

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Институт «Архитектурно-строительный»
Кафедра «Градостроительство, инженерные сети и системы»

ПРОЕКТ ПРОВЕРЕН

Рецензент

Е.В. Николаенко

_____ 20__ г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

Д.В. Ульрих

_____ 20__ г.

Проект очистных сооружений водопровода п. Луговой
Челябинской обл.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ ВКР

Консультанты:

Технология строит. пр-ва

А.И. Стуков

_____ 20__ г.

Руководитель проекта

Е.В. Николаенко

_____ 2020 г.

Автор проекта

студент группы АС-421

Н.П. Трякшин

_____ 2020 г.

Нормоконтролер

К.И. Чучелов

_____ 2020 г.

Челябинск
2020

АННОТАЦИЯ

Трякшин Н.П. Выпускная квалификационная работа «Проект очистных сооружений водопровода п.Луговой Челябинской обл.» – Челябинск: ЮУрГУ, АС-институт, 2020. – 114 с.– 6 листов ф.А1 – библи. 25 назв.

В выпускной квалификационной работе разработан проект очистных сооружений водопровода п.Луговой Челябинской обл.

В пояснительной записке приведены характеристики запроектированной системы водоснабжения, представлены основные расчеты по потребителям, подобрано оборудование для систем водоснабжения. Так же рассмотрены технология производства работ по прокладке водопроводных сетей до места врезки в существующую сеть.

					<i>ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108. ПЗ.ВКР</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	Проект очистных сооружений водопровода п. Луговой Челябинской обл.	<i>Стадия</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Зав. каф.</i>	<i>Ульрих</i>					<i>ВКР</i>	<i>6</i>	<i>114</i>
<i>Руковод.</i>	<i>Николаенко</i>					<i>ЮУрГУ (НИУ)</i>		
<i>Разработ</i>	<i>Трякшин</i>					<i>Кафедра ГИСС</i>		
<i>Проверил</i>	<i>Николаенко</i>							
<i>Н. контр</i>	<i>Чучелов</i>							

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	12
1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАНЦИИ ВОДОПОДГОТОВКИ.....	13
1.1 Характеристика системы водоснабжения пос. Луговой.....	13
1.2 Характеристика водопотребителей пос. Луговой.....	18
1.3 Инженерно-геологическая характеристика предполагаемой площадки строительства.....	18
1.4 Задачи проектирования.....	19
2 СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ И СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД.....	20
2.1 Обезжелезивание природных вод.....	20
2.1.1 Безреагентные методы обезжелезивания воды.....	24
2.1.1.1 Фильтрация на каркасно-засыпных фильтрах	24
2.1.1.2 Метод «сухой фильтрации».....	26
2.1.1.3 Аэрация.....	28
2.1.1.4 Обезжелезивание в водоносном пласте.....	30
2.1.2 Обезжелезивание мембранными методами.....	32
2.1.2.1 Ультрафильтрационные мембраны.....	33
2.1.2.2 Наночаистка.....	36
2.1.2.3 Микрофильтрация.....	38
2.2 Методы умягчения воды.....	39
2.2.1 Реагентные методы умягчения воды.....	40
2.2.1.1 Ионнообменный метод.....	44
2.2.1.2 Умягчение воды известкованием.....	49
2.2.1.3 Известково-содовый метод умягчения воды.....	50
2.2.1.4 Содорегенеративный метод.....	56
2.2.1.5 Известково-доломитовый метод.....	57
2.2.3 Безреагентные методы умягчения воды.....	58
2.2.3.1 Электромагнитный метод умягчения.....	58

2.2.3.2 Термический метод умягчения.....	59
2.2.3.3 Мембранные методы.....	61
2.3 Методы обеззараживания.....	64
2.3.1 Химические методы обеззараживания воды.....	66
2.3.1.1 Озонирование.....	66
2.3.1.2 Хлорирование.....	68
2.3.1.3 Олигодинамия.....	71
2.3.2 Физические методы обеззараживания воды.....	72
2.3.2.1 Кипячение.....	73
2.3.2.2 Ультразвуковое воздействие.....	73
2.3.2.3 Воздействие электрическим разрядом.....	75
2.3.2.4 Ультрафиолетовое облучение.....	77
3 ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ И СОСТАВА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	80
3.1. Определение расчетных расходов в системе водоснабжения.....	80
3.2 Характеристика принятой технологической схемы.....	82
3.3 Характеристика проектируемых сооружений на станции водоподготовки.....	84
3.4 Реагентное хозяйство.....	92
3.5 Резервуар чистой воды.....	95
3.6 Насосная установка второго подъема.....	97
3.7 Расход на собственные нужды станции.....	99
4 ТЕХНОЛОГИЯ ПРОКЛАДКИ ТРУБОПРОВОДА.....	100
4.1 Определение параметров траншеи.....	103
4.2 Подсчёт объёмов земляных работ.....	104
4.3 Подсчёт объёмов монтажных работ.....	105
4.4 Подбор машин для производства работ.....	106
4.5 Определение трудоёмкости работ.....	107
4.6 Определение графика производства работ.....	109
4.7 Требования безопасности перед началом работы.....	110

4.7.1 Требования безопасности во время работы.....	110
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	112
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	113

ВВЕДЕНИЕ

Задачей водоснабжения является бесперебойное снабжение качественной водой потребителей при условии осуществления наибольшего удобства пользования водой, при наименьшей стоимости её наибольшей простоте и заданной надёжности эксплуатации системы водоснабжения. Также необходимо обеспечить бесперебойное обеспечение населения высококачественной водой и в достаточном количестве для питьевых и хозяйственных нужд.

Поселок Луговой не является исключением. Он находится в Красноармейском районе города Челябинска. Забор воды для водоснабжения поселка осуществляется из подземного источника. Существующая технология водоподготовки не позволяет получить воду высокого качества, что давно беспокоит жителей и властей города. Решить этот вопрос можно только путём строительства новой и более эффективной станции водоподготовки.

В данном проекте необходимо рассмотреть проект новой станции водоподготовки поселка Луговой города Челябинска.

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАНЦИИ ВОДОПОДГОТОВКИ

1.1 Характеристика системы водоснабжения пос. Луговой

Проектируемая станция водоподготовки расположена в поселке Луговой Красноармейского района Челябинской области. Расстояние от пос. Луговой до районного центра с. Миасское – 40 км. Численность населения пос. Луговой в настоящее время составляет 860 чел.

Рисунок 1 - Существующая схема водоснабжения пос.Луговой

На сегодняшний день в поселке действует централизованная система хозяйственно-питьевого водоснабжения. Источником водоснабжения существующей системы водоснабжения являются две подземные скважины №б/н (4) (1967г.) и № 4291-А (1980г.), расположенные в 500-900м восточнее застройки пос. Луговой. Глубина скважин составляет 40 м, статический уровень воды в скважинах – 2-3м, дебиты скважин – 1,8-6 л/с. Над скважинами располагаются павильоны, в которых размещается трубопроводная обвязка и запорная арматура. Одновременно в работе находится только одна скважина.

Подземные воды от скважины подаются по одному водоводу Ø150мм в водонапорную башню и далее в водопроводную сеть поселка. Водонапорная башня построена в 1965 г., имеет полезный объем 20 м³, высоту ствола 20м.

Водоподготовка в настоящее время отсутствует, качество питьевой воды в распределительной сети пос. Луговой представлена в табл. 1 и не соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Вода питьевая» (подробнее см. главу 2).

Водопроводная сеть пос. Луговой – кольцевая, состоит из полиэтиленовых и асбестоцементных трубопроводов Ø 150-100 мм (основные магистрали), Ø 50 (тупиковые ветки). Глубина заложения сетей составляет 2 м, общая протяженность сетей – 8876 м.

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

В поселке отсутствует централизованная система пожаротушения, ближайшая пожарная часть находится в пос. Вахрушево Копейского городского округа.

Таблица 1 - Качество питьевой воды в распределительной сети
пос. Луговой

№ п\п	Показатели	Ед.изм.	ПДК (по СанПиН 2.1.4.1074-01)	Качество подземной воды
ОБОБЩЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ				
1	Водородный показатель	Ед. рН	6-9	7,3-7,7
2	Общая минерализация	мг/л	1000	≤1900
3	Жесткость общая	мг-экв/л	7	≤23,0
4	Окисляемость перманганатная	мг/л	5,0	<3,6
Продолжение таблицы 1				
№ п\п	Показатели	Ед.изм.	ПДК (по СанПиН 2.1.4.1074-01)	Качество подземной воды
6	Нефтепродукты, суммарно	мг/л	0,1	0,079
7	Поверхностно-активные вещества (ПАВ), анионоактивные	мг/л	0,5	-
НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА				

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР

Лист

14

8	Алюминий (Al^3)	мг/л	0,5	<0,04
9	Аммиак и аммоний-ион	мг/л	1,5	1,9-3,8
10	Железо (Fe, суммарно)	мг/л	0,3	0,86-10,0
11	Цианиды (CN^-)	мг/л	0,035	-
12	Кадмий (Cd, суммарно)	мг/л	0,001	<0,0002
13	Кремний (Si)	мг/л	10,0	16,9-19,3
14	Магний (Mg)	мг/л	50,0	40,0-107,0
15	Марганец (Mn, суммарно)	мг/л	0,1	0,2-0,68
16	Медь (Cu, суммарно)	мг/л	1,0	<0,023
17	Мышьяк (As, суммарно)	мг/л	0,25	<0,005
18	Молибден (Mo, суммарно)	мг/л	0,05	<0,01

Продолжение таблицы 1

№ п\п	Показатели	Ед.изм.	ПДК (по СанПиН 2.1.4.1074-01)	Качество подземной воды
19	Натрий (Na)	мг/л	200	68-237,0
20	Нитраты(NO_3)	мг/л	45	0,2-4,3
21	Ртуть (Hg, суммарно)	мг/л	0,0005	<0,00017
22	Свинец (Pb, суммарно)	мг/л	0,03	<0,002
23	Селен (Se,	мг/л	0,01	0,0029

