5 - 2 г (сухого веса) на 1 литр МТМ.

Перед регенерацией МТМ должен быть подвергнут обратной промывке потоком, который не вымоет легкие гранулы в дренаж. Перед вводом в эксплуатацию фильтров с МТМ следует провести обратную промывку (исключая возможность уноса легких гранул в дренаж) и обязательно провести его регенерацию.

МТМ используется с периодической или постоянной схемой регенерации для восстановления окислительной способности. Восстановление окислительной способности загрузки проводится раствором перманганата калия или последовательной обработкой растворами хлора и перманганата калия. Оксид марганца (II) на поверхности гранул при этом выступает как катализатор окисления, а также как буфер для исключения попадания перманганата калия в водопроводную магистраль потребителя. Поставщик — компания инженерный центр «Водная Техника», г. Москва.

Ресурс:

Железо: 10 000 л воды с концентрацией железа 1 мг/л;

Марганец: 5 000 л воды с концентрацией марганца 1 мг/л;

Сероводород: 3 000 л воды с концентрацией сероводорода 1 мг/л.

Физические свойства:

Цвет: темно-коричневый;

Насыпной вес: 0.43 кг/дм³;

Крупность загрузки: 1,68 - 0,5 мм;

Коэффициент неоднородности: 1.9.

Условия применения:

- рН воды: 6.2 - 8.8 (при рН менее 6,8 - при дозировании хлора);
- отсутствие нефти и полифосфатов;
- максимальная температура воды: 38 °С
- высота слоя: 61 - 92 см (24 — 36 дюймов);

- расширение слоя фильтрующей загрузки: 20 — 40 %;
- скорость фильтрации: 7,0-12 м/ч;
- интенсивность обратной промывки: 5,5 - 6,5 л/с на 1 м~;

Реагент: перманганат калия;

Доза регенерата: 1,5 — 2 г/л МГМ.

9 Каталитический материал - Manganese Greensand (MGS) [78]

Manganese Greensand (далее - марганцевый зеленый песок) глауконитовый песок, обогащенный оксидами марганца (II), который способен удалять из воды железо, марганец и сероводород. Он окисляет и осаждает растворенное железо и марганец за счет контакта с высшими оксидами марганца на гранулах марганцевого зеленого песка. Сероводород окисляется до серы. Осадок задерживается слоем фильтрующей загрузки и удаляется посредством обратной промывки.

Для восстановления окислительной способности марганцевого зеленого песка следует провести его регенерацию слабым раствором перманганата калия. Для обычной регенерации достаточно использовать раствор, приготовленный из расчета 2 - 4 г (сухого веса) на 1 литр фильтрующей загрузки.

Использование фильтров после исчерпания окислительного потенциала (несвоевременное проведение регенерации) приведет к сокращению срока службы марганцевого зеленого песка. Марганцевый зеленый песок используется с периодической или постоянной схемой регенерации для восстановления окислительной способности. Восстановление окислительной способности загрузки проводится раствором перманганата калия или последовательной обработкой растворами хлора и перманганата калия. Оксид марганца (II) на поверхности гранул при этом выступает как катализатор окисления, а также как буфер для исключения попадания перманганата калия в

водопроводную магистраль потребителя. Поставщик — компания «Экодар», г. Москва.

Ресурс:

Сероводород: 400 л воды с концентрацией сероводорода 1 мг/л на литр марганцевого зеленого песка. Физические свойства: Цвет: черный;

Насыпной вес: 1,4 г/см; Крупность загрузки: 1,2 - 0,25 мм;

Коэффициент неоднородности: 1,6. Условия применения:

- рН воды: 6,2 - 8,8 (при рН менее 6,8 - при дозировании хлора);
- максимальное содержание в исходной воде железа или марганца: 15 мг/л;
- максимальное содержание в исходной воде сероводорода: 5 мг/л;
- высота слоя: 75 см (30 дюймов);
- расширение слоя фильтрующей загрузки: 35 - 50 %;
- скорость фильтрации: 5 - 12 м/ч;
- интенсивность обратной промывки: 5,5 - 8,0 л/с на 1 м ;

Реагент: перманганат калия;

Доза реагента: 2 - 4 г/л МСх8.