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР

Лист

15

	суммарно)			
24	Стронций (Sr ²⁺)	мг/л	7,0	1,24
25	Сульфаты (SO ₄ ⁻²)	мг/л	500	49-212,0
26	Фториды (F ⁻)	мг/л	1,2-1,5	0,08-1,02
27	Хлориды	мг/л	350	33-646,0
28	Хром (Cr ⁶⁺)	мг/л	0,05	<0,025
29	Цинк (Zn ²⁺)	мг/л	5,0	<0,015

ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

30	Цветность	мг/л	20	12,0-100,0
31	Мутность	мг/л	1.5	3,7-28,5
32	Запах	Баллы	2	1-2
33	Привкус	баллы	2	-

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

34	Термотолерантные колиформные бактерии	Число бактерий /100мл	отсутствие	отсутствие
----	---------------------------------------	-----------------------	------------	------------

Окончание таблицы 1

№ п/п	Показатели	Ед.изм.	ПДК (по СанПиН 2.1.4.1074-01)	Качество подземной воды
35	Общие колиформные бактерии	Число бактерий /100мл	отсутствие	отсутствие
36	Общее микробное число	Число образующих колонии бактерий	не более 50	0

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР

Лист

16

		в 1 мл		
--	--	--------	--	--

Табл. 1 результаты многолетних наблюдений качества подземной воды представлены двумя сезонами года – лето, зима, и характеризуются пестротой состава подземных вод. Показатели качества, превышающие ПДК, предъявляемые нормативными документами к питьевой воде, в большинстве проб воды, следующие:

- **цветность** (до 95,97 градусов);
- **мутность** (до 28,5 мг/дм³);
- **запах** (до 3 баллов);
- **аммиак и аммоний ион** (до 3,8 мг/дм³);
- **железо** (до 10,0 мг/дм³);
- **марганец** (до 0,68 мг/дм³);
- **кремний** (до 19,3 мг/дм³);

Показатели качества воды, превышающие ПДК, предъявляемые нормативными документами к питьевой воде, в половине проб воды, и носящие эпизодический характер:

- **сухой остаток** (до 1900 мг/дм³);
- **жесткость общая** (до 23,5 мг-экв/л);
- **магний** (до 100 мг/дм³);
- **натрий** (до 237,5 мг/дм³);
- **хлориды** (до 646 мг/дм³);

Прочие показатели качества воды находятся в пределах нормы. В бактериальном отношении подземные воды источника водоснабжения пос. Луговой здоровы.

1.2 Характеристика водопотребителей пос. Луговой

Проектируемая система водоподготовки пос. Луговой по функциональному назначению относится к объектам коммунального

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

хозяйства и предназначена для подготовки питьевой воды в соответствии СанПиН 2.1.4.1074-01.

Проектируемая станция водоподготовки расположена в поселке Луговой Красноармейского района Челябинской области. Расстояние от пос. Луговой до районного центра с. Миасское – 40 км. Численность населения пос. Луговой в настоящее время составляет 860 чел.

1.3 Инженерно-геологическая характеристика предполагаемой площадки строительства

Участок строительства свободен от застройки. Рельеф площадки спокойный с уклоном на север. Высотные отметки изменяются от 185,35 до 186,00 м. Площадка озеленена луговой растительностью, деревья и кустарники отсутствуют.

Температурный режим почво-грунтов зависит от интенсивности солнечной радиации, рельефа, характера естественного и искусственного покрова, типа застройки, состава и влажности грунтов. Снежный покров, обладая малой теплопроводностью, предохраняет почву и грунты от глубокого промерзания. Наиболее глубокое и интенсивное промерзание грунтов происходит на оголенных участках.

Район строительства находится в зоне умеренно-континентального климата с характерной резкой изменчивостью погодных условий, хорошо выраженными сезонами года. Нормативная глубина сезонного промерзания, определенная расчетным путем, составляет для суглинков и глин 1,73 м. Грунты, залегающие в зоне промерзания, подвержены морозному пучению.

Участок проектируемого строительства подтопленный в естественных условиях, но процесс заболачивания территории не выявлен, также на площадке не встречены органические грунты (торф).

Геологический разрез на площадке изысканий изучен буровыми скважинами до глубины 8,0 м и сложен следующими разновидностями грунтов:

ИГЭ-1 Почвенно-растительный слой;

ИГЭ-2 Суглинок делювиальный;

ИГЭ-3 Суглинок озерно-болотный;

ИГЭ-4 Глина палеогеновая;

1.4 Задачи проектирования

1. Определить расход воды на хозяйственно-питьевые нужды пос. Луговой
2. Запроектировать станцию водоподготовки.
3. Подключить станцию водоподготовки к существующим сетям пос. Луговой

2 СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ И СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД

В настоящее время известно достаточно много методов водоподготовки и существует большое разнообразие разработанных технологических схем, выбор которых должен осуществляться на основании анализа качества воды в водоисточнике, требований к степени очистки воды, оценки потенциально возможных методов и сооружений и их технико-экономического обоснования в конкретных условиях применения.

2.1 Обезжелезивание природных вод

Обезжелезивание – это процесс очистки воды от железа во всех возможных его формах и соединениях.

Можно без преувеличения сказать, что очистка поверхностных и подземных вод от железа - одна из самых сложных задач в водоочистке. Каждый из существующих методов обезжелезивания имеет свои достоинства и недостатки, некоторые из них применимы лишь при соблюдении особых условий. Выбор конкретного метода очистки воды от железа зависит в первую очередь от значений группы показателей химического анализа, опыта и технологий самой водоочистной компании, а также от характеристик источника воды и водопотребления.

В природных водах железо может быть представлено различными формами:

1) железо, содержащееся в воде в форме ионов

а) Двухвалентное железо (Fe^{+2}) – это железо, находящееся в воде в растворенном состоянии. Вода, которая содержит двухвалентное железо прозрачная, но при отстаивании воды на воздухе, образуется осадок красно-бурого цвета (то есть происходит процесс перехода в трехвалентное железо).

б) Трехвалентное железо (Fe^{+3}) – это гидроксид железа, находящийся

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

в состоянии взвеси. Вода с содержанием такого железа имеет различные оттенки рыже-бурых цветов. Осадок насыщенного цвета появляется при отстаивании.

2) железо, содержащееся в воде в связанных формах:

а) Органическое железо – это наиболее сложное в удалении железо, встречающееся в различных формах и, как правило, растворимо вследствие соединения с органическими веществами, например, с гумусовой кислотой.

б) Бактериальное железо образуется посредством некоторых видов бактерий, которые в процессе своей жизнедеятельности преобразуют двухвалентное железо в трехвалентное и удерживают в желеобразной оболочке вокруг себя. Такое железо иногда может образовывать пленку на поверхности воды.

в) Коллоидное железо. Железо получило такое название из-за очень маленьких размеров своих частиц - не более 0,1 мкм. Встречается редко и находится в состоянии суспензии. Его очень сложно удалить из воды из-за малых размеров. Содержание железа в воде не должно превышать 0,3 мг/л.

Избыточное железо в питьевой воде способно откладываться в органах, повышая нагрузку на них, в том числе выводя из строя. Также могут быть вызваны различные аллергические реакции, а в последствии анафилактический шок.

Недопустимо использование воды с высоким содержанием железа в производственных процессах, поскольку это приводит к загрязнению ионообменных смол на стадии обработки воды, выводу из строя аппаратуры, образованию железо-накипных отложений на нагревательном оборудовании в теплоэнергетике, а также способствует появлению ржавых пятен и разводов на готовой продукции в различных отраслях промышленности.

Таблица 2 – Методы обезжелезивания воды

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

Продолжение таблицы 2

Окончание таблицы 2

2.1.1 Безреагентные методы обезжелезивания воды

При безреагентном обезжелезивании воды используются самые современные технологии. Когда происходит безреагентное обезжелезивание химические реакции протекают, но при этом фильтрующий материал не расходуется. Это означает, что при извлечении из воды растворенного железа активное вещество, которое участвует в реакции окисления двухвалентного железа в трехвалентное, практически не тратится.

Химизм процессов при безреагентном умягчении описывается уравнением: $4\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 8\text{CO}_2\uparrow$.

2.1.1.1 Фильтрация на каркасно-засыпных фильтрах

Данный метод фильтрации необходимо применять для обезжелезивания воды на установках производительностью до 1000 м³ /сут.

Загрузка каркасно-засыпного фильтра представляет собой слой гравия высотой 2 м с крупностью зерен 3—40 мм и слой кварцевого песка высотой 1 м с крупностью зерен 0,8—2,0 мм, который расположен в межпоровом пространстве нижнего слоя гравия. Вода фильтруется сверху вниз со скоростью 8—20 м/ч, фильтр может выполнять функции обезжелезивания, осветления и дефторирования воды. Каркасно-засыпной фильтр отличается

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

от обычного скорого фильтра с зернистой загрузкой необходимостью водовоздушной промывки и конструкцией загрузки.

Схема установки для работы каркасно-засыпного фильтра представлена на рисунке 2. Оборудование состоит из аппарата подачи сжатого воздуха (его также называют вакуумно-эжекционный аппарат) для окисления железа и каркасно-засыпного фильтра.

Рисунок 2 - Схема вакуумно-эжекционной аэрации и фильтрования на каркасно-засыпном фильтре: 1- подача исходной воды; 2-вакуумно-эжекционный аппарат; 3-каркаснозасыпной фильтр; 4-отвод обработанной воды

Гравий придавливает поддерживающие слои и препятствует их перемещению при промывке. Также, он создает каркас, который способствует более равномерному распределению воды по живому сечению фильтра. Верхний слой гравия, который располагается над песком, препятствует образованию пленки, играя роль предварительного грубого фильтра.

Рисунок 3 - Схема каркасно-засыпного фильтра:

1-подача воздуха; 2-трубопровод отвода промывной воды; 3-гравийный каркас; 4-песчаная загрузка; 5-сборный карман; 6-отвод промывных вод; 7-подача промывной воды; 8-отвод фильтрата; 9-поддерживающий слой; 10-трубчатый дренаж

Конструкция каркасно-засыпного фильтра обеспечивает стабильный эффект очистки при значительных колебаниях качества и количества исходной воды, это весьма важно, так как позволяет осуществлять промывку фильтрующей среды любой интенсивности без опасности смещения поддерживающих гравийных слоев.

2.1.1.2 Метод «сухой фильтрации»

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

При методе сухой фильтрации происходит фильтрование воздушно - водной эмульсии через незатопленную загрузку. Чтобы реализовать данный метод подаётся большое количество воздуха и обеспечивается тонкое распыление воды с отсосом воздуха из поддонного пространства фильтра. В таком потоке воды и воздуха обеспечивается насыщение воды кислородом и происходит глубокое удаление из нее двуокиси углерода. На зернах фильтрующей загрузки формируется адсорбционно-каталитическая пленка из соединений марганца и железа в случае, если он присутствует в воде, повышающая эффективность процессов обезжелезивания и деманганаии. В загрузке образуется менее влажный, чем при других способах очистки воды, кристаллический осадок окиси железа. Такие фильтры не промываются, а загрузку в них меняют один раз в год или реже. Водо-воздушное отношение в эмульсии, которая подаётся в фильтр, принимают в пределах от 2 : 1 до 3 : 1, скорость фильтрования от 4 до 12 м/ч. Метод сухой фильтрации рекомендуется при содержании железа в исходной воде до 5 мг/л

Рисунок 4 – Схема установки «сухой» фильтрации:

1 - подача исходной воды; 2 - скорый фильтр с «сухой загрузкой»; 3 - отвод чистой воды; 4 -установка для обеззараживания; 5 – воздухоуловка.

Отличительные особенности процесса: повышение рН, низкие эксплуатационные расходы, высокая грязеёмкость загрузки, отсутствие промывочных вод и компактность.

2.1.1.3 Аэрация

В процессе аэрации кислород воздуха окисляет двухвалентное железо, при этом из воды удаляется углекислота, это ускоряет процесс

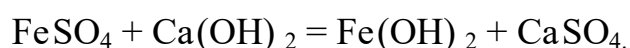
					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

окисления и последующий гидролиз с образованием гидроксида железа. Метод упрощенной аэрации основывается на способности воды, которая содержит двухвалентное железо и растворенный кислород, при фильтровании через зернистый слой выделять железо на поверхности зерен загрузки, при этом образуя каталитическую пленку из ионов и гидроксидов двух- и трехвалентного железа. Пленка активно интенсифицирует процесс окисления и выделения соединений железа из воды. При это необходимо отметить: ряд примесей в очищаемой воде, таких как свободная углекислота, сероводород, аммиак, коллоидная кремниевая кислота заметно ухудшают каталитические свойства пленки.

Метод, описанный выше, допустим при следующих количественных показателях воды:

- общее содержание железа до 10 мг/л (в том числе, двухвалентного железа – не менее 70%);
- значение рН – не менее 6,8;
- щелочность общая – более $(1 + Fe^{2+} / 28)$ ммоль/л;
- содержание сероводорода – не более 2 мг/л;
- перманганатная окисляемость – не более $(0,15 \cdot Fe^{2+} + 3)$ мгО₂/л;
- содержание аммонийных солей (по NH₄ -) не более 1 мг/л;
- содержание сульфидов (по H₂S) – не более 0,2 мг/л.

Если хотя бы одно из этих условий не выдерживается, нужна предварительная аэрация воды в аэраторах с добавлением в нее необходимых реагентов (гипохлорита натрия, хлора, перманганата калия и др.). При содержании железа в воде в виде сульфата FeSO₄ аэрация воды не позволяет провести ее обезжелезивание: при гидролизе растворенной соли железа образуется кислота, понижающая рН воды менее 6,8, при этом процесс гидролиза почти прекращается. Для удаления из воды кислоты требуется ее известкование с осаждением плохо растворимого гипса CaSO₄:



					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

После известкования необходимо произвести отстаивание и фильтрование воды.

Упрощенную аэрацию можно реализовать путем излива воды в карман или в центральный канал открытых фильтров с высоты 0,5–0,6 м над уровнем воды. При использовании напорных фильтров воздух вводят непосредственно в подающий трубопровод на расстоянии, равном не менее 10 диаметров трубопровода, с нормой расхода 2 л на 1 г железа (Fe^{2+}). Если в исходной воде более 40 мг/л свободной углекислоты и более 0,5 мг/л сероводорода, то воздух в трубопровод не вводят. В этом случае перед напорным фильтром необходимо установить повысительный насос и промежуточную емкость со свободным изливом воды. Используя характеристики конкретного наполнителя фильтра можно выполнить расчет фильтровальной станции.

Аэрация в специальных устройствах. Когда необходимо удалить из воды железо при концентрации его в воде более 10 мг/л и увеличить значение рН более 6,8, осуществляется аэрация в специальных устройствах. Для этого используют вентиляторные градирни (дегазаторы) или контактные градирни с естественной вентиляцией (рис. 5). Вода обогащается кислородом и происходит окисление железа. Затем вода подается в фильтр, где в объеме наполнителя завершается образование хлопьев гидроксида трехвалентного железа и их задержание.

Рисунок 5 - Схема вентиляторной противоточной градирни
1 - диффузор; 2 - вентилятор; 3 - водоуловитель; 4 - водораспределительная система; 5 - оросительное устройство; 6 - воздухонаправляющий козырек; 7 - воздухоходные окна; 8 - воздухораспределительное пространство; 9 - переливной водовод; 10 - грязевой водовод; 11 - водосборный бассейн; 12 - ветровая перегородка; 13 - отводящий водовод; 14 - подводящий водовод

2.1.1.4 Обезжелезивание в водоносном пласте

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Данный метод заключается в создании вокруг забойной части скважины окислительной зоны путем закачки воды, которая обогащена кислородом воздуха. Процесс эксплуатации скважины рассчитан на чередование циклов закачки в пласт питательной воды и отбора обезжелезенных подземных вод. Смешением питательной и подземных вод удается добиться смещения химического равновесия (окисления железа и гидролиза), в результате чего на поверхности водовмещающих пород образуется каталитическая пленка. Пленка образуется не сразу, и однократной закачки в водоносный пласт аэрированной воды в большинстве случаев оказывается недостаточно. Для этого сначала производится подготовка водоносного пласта (её также называют «зарядка»), которая включает в себя многократное повторение циклов закачки аэрированной воды, ее отбора и частично обезжелезенной воды из пласта. После этого начинается эксплуатация установки обезжелезивания подземных вод, которая тоже сводится к последовательному выполнению операций по закачке в пласт питательной воды и отбору обезжелезенных подземных вод.

Рисунок 6 - Схема обезжелезивания в водоносном пласте:

1 - вспомогательная скважина; 2 - трубопровод подачи воды на аэрацию; 3 - устройство для аэрации; 4 - кольцевой инфильтрационный бассейн; 5 - эксплуатационная скважина; 6 - зона аэрации; 7 - отвод воды потребителю

Достоинства такой схемы обезжелезивания: для каждого из объектов всегда удастся подобрать на основе технологических расчетов оптимальный режим эксплуатации системы; не требует строительства наземной фильтровальной станции и узлов утилизации осадка; эксплуатация водозабора по заданному регламенту не приведет к заметному изменению гидравлических характеристик пласта; затраты на оборудование системы внутрипластовой очистки воды на водозаборе в 5-10 раз ниже, по сравнению со строительством наземной станции обезжелезивания, а эксплуатационные расходы, сравнимы с обслуживанием только водозаборных скважин.

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

2.1.2 Обезжелезивание мембранными методами

Мембранные технологии используются достаточно широко в водоподготовке, но их основное назначение при их использовании в схемах очистки не является обезжелезивание. Этим и объясняется факт того, что применение мембран пока не входит в число стандартных методов борьбы с присутствием в воде железа.

Основное назначение мембранных систем – это удаление бактерий, вирусов и простейших, глубокое или частичное обессоливание, подготовка высококачественной питьевой воды. Микрофльтрационные мембраны пригодны для удаления коллоидных частиц гидроксида железа (III); ультрафльтрационные и нанофльтрационные мембраны способны удалять, помимо этого, коллоидное и бактериальное органическое железо, а метод обратного осмоса позволяет удалять до 98% растворённого в воде двухвалентного железа. Однако мембранные методы не предназначены конкретно для обезжелезивания и дорогостоящие. Это происходит в процессе обеззараживания воды (микрофльтрационные мембраны), при глубокой её очистке (ультрафльтрационные и нанофльтрационные) или обессоливании (обратный осмос). Кроме того, мембраны легко подвергаются зарастанию органической плёнкой и забиванию поверхности нерастворимыми частицами (в том числе и ржавчиной), а также поглощают растворённое двухвалентное железо и теряют способность эффективно задерживать другие вещества.

Фирмы-производители обратноосмотических мембран гарантируют сохранение их технологических свойств в период эксплуатации при содержании общего железа в воде не более 0,1-0,3 мг/л, взвешенных примесей – не более 5 мгО₂/л и коллоидном индексе не более 2-4 единиц (параметры, которые учитывают содержание органического железа). Но применение мембранных методов оправдано тем, где просто необходима высокая степень очистки воды, в том числе от железа, например, в пищевой и медицинской

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

промышленности.

2.1.2.1 Ультрафильтрационные мембраны

Ультрафильтрация – это баромембранный процесс, который заключается в том, что жидкость под давлением «продавливается» через полупроницаемую перегородку. Размер отверстий (пор) ультрафильтрационных мембран лежит в пределах от 0,002 до 0,1 мкм. Главное отличие мембраной фильтрации от обычного объемного фильтрования в том, что подавляющее большинство всех задерживаемых веществ накапливается на поверхности мембраны, образуя при этом дополнительный фильтрующий слой осадка, который обладает своим сопротивлением.

Наиболее экономичный режим работы ультрафильтрационных установок – «тупиковый», в это случае вся исходная вода пропускается через мембрану. Для более эффективного удаления загрязнений с поверхности и из пор мембраны используют метод обратных промывок, при нём очищенную воду (фильтрат) пропускают через мембрану в направлении, обратном направлению фильтрования. Для предотвращения биологического зарастания ультрафильтрационных мембран в воду для обратной промывки мембранных элементов добавляют дезинфектант, чаще всего, гипохлорит натрия. В процессе длительной работы производительность мембранных аппаратов постепенно уменьшается, т. к. на поверхности и в порах мембраны сорбируются различные вещества и отлагаются частички загрязнений, увеличивающие общее гидравлическое сопротивление мембранных аппаратов.

Несколько раз в год проводится химическая промывка мембранных аппаратов специальными кислотными и щелочными реагентами для удаления накопленных загрязнений для восстановления первоначальной производительности. Они характеризуются довольно высокой плотностью «упаковки» мембран (площадь мембран в одном модуле может достигать 50–

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

60 м²), высокими удельными потоками и хорошей гидродинамикой внутри волокон, выражающееся в меньшей склонности к засорению внутренних напорных каналов мембран. Мембранные аппараты с полыми волокнами производятся зарубежными фирмами Norit, Aquasource, Inge, Koch, Hydranautics и др

Рисунок 7 - Устройство и внешний вид полволоконного ультрафильтрационного аппарата

Рулонные элементы изготавливаются из плоских мембран, для формирования напорного и фильтратного каналов используются разнообразные дренажные материалы – сетки. Рулонные элементы просты в эксплуатации, также они обеспечивают высокую плотность «упаковки» мембран, достаточно устойчивы гидравлическим нагрузкам и к загрязнению. Также существуют аппараты с плоскими фильтрационными модулями, позволяющие получить лучшие гидравлические условия и упростить замену дефектных мембран. Производители рулонных аппаратов с плоскими мембранами: ЗАО НТЦ «Владипор», TriSep, Koch, General Electric (Osmonics), Alfa-Laval, Rochem (плоские фильтрационные элементы).

Рисунок 8 - Устройство и внешний вид рулонного мембранного элемента

Технология ультрафильтрации считается инновационной и пользуется растущей популярностью не только из-за высоких показателей очистки. Растворы не подвергаются химическому и термическому воздействию в установке ультрафильтрации, в отличие от флотации воды, поэтому данный способ водоочистки подходит для работы с растворами, которые чувствительны к воздействию температуры. Данный способ способствует эффективному и высокому умягчению воды. Высокое качество отделения обогащенного взвесями раствора от очищенного фильтрата обусловлено также прочностью материала мембран в установках ультрафильтрации.

Качество оборудования является принципиально важным для эффективности мероприятия.

Рисунок 9 - Технологическая схема установки обезжелезивания с помощью ультрафильтрационных мембран и ее общий вид: 1-аэрационно-накопительная емкость; 2-насос; 3-мембранные модули; 4- трубопровод подачи исходной воды; 5- трубопровод отвода концентрата; 6- трубопровод подачи фильтрата

2.1.2.2 Наночистка

На сегодняшний день наночистка является одним из наиболее эффективных методов очистки воды. Наночистка — процесс фильтрации воды через полупроницаемую ультратонкую мембрану, в которой задерживаются различные растворенные загрязнители на молекулярном уровне.

Размер пор наночисточных мембран составляет 0,001-0,002 мкм. В основе очистки воды методом наночистки лежит процесс обратного осмоса. Отличием наночистки от обратного осмоса заключается в том, что наночисточная мембрана имеет менее плотный и более проницаемый селективный слой, а также меньшее рабочее давление по сравнению с обратноосмотическими мембранами.

При наночистке воды через полупроницаемую мембрану используется давление, которое позволяет обращать осмос и отделять растворенные вещества от чистой воды. В результате приложения давления молекулы воды продавливаются сквозь полупроницаемую мембрану, в то время как более крупные молекулы веществ с отличными от молекул воды свойствами остаются с обратной стороны мембраны.

Селективность полупроницаемых мембран, которые используются для наночистки воды, обуславливается особенностями их строения и

составом. Полупроницаемые мембраны для нанофильтрации воды пропускают только молекулы воды, некоторые органические молекулы, сходные по своим свойствам с молекулой воды, и некоторые одновалентные ионы. Таким образом, получается, что прошедшая нанофильтрацию вода может содержать небольшое количество растворенных, присутствие которых в воде недопустимо.

Насос установки для нанофильтрации воды должен обладать способностью высокоточной работы, это необходимо для поддержания жёстко определенного давления в системе для нанофильтрации воды: при недостаточном давлении невозможна нанофильтрация, при превышении строго определенного давления увеличивается риск механического повреждения чувствительной мембраны.

Рисунок 10 - Установка нанофильтрации

Корпус установки для нанофильтрации выглядит как механически прочный чехол, в котором размещена селективная мембрана для нанофильтрации.

Обычно для изготовления корпусов установки для нанофильтрации воды используются прочные пластики, но возможны и другие варианты. Селективная мембрана установки для нанофильтрации воды выглядит как тонкая композитная пленка, состоящая из двух слоев. Засорение мембраны для нанофильтрации возникает во время активированной диффузии тогда, когда вода проходит сквозь мембрану, в то время как молекулы растворенных загрязнителей остаются на ее поверхности, препятствуя контакту воды с поверхностью мембраны для нанофильтрации.

Засоренная мембрана поначалу играет роль двойного фильтра: через слой налипших частиц загрязнителя проходит только вода, однако с полным засорением мембраны для нанофильтрации возникает необходимость увеличения давления для нормальной диффузии воды сквозь мембрану для нанофильтрации, постоянное увеличение давление способно привести к

механическим повреждениям мембраны и выходу установки для нанофильтрации воды из строя. Для предотвращения потери работоспособности установкой для нанофильтрации воды необходимо периодически промывать мембрану. Для промывки используют чистую воду, которая смывает слой частиц загрязнителя с поверхности мембраны и выводит их через отверстие для слива.

2.1.2.3 Микрофильтрация

Микрофильтрация - баромембранный процесс, который наиболее близок к обычной фильтрации. Размеры пор микрофильтрационных мембран находится в диапазоне от 0,1 до 1 мкм.

Мембраны чаще всего имеют изотропную форму. У них высокая производительностью, особенно в начальный период работы. Микрофильтрацию осуществляют при малых давлениях во избежание значительных деформаций, которым подвержены мембраны при приложении нагрузки.

Система для микрофильтрации оборудована трубкой, которая уплотнена корпусом с уплотнением. В этой центральной трубке скапливается продукт, пройдя через фильтр, куда исходная жидкость поступает со стороны корпуса. Гидростатическое давление влияет на износ оборудования. Постоянные высокие показатели давления снижают производительность фильтра. Фильтр заменяется новым, когда использование фильтра становится неэффективным.

Рисунок 11 - Установка микрофильтрации

2.2 Методы умягчения воды

Умягчение воды - процесс удаления из нее катионов жесткости, то есть кальция и магния. В пищевой промышленности жесткая вода ухудшает

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

качество продуктов, при этом вызывает выпадение солей при хранении, образование подтеков на поверхностях и т.д. В энергетике случайное кратковременное попадание жесткой воды в систему выводит из строя теплообменное оборудование, трубопроводы. В соответствии с СанПиНом 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода и водоснабжение населенных мест» жесткость воды не должна превышать 7 мг-экв/л. Отдельные виды производств к технологической воде предъявляют требования глубокого ее умягчения, т.е. до 0,05.0,01 мг-экв/л.

Умягчение воды осуществляют методами: термическим, основанным на нагревании воды, ее дистилляции или вымораживании; реагентными, при которых находящиеся в воде ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} связывают различными реагентами в практически нерастворимые соединения; ионного обмена, основанного на фильтровании умягчаемой воды через специальные материалы, обменивающие входящие в их состав ионы Na^+ или H^+ на ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} , которые содержатся в воде; диализа; обратного осмоса; магнитной обработки; комбинированным, представляющим собой различные сочетания перечисленных методов.

Выбор метода умягчения воды определяется ее качеством, необходимой глубиной умягчения и технико-экономическими соображениями. В соответствии с рекомендациями СНиП, при умягчении подземных вод следует применять ионообменные методы; при умягчении поверхностных вод, когда одновременно требуется и осветление воды, - известковый или известково-содовый метод, а при глубоком умягчении воды - последующее катионирование.

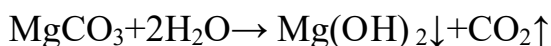
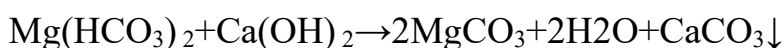
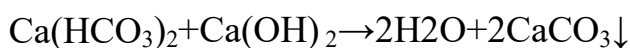
2.2.1 Реагентные методы умягчения воды

Реагентные методы основаны на способности катионов Mg^+ и Ca^+ образовывать малорастворимые и нерастворимые соединения при обработке воды реагентами и способствуют снижению некарбонатной и карбонатной

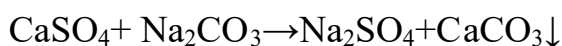
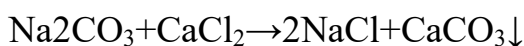
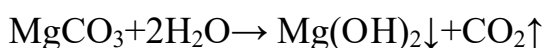
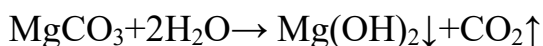
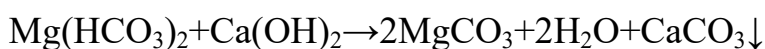
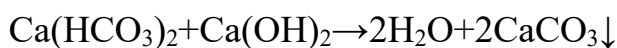
					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

жесткости воды. Условия эффективности данных методов определяются следующие показателями: исходная жесткость 5-30 мгэкв/л; мутность 400-500 мг/л; температура воды 40° - 90°С. В зависимости от используемых реагентов существуют следующие методы реагентного умягчения: известковосодовый метод; известкование-декарбонизация; содо-регенеративный метод; содо-натриевый метод; умягчение с использованием аксалатов; умягчение с использованием соединений бария; фосфотирование.. Химические процессы, которые протекают при реагентном умягчении описываются следующими реакциями:

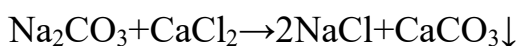
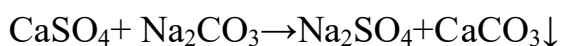
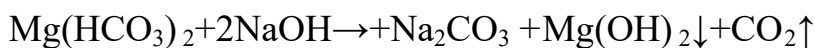
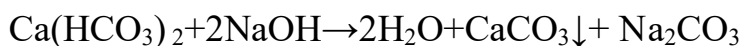
1) Известкование-декарбонизация:



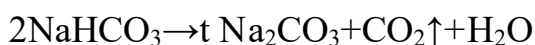
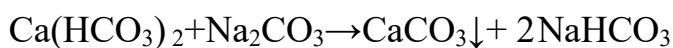
2) Известково-содовый метод I ступень:



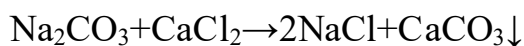
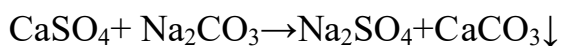
3) Содо-натриевый метод (используется в случае, если карбонатная жесткость значительно больше некарбонатной):



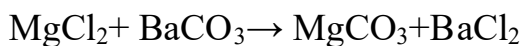
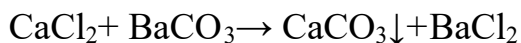
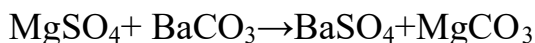
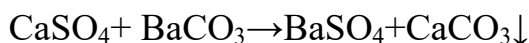
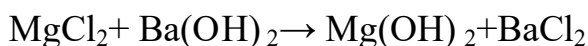
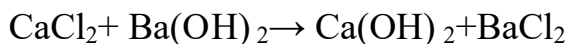
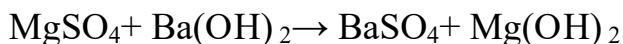
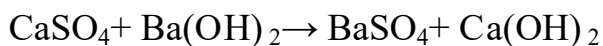
4) Содо-регенеративный метод:



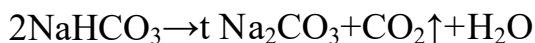
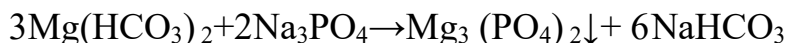
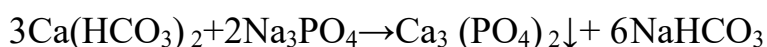
Необходимо использование оборудования для удаления $\text{CO}_2 \uparrow$



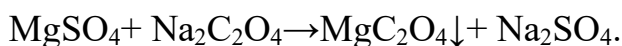
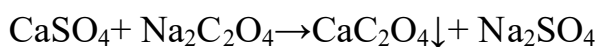
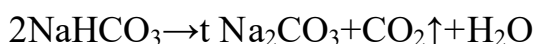
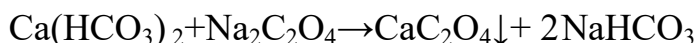
5) Умягчение с использованием соединений бария (используется в теплоэнергетике в сочетании с известковосодовым методом):



6) Использование фосфатов (с помощью них происходит доумягчение; требуется стабилизация воды):



7) Применение оксалатов (соли щавелевой кислоты)



В состав сооружений, которые входят в схему для реагентного метода умягчения воды, входят установки по дозированию и приготовлению реагентов; смесители; фильтры; осветлители или отстойники.

Схема представлена на рисунке 12. Приготовленные в растворных баках реагенты через дозаторы поступают в смеситель, в который по трубе 4 одновременно подается обрабатываемая вода. Смешанная с реагентами вода поступает в камеру реакции, откуда через газоотделитель подается в

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

осветлитель. Проходя через загрузку фильтра (кварцевый песок или антрацит), осветленная вода отводится резервуар умягченной воды

Рисунок 12 - Схема реагентного умягчения воды:

1-растворные баки; 2-дозаторы; 3-смеситель; 4-подвод обрабатываемой воды; 5-камера реакции; 6-газоотделитель; 7-осветлитель; 8-фильтр; 9-отвод умягченной воды

Недостатки реагентного метода: громоздкость установки, трудность осуществления точной дозировки реагентов из-за непостоянства состава умягчаемой воды; неполное умягчение. Оптимальным сооружением для умягчения воды реагентным (известково-содовым или известковым) способом является вихревой реактор.

Когда диаметр шариков увеличивается до 1,5...2 мм, крупную и наиболее тяжелую контактную массу выгружают из нижней части реактора и добавляют свежую. Вихревые реакторы не задерживают осадка гидроксида магния, из-за их следует применять совместно с установленными за ними фильтрами только в том случае, когда количество образующегося гидроксида магния соответствует грязеемкости фильтра

Рисунок 13 - Водоумягчительная установка с вихревым реактором:

1 - бункер с контактной массой; 2 - эжектор; 3 - подача исходной воды; 4 - выпуск отработанной контактной массы; 5 - вихревой реактор; 6 - ввод реагентов; 7 - скорый осветлительный фильтр; 8 - резервуар умягченной воды; 9 - отвод умягченной воды

2.2.1.1 Ионообменный метод

Ионообменный метод основан на способности ионообменных материалов обменивать содержащиеся в них катиониты натрия, водорода и другие на растворенные в воде катионы магния и кальция.

В зависимости от того, какой катион является обменным, различают натрийкатионирование, водород-катионирование и т.д.

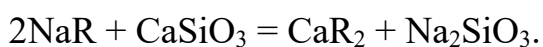
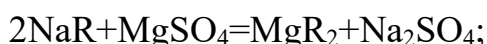
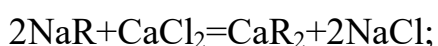
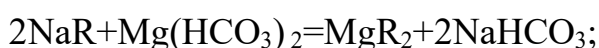
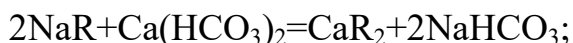
В напорный металлический резервуар, в котором находится катионитовая загрузка по трубе подается умягчаемая вода. При ее прохождении через загрузку происходит ионообменная реакция, после чего умягченная вода отводится в резервуар.

Рисунок 14 - Схема ионообменной умягчительной установки:

1 - напорный резервуар; 2 - загрузка катионитом; 3 - отвод умягченной воды; 4 - трубчатый дренаж; 5 - подвод обрабатываемой воды; 6 - подвод регенерирующего раствора; 7 - бак для промывной воды

Натрий-катионирование является самым распространенным ионообменным методом умягчения воды. Условия его применения определяются показателями качества исходной воды: содержание взвешенных примесей – 8 мг/л; содержание железа 0,3 мг/л; цветность 15 градусов платиново-кобальтовой шкалы; перманганатная окисляемость 5 мгО₂/л.

Реакции обмена ионами (R – комплекс катионита, упрощенно называемый анионитной частью катионита):



Замена ионов магния и кальция ионом натрия гарантирует отсутствие накипеобразований на греющих поверхностях котлов и теплообменников.

Процесс регенерации натрий-катионитовых установок состоит из следующих этапов: взрыхление / обратная промывка (продолжительность около 10-15 минут) имеет цель взрыхлить уплотнившиеся слои катионита и удалить принесенные взвешенные вещества; пропуск регенерационного раствора (происходит процесс восстановления замещенных ионов Na⁺ на ионы Ca²⁺ и Mg²⁺). Время пропуска регенерационного раствора зависит от

концентрации солевого раствора, рабочей емкости фильтра, требуемой степени умягчения и варьируется от 25 до 40 минут. Схема одноступенчатого натрий-катионирования представлена на рисунке 15. Проходя сквозь слой катионита, вода умягчается и направляется в накопительный бак, оттуда уже подается насосами потребителю.

Одноступенчатое N-катионирование, в сравнении с двухступенчатым, имеет ряд недостатков, которые ограничивают ее применение: умягчение воды не более 0,05 мг-экв/л; повышенный расход соли на регенерацию; неполное использование рабочей обменной емкости фильтра.

Рисунок 15 - Схема одноступенчатого натрий-катионирования

Рисунок 16 - Схема двухступенчатого натрий-катионирования

На рисунке 16 представлена схема работы двухступенчатой N-катионитовой установки. Проходя через N-катионитовые фильтры I ступени, жесткость воды снижается до 0,1...0,2 мг-экв/л, а проходя через фильтры II ступени, снижается до 0,02...0,01 мг-экв/л.

Отсюда следует, что регенерацию фильтров I ступени проводят не после начала проскока катионов кальция и магния, что требует тщательного контроля, а по расчетному количеству прошедшей через них воды. Использование N-катионитовых фильтров ограничено, поскольку после их прохождения вода содержит избыток ионов водорода и вследствие этого имеет кислую реакцию, в следствие этого технология применяется совместно с Накатионированием для получения умягченной воды с требуемым значением рН.

В технологии умягчения воды широко применяют ионообменные смолы, представляющие собой специально синтезированные полимерные нерастворимые в воде вещества, содержащие в своей структуре ионогенные группы кислотного характера $^{-}\text{SO}_3\text{Na}$ (сильнокислотные катиониты).

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

Ионообменные смолы подразделяют на макропористые, гетеропористые и изопористые.

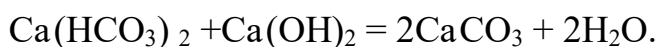
Изопористые имеют однородную структуру и полностью состоят из смолы, из-за этого их обменная способность выше, чем у других вышеназванных смол. Качество катионитов характеризуется их физическими свойствами, термической и химической стойкостью, рабочей обменной емкостью и др. Физические свойства катионитов зависят от их механической прочности, фракционного состава и насыпной плотности (набухаемости). Мелкозернистый катионит обладает более развитой поверхностью и имеет несколько большую обменную емкость, чем крупно-зернистый.

Но с уменьшением зерен катионита гидравлическое сопротивление и расход электроэнергии на фильтрование воды увеличиваются. Оптимальные размеры зерен катионита, исходя из этих соображений, принимают в пределах 0,3...1,5 мм.

2.2.1.2 Умягчение воды известкованием

Данный метод используют для частичного устранения из воды карбонатной жесткости. Самостоятельного распространения он не получил и его обычно сочетают с катионитовым или содовым методом. Введение в воду гашеной извести в виде известкового молока или раствора в первую очередь вызывает нейтрализацию свободной углекислоты, которая растворена в воде, с образованием малорастворимого декантирующего карбоната кальция: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

Добавление извести в количестве, большем, чем необходимо для нейтрализации свободной углекислоты, вызывает распад бикарбонатов, в результате которого из воды выделяется карбонат кальция:



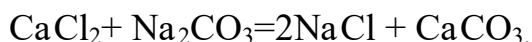
Дальнейшее введение в воду извести приводит к гидролизу магниевых солей и образованию малорастворимого гидроксида магния

Mg(OH)₂, который при pH больше 10,2-10,3 выпадает в осадок.

Известкованием воды может быть устранена карбонатная и магниевая жесткость, но при этом не может быть снижена некарбонатная жесткость.

2.2.1.3 Известково-содовый метод умягчения воды

Рассматриваемый метод описывается следующими основными реакциями: $\text{CaSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3$,



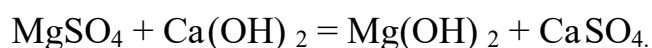
Карбонат кальция и гидроксид магния, которые образуются при использовании данного метода, могут пересыщать растворы и долго оставаться в коллоидно-дисперсном состоянии. Их переход в грубодисперсный шлам происходит длительно, особенно при наличии в воде органических примесей, которые действуют как защитные коллоиды и низких температурах. При большом их количестве жесткость воды может снижаться всего на 15-20%. В данных случаях перед умягчением или в процессе его из воды удаляют органические примеси окислителями и коагулянтами.

Часто процесс известково-содового метода проводится в две стадии. Во-первых, из воды удаляют органические примеси и значительную часть карбонатной жесткости (используют соли алюминия или железа с известью), проводя процесс при оптимальных условиях коагуляции. Во-вторых, вводят соду и остальную часть извести и доумягчают воду. При удалении органических примесей одновременно с умягчением воды в качестве коагулянтов применяют только соли железа, поскольку при высоком значении pH воды, необходимом для удаления магниевой жесткости, соли алюминия не образуют сорбционно-активного гидроксида.

Более глубокое умягчение воды достигается ее подогревом, добавлением избытка реагента-осадителя и созданием контакта

умягчаемой воды с ранее образовавшимися осадками. При подогреве воды уменьшается растворимость CaCO_3 и $\text{Mg}(\text{OH})_2$ и более полно протекают реакции умягчения. Глубина умягчения воды соответственно равна: без подогрева 1- 2 мг-экв/л, при подогреве воды до $80-90^\circ\text{C}$ 0,2-0,4 мг-экв/л. Глубокое умягчение ведётся при температуре выше 100°C .

Большой избыток реагента-осадителя при декарбонизации добавлять не рекомендуют, поскольку возрастает остаточная жесткость из-за непрореагировавшей извести или при наличии в воде магниевой некарбонатной жесткости вследствие ее перехода в кальциевую жесткость:



Рекомендуется принимать избыток извести не более 0,5 мг-экв/л.

На рисунке 17 приведена зависимость осадочной жесткости воды от дозы извести.

Рисунок 17 – Зависимость остаточной жесткости воды от дозы извести.

Также при использовании рассматриваемого метода не рекомендуется применять большие избытки извести, но в данном случае они не вызывают увеличения остаточной жесткости, поскольку снимаются содой:

$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3 + 2\text{NaOH}$, но избыток извести приводит к нерациональному перерасходованию соды, повышению стоимости умягчения воды и увеличению гидратной щелочности. В связи с этим избыток соды принимают около 1 мг-экв/л. Жесткость воды в результате контакта с ранее выпавшим осадком понижается на 0,3-0,5 мг-экв/л по сравнению с процессом без контакта с осадком.

Коррекцией pH умягченной воды следует осуществлять контроль процесса умягчения воды. Но когда это невозможно, его контролируют по значению гидратной щелочности, которую при декарбонизации поддерживают в пределах 0,1-0,2 мг-экв/л, при известково-содовом

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

умягчении - 0,3-0,5 мг-экв/л.

Оптимальным сооружением для умягчения воды известково-содовым или известковым методами является вихревой реактор (спирактор открытый или напорный) (рис. 18). Реактор представляет собой железобетонный или стальной корпус, суженный книзу (угол конусности 5.20°) и наполненный примерно до половины высоты контактной массой. Скорость движения воды в нижней узкой части вихревого реактора равна 0,8-1 м/с; скорость восходящего потока в верхней части на уровне водоотводящих устройств – 4-6 мм/с. В качестве контактной массы применяют песок или мраморную крошку с размером зерен 0,2-0,3 мм из расчета 10 кг на 1 м³ объема реактора. При винтовом восходящем потоке воды контактная масса взвешивается, песчинки сталкиваются друг с другом и на их поверхности интенсивно кристаллизуется CaCO₃; постепенно песчинки превращаются в шарики правильной формы. Гидравлическое сопротивление контактной массы составляет 0,3 м на 1 м высоты. Когда диаметр шариков увеличивается до 1,5-2 мм, крупную наиболее тяжелую контактную массу выпускают из нижней части реактора и догружают свежую. Вихревые реакторы не задерживают осадка гидроксида магния, поэтому их следует применять совместно с установленными за ними фильтрами только в тех случаях, когда количество образующегося осадка гидроксида магния соответствует грязеемкости фильтров.

При грязеемкости песчаных фильтров, равной 1-1,5 кг/м³, и фильтроцикле 8 часов допустимое количество гидроксида магния составляет 25-35 г/м³ (при этом содержание магния в исходной воде не должно превышать 10-15 г/м³). Возможно применение вихревых реакторов и при большем содержании гидроксида магния, но после них необходимо устанавливать осветлители для выделения гидроксида магния.

Рисунок 18- Вихревой реактор

1,8 - подача исходной и отвод умягченной воды; 5 - пробоотборники; 4 - контактная масса; 6 - сброс воздуха; 7 - люк для загрузки контактной массы; 3 - ввод реагентов; 2 - удаление отработавшей контактной массы

Рисунок 19 - Водоумягчительная установка с вихревым реактором

1 - бункер с контактной массой; 2 - эжектор; 3, 8 - подача исходной и отвод умягченной воды; 4 - вихревой реактор; 5 - ввод реагентов; 6 - скорый осветлительный фильтр; 9 - сброс контактной массы; 7 - резервуар умягченной воды

Водоумягчительная установка с вихревым реактором представлена на рисунке 19. В этой установке отсутствует камера хлопьеобразования, поскольку хлопья осадка карбоната кальция формируются в контактной массе. Воду перед реакторами при необходимости осветляют.

В технологических схемах реагентного умягчения воды с осветлителями вместо вихревых реакторов применяют вертикальные смесители. В осветлителях следует поддерживать постоянную температуру, не допуская колебаний более 1°C , в течение часа, поскольку возникают конвекционные токи, взмучивание осадка и его вынос.

Значительная высота при небольшом объеме осадкоуплотнителей позволяет применять их для умягчения воды без подогрева, а также при обескремнивании воды каустическим магнезитом. Распределение исходной воды соплами обуславливает ее вращательное движение в нижней части аппарата, что повышает устойчивость взвешенного слоя при колебаниях температуры и подачи воды. Смешанная с реагентами вода проходит вертикальную и горизонтальную смесительные перегородки и поступает в зону сорбционной сепарации и регулирования структуры осадка, это достигается изменением условий отбора осадка по высоте взвешенного слоя, создавая предпосылки для получения его оптимальной структуры, улучшающей эффект умягчения и осветления воды. Проектируют осветлители так же, как и для обычного осветления воды. На рис. 21 представлена установка известково-содового умягчения воды

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

фосфатным доумягчением.

Рисунок 20 – Установка известково-содового умягчения воды
1,8 – подача исходной и отвод умягчённой воды; 2 – эжектор; 3 – бункер с контактной массой; 5-ввод реагентов; 6 - осветлитель со слоем взвешенного осадка; 7 – осветлительный скорый фильтр; 4- вихревой реактор

Рисунок 21 – Установка известково-содового умягчения воды с фосфатным доумягчением
1 – сброс шлама из накопителя; 2,3 – сборник умягченной воды; 4 – ввод извести и соды; 5,11 – подача исходной и отвод умягченной воды; 6 – вводы пара; 7,8 – терморектор первой и второй ступени; 9 – ввод тринатрийфосфата; 10 – осветлитель скорый фильтр.

При расходах умягчаемой воды до 1000 м³/сут может быть применена водоочистная установка типа "Струя". Обрабатываемая вода с добавленными к ней реагентами поступает в тонкослойный отстойник, затем на фильтр(рис. 22). Установка может работать и в безреагентном режиме.

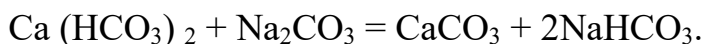
Рисунок 22 – Установка «Струя»
1, 10 – насосы подачи исходной и обработанной воды; 2, 7 – сетчатый и зернистый скорый фильтры; 3 – вертикальный смеситель-деаэратор; 4, 5 – баки коагулянта и флокулянта; 6 – тонкослойный отстойник, совмещенный с конвективной камерой хлопьеобразования; 8 – аппарат обеззараживания воды; 9 – резервуар чистой воды; 11 – насос полами промывной воды; 12 – бак известкового раствора; 13 – бак раствора поваренной соли; 14 – водонапорная башня; 15 – отвод воды потребителю; 16 – аппарат «Поток» для получения гипохлорита натрия.

2.2.1.4 Содорегенеративный метод

Метод основан на возобновлении соды в процессе умягчения, его применяют при подготовке воды, для питания паровых котлов низкого

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

давления.



Гидрокарбонат натрия, попадая в котел с умягченной водой, разлагается под влиянием высокой температуры:



Образующаяся при этом сода вместе с избыточной, введенной вначале в водоумягчитель, тут же в котле гидролизует с образованием гидроксида натрия и оксида углерода (IV), который с продувочной водой поступает в водоумягчитель, где используется для удаления из умягчаемой воды гидрокарбонатов кальция и магния.

Недостаток этого метода: образование значительного количества CO_2 в процессе умягчения вызывает коррозию металла и повышение сухого остатка в котловой воде.

2.2.1.5 Известково-доломитовый метод

Этот метод используют для одновременного умягчения и обескремнивания воды при температуре 120°C . Щелочность воды, при использовании данного метода, обработанной известью или известью и содой (без избытка), может быть снижена до 0,3 мг-экв/л при остаточной концентрации кальция 1,5 мг-экв/л и до 0,5 мг-экв/л при остаточной концентрации кальция 0,4 мг-экв/л. Исходная вода обрабатывается известково-доломитовым молоком и осветляется в напорном осветлителе. Затем она проходит через напорные антрацитовые и Na-катионитовые фильтры первой и второй ступеней.

В осветлителях высоту зоны осветления принимают равной 1,5 м, скорость восходящего потока при известковании - не более 2 мм/с. Время пребывания воды в осветлителе от 0,75 до 1,5 ч в зависимости от вида удаляемого загрязнения. Коагулянт соли железа (III) рекомендуется добавлять в количестве 0,4 мг-экв/л.

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Рисунок 23 - Установка микрофильтрации

2.2.3 Безреагентные методы умягчения воды

Такие методы умягчения воды работают на основе физических процессов без применения химикатов и реагентов, поэтому эта группа методов благоприятна для очистки воды, которая используется в хозяйственно-бытовом водоснабжении.

2.2.3.1 Электромагнитный метод умягчения

Относительно новый метод умягчения, который основан на воздействии на жесткую воду электромагнитными волнами определенной частоты, которые генерирует специальный прибор на основе микропроцессора.

В результате электромагнитного воздействия ионы кальция и магния теряют способность образовывать осадок и накипь и, находясь во взвешенном состоянии, удаляются из системы вместе с водой в канализацию.

Электромагнитный умягчитель серии «АкваЩит» представлен на рисунке 24. В обычную комплектацию этого прибора входят все необходимые составляющие: для создания катушки выбирается любой свободный участок трубы с длиной около 50 см.; элемент создается с помощью намотки провода (до 10-ти витков); очищенные концы провода подсоединяются к генератору. Сам прибор включается в сеть 220 V/ 50 Гц.

Рисунок 24 - Электромагнитный умягчитель серии «АкваЩит»

Достоинства данного устройства: прибор будет работать с одинаковой

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

эффективностью долгое время, без использования и замены расходных материалов; небольшой вес; бесшумная работа; компактные размеры. Недостаток: высокая стоимость прибора, но его использование будет экономичным, поскольку расходы электроэнергии минимальны.

2.2.3.2 Термический метод умягчения

Данный метод целесообразнее применять при использовании карбонатных вод, которые идут на питание котлов низкого давления, а также в сочетании с реагентными методами умягчения воды. Он основан на смещении углекислотного равновесия при ее нагревании в сторону образования карбоната кальция, что описывается реакцией:

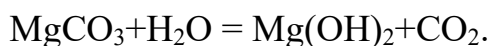


Равновесие смещается за счет понижения растворимости оксида углерода (IV), который вызывается повышением температуры и давления. Кипячением можно полностью удалить оксид углерода (IV) и тем самым значительно снизить карбонатную кальциевую жесткость. Но полностью устранить указанную жесткость не удастся, так как карбонат кальция хотя и незначительно (при температуре 18°C 13 мг/л), однако все же растворим в воде.

При наличии в воде гидрокарбоната магния процесс его осаждения происходит таким образом: изначально образуется сравнительно хорошо растворимый (при температуре 18° С 110 мг/л) карбонат магния:



который при продолжительном кипячении гидролизует, в результате чего выпадает осадок малорастворимого (8,4 мг/л) гидроксида магния:



Отсюда следует, что при кипячении воды жесткость, которая

обуславливается гидрокарбонатами кальция и магния, снижается, а также снижается жесткость, которая определяется сульфатом кальция, растворимость которого падает до 0,65 г/л.

Термоумягчитель конструкции Копьева отличается относительной надежностью работы и простотой устройства (рисунок 25). Предварительно подогретая в аппарате обрабатываемая вода поступает через эжектор на розетку пленочного подогревателя и разбрызгивается над вертикально размещенными трубами, и по ним стекает вниз навстречу горячему пару. После этого совместно с продувочной водой от котлов она по центрально подающей трубе через дырчатое днище поступает в осветлитель со взвешенным осадком. При этом выделяющиеся из воды углекислота и кислород вместе с избытком пара сбрасываются в атмосферу. Образующиеся в процессе нагревания воды соли магния и кальция задерживаются во взвешенном слое. Пройдя через взвешенный слой, умягченная вода поступает в сборник и отводится за пределы аппарата. Время пребывания воды в термоумягчителе составляет 30-45 мин, скорость ее восходящего движения во взвешенном слое 7-10 м/ч, а в отверстиях ложного дна 0,1-0,25 м/с.

Рисунок 25- Термоумягчитель конструкции Копьева

15 - сброс дренажной воды; 12 - центральная подающая труба; 13 - ложные перфорированные днища; 11 - взвешенный слой; 14 - сброс шлама; 9 - сборник умягченной воды; 1, 10 - подача исходной и отвод умягченной воды; 2 - продувка котлов; 3 - эжектор; 4 - выпар; 5 - пленочный подогреватель; 6 - сброс пара; 7 - кольцевой перфорированный трубопровод отвода воды к эжектору; 8 - наклонные сепарирующие перегородки

2.2.3.3 Мембранные методы

Мембранный методы представлен процессом обратного осмоса. Обратный осмос – это относительно наиболее перспективный и широко применяемый метод подготовки и очистки воды. Установка обратного осмоса

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

способна удалять из воды частицы с размерами 0,001–0,0001 мкм. В этот диапазон попадают соли жесткости, нитраты, ионы натрия, сульфаты, малые молекулы, красители. Важным условием успешной работы системы обратного осмоса является отсутствие кислорода, для того чтобы предотвратить окисление и образование дисперсного железа в исходной воде, которое может оседать на мембране. Это условие легко выполнимо, так как системы обратного осмоса герметичны. Полупроницаемая осмотическая мембрана препятствует выравниванию концентраций веществ по разные стороны от себя. Поток воды продавливается через мембрану, которая в свою очередь отторгает примеси, поддерживая их высокую концентрацию со стороны, с которой течет вода. Мембрана обратного осмоса представляет собой подобие сетки, размер ячеек сравним с размером молекулы воды. Благодаря такой структуре мембраны, из воды удаляются практически все растворенные компоненты, соли тяжелых металлов, органические примеси и бактерии.

Рисунок 26 - Схема работы обратноосмотической установки

Состав установок обратного осмоса может несколько варьироваться в зависимости от состава входящей воды и условий протекания процесса. Стандартная базовая комплектация включает в себя такие функциональные элементы: предварительный фильтр тонкой очистки (выполняет предварительную подготовку потока воды, удаляет твердые частицы размерами до 5 мкм); фильтрующий блок (служит для монтажа мембранных модулей внутри которых осуществляется процесс фильтрации); насосное оборудование (позволяет обеспечивать требуемый перепад давления для прохождения процесса); обвязка установки контрольно-измерительная и регулирующая арматура (осуществляет автоматическое управление установкой); промывной блок (выполняет промывку поверхности мембран).

Достоинства фильтров обратного осмоса: наивысший уровень очистки среди всех фильтрующих технологий; компактная схема размещения

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

оборудования; в процессе эксплуатации не требуется использования дополнительных реагентов; широкий диапазон стандартных моделей, охватывающих большой диапазон по производительности; высокая степень автоматизации работы установки; простота в эксплуатации и обслуживании; возможность встраивания в глобальные автоматизированные системы управления процессами очистки и подготовки воды; модульная система, позволяющая увеличивать производительность стандартной установки за счет добавления дополнительных фильтрующих элементов; использование коррозионностойких материалов для выполнения арматуры и трубопроводной обвязки установки.

Во время работы оборудования осуществляются периодические гидравлические промывки, после его остановки – заполнение мембран пермеатом для уменьшения отложения солей. Контроллер имеет интеллектуальный алгоритм запуска и остановки в нештатных и аварийных ситуациях (например, временное отсутствие воды). Программная оболочка позволяет отслеживать изменения в работе оборудования и проводить диагностику его работоспособности.

Контролерные схемы подходят для объектов разного уровня, особенно там, где установка находится в удалении или отсутствует возможность периодического контроля оператором, а также там, где есть необходимость в постоянном контроле параметров работы и учета объемов и в других случаях.

Установки серии НФС и ООС модификации автомат-PRO имеют следующий функционал:

- 1) Защита оборудования от превышения нагрузки и короткого замыкания;
- 2) Защита работы установки по линии высокого давления;
- 3) Защита насоса от возможного «сухого хода»;
- 4) Частотное управление двигателем насоса;
- 5) Измерение рабочего давления с помощью электронных датчиков;
- 6) Измерение расходов пермеата, концентрата и рецикла с помощью счетчиков, с выводом данных на панель управления;

- 7) Гидропромывка мембран по задаваемому циклическому режиму;
- 8) Промывка и заполнение мембран во время простоя оборудования;
- 9) Встроенный модуль автоматической химической мойки мембран;
- 10) Дозирование ингибитора солевых отложений;
- 11) Автоматическое пополнение емкости с очищенной водой;
- 12) Кондуктометрическая система измерения солесодержания воды с функцией индикации превышения концентрации солей в очищенной воде;

Рисунок 27 - Установка обратного осмоса ООС- 15

2.3 Методы обеззараживания

Обеззараживание воды - это процесс, который направлен на частичное или полное уничтожаются в воде бактерий, вирусов, которые способны вызвать множество инфекционных заболеваний.

Первоначальный этап очистки воды, который включает ее осветление и обесцвечивание удаляет из воды взвешенные вещества, различные примеси и около 98% микроорганизмов, но при этом часть оставшихся микроорганизмов может являться патогенными вирусами и бактериями, которые проходят через основные сооружения и находятся в фильтрованной воде и могут вызывать различные опасные инфекции и заболевания. Микробиологическое загрязнение представляет наибольшую опасность для человеческого организма, в связи с этим обеззараживание питьевой воды является важным и обязательным заключительным этапом общей очистки воды.

Питьевая вода непосредственно потребляется человеком и должна соответствовать самым жестким гигиеническим нормативам. Существующие способы обеззараживания делятся на реагентные (химические), безреагентные (физические) и комбинированные методы.

При выборе метода обеззараживания необходимо учитывать опасность для здоровья человека остаточных количеств веществ, которые используются

для обеззараживания или образуются в процессе обеззараживания воды, а также эффективность предложенного метода в отношении различных видов микроорганизмов, которые должны быть обезврежены. При использовании химических методов для достижения стойкого обеззараживающего эффекта необходимо правильно определить дозу вводимого реагента и обеспечить достаточную длительность его контакта с водой. Определение дозы реагента проводится расчетом или пробным обеззараживанием.

Для поддержания необходимого эффекта при химических способах обеззараживания питьевой доза реагента рассчитывается с избытком (остаточный озон, остаточный хлор), который гарантирует уничтожение микроорганизмов, которые попадают в воду некоторое время после обеззараживания.

При использовании физических способов необходимо подвести к единице объема воды заданное количество энергии, определяемое как произведение интенсивности воздействия (мощности излучения) на время контакта.

2.3.1 Химические методы обеззараживания воды

Реагентные методы обеззараживания воды включают в себя обработку воды сильными окислителями: озоном, хлорсодержащими веществами и олигодинамию (воздействие ионами тяжелых металлов – серебра, меди).

2.3.1.1 Озонирование

Озонирование является самым эффективным и дорогим методом обеззараживания воды, который требует большого расхода электроэнергии, больших затрат на приобретение и обслуживание оборудования. Использование озона производится в уже очищенную воду, получается, что озон будет затрачиваться лишь на дезинфекцию. Но если после очистки в воде

всё-таки остались не окисленные соединения (не окисленное железо, органические загрязнения, марганец и т. д.), расход озона значительно возрастет.

Преимущество озонирования - это высокая степень обеззараживания, отсутствие высокотоксичных и канцерогенных продуктов в очищенной воде и наилучшие органолептические свойства воды. Дезинфицирующие и окислительные свойства озона обуславливаются выделением при контакте с органическими соединениями активного атомарного кислорода, которые разрушают ферментные системы микробных клеток, уничтожающего цисты, споры и других патогенных микробов и окисляющего некоторые соединения, придающие воде неприятный запах (например, гуминовые основания).

Установка озонирования BWT Bewazon VUL-W 350-700 представлена на рисунке 27. Данные установки предназначены для производства озона.

Узлы, которые необходимы для предварительной обработки технологического газа и выработки озона, размещаются в типовом шкафу, при производительности, начиная от 210 гО₃/час - в нескольких последовательно установленных шкафах. Дисплей, который расположен на передней панели, дает текстовую информацию о текущем рабочем состоянии установки, (например, о количестве вырабатываемого озона или о том, какой осушитель находится в данный момент в режиме регенерации или работы). Озонаторы типоряда VU-L-W представляют собой установки пониженного давления. Осушка воздуха и выработка озона в таких установках производятся при пониженном давлении. При этой системе выработки утечка озона полностью исключается. Расход энергии для выработки озона при работе установки с номинальной производительностью составляет 17 Вт·час/гО₃.

Срок службы установки продлевает отсутствие непрерывно вращающихся деталей. В состав озонаторов Bewazon VU-L-W входят: генератор озона, накопительная емкость, смеситель озона с водой, фильтр, система самодиагностики, система удаления остаточного озона

Рисунок 28 - Установка озонирования BWT Bewazon VU-L-W 350-700

В обработанной озоном воде может наблюдаться рост бактерий, так как разложение фенольных групп, которые входят в состав гуминовых веществ, способствует активации микроорганизмов, которые ранее находились в подавленном состоянии. В связи с этим остаточный озон не всегда гарантирует высокое качество воды по микробиологическим показателям у потребителя. Также, остаточный озон разрушает металлические трубопроводы, особенно стальные, именно поэтому перед подачей воды в распределительные сети необходимо некоторое время выдержать ее в контактных резервуарах для полного разложения озона. Использовать остаточный озон для защиты воды от вторичных загрязнений в трубопроводе в период транспортирования возможно лишь для труб из материалов, которые стойки к воздействию озона (некоторые асбестоцемент, пластмассыбетон и т. д.).

Ограничениями распространения озонирования ещё является высокая стоимость оборудования, необходимость высококвалифицированного оборудования, большой расход электроэнергии.

Метод озонирования является технически сложным, поскольку процесс включает последовательные стадии очистки воздуха, его осушки и охлаждения, синтеза озона, смешения озоновоздушной смеси с обрабатываемой водой, деструкции и отвода остаточной озоновоздушной смеси. Другим существенным недостатком озонирования необходимо назвать токсичность озона, его предельно допустимое содержание в воздухе производственных помещений – $0,1 \text{ г/м}^3$, помимо этого, существует опасность взрыва озоновоздушной смеси.

2.3.1.2 Хлорирование

Это самый проверенный и распространенный способ обеззараживания воды, так как данный метод экономичен и обеспечивает пролонгированный

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

(консервирующий) эффект, позволяющий избежать вторичного роста микроорганизмов в воде.

К хлорсодержащим веществам, которые используются для обеззараживания воды относятся гипохлорит натрия (NaClO) химический и электролитический, диоксид хлора (ClO_2), гипохлорит кальция ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$). Химический гипохлорит натрия марки «А» производится с содержанием активного хлора не менее 190 г/л. При хранении и транспортировке из-за нестойкости продукта происходят потери гипохлорита натрия, по причине превращения его в более стойкое соединение NaCl (соль). Электролитический гипохлорит натрия марки «Э» производится с содержанием активного хлора 4–8 г/л. В отличие от химического гипохлорита натрия электролитический гипохлорит получают на месте потребления, и его транспортировка и хранение не требуется. Гипохлорит кальция санитарно-технический марки «А» представляет собой порошок белого цвета с резким запахом хлора и производится с содержанием активного хлора не менее 45 %.

При контакте с жидкими маслообразными органическими веществами или пылевидными органическими продуктами гипохлорит кальция может вызвать их возгорание. Диоксид хлора получают на месте потребления реакцией соляной кислоты с хлоритом натрия NaClO_2 . Диоксид хлора более сильный окислитель в сравнении с хлором и может использоваться для удаления запаха, деструкции органических веществ и улучшения вкусовых качеств воды, но его использование может привести к образованию побочных продуктов таких, как хлорита, который является токсичным. При этом стоимость диоксида хлора высока.

Существенный недостаток хлорирования — это присутствие в воде после обработки свободного хлора, который ухудшает ее органолептические свойства и образует обладающие высокой токсичностью, мутагенностью и канцерогенностью хлорорганические соединения, представляющие опасность для здоровья человека. Основными приборами, которые используются в схеме обеззараживания воды с помощью хлора, являются разнообразные дозаторные

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

установки.

Работа насосов-дозаторов в настоящее время полностью автоматизирована. Дозатор S10k (Рисунок 29) представляется как система дозирования для малых расходов газа. Вакуумный регулятор монтируется непосредственно на баллоне (контейнере), это позволяет снижать давление газа до вакуума. Данная установка имеет небольшую производительность и предназначена для экономной подачи газа при обработке и обеззараживании воды в системах промышленного и коммунального водоснабжения и водоотведения, в плавательных бассейнах и системах подготовки технологической воды для различных отраслей промышленности.

Данная система дозирования предназначена для дозировки хлора, двуокиси серы, аммиака, углекислого газа. Универсальность ее применения с любым оборудованием обеспечивается гибкостью монтажных конфигураций для коллекторов, баллонов и тонных резервуаров. Выпускается два основных варианта производительностью по газообразному хлору 10 кг/час и 4 кг/час.

Рисунок 29 - Дозатор газа (хлоратор) S10k

Системы OSEC компании “Siemens plc” производят гипохлорит натрия путем пропускания переменного тока через водный раствор соли (рассол). При прохождении раствора соли (NaCl) через электролизер на положительном электроде (аноде) образуется хлор (Cl₂), а на отрицательном электроде (катоде) – гидроксид натрия (NaOH) и водород (H₂). Далее хлор реагирует с гидроксидом натрия с образованием гипохлорита натрия, который поступает в резервуар для хранения. Отвод водорода из системы OSEC® LC Pool System производится принудительно с помощью встроенной воздуходувки. Нагнетаемый воздух пропускается через резервуар для хранения гипохлорита, а затем отводится в атмосферу.

Если водород не отводится должным образом, то процесс производства гипохлорита либо не начинается вообще, либо приостанавливается. Такая

автоблокировка происходит из-за специального переключателя воздушного потока, связанному с программируемым логическим контроллером. Поплавковые выключатели в электролизере и на линии подачи воды также осуществляют автоблокировку для обеспечения безопасности при пуске системы и для остановки системы в случае какой-либо неисправности. Получаемый раствор гипохлорита натрия содержит 0,8 % доступного хлора, такая концентрация не является опасным химическим веществом. OSEC® Pool System выпускается в двух вариантах – на 6 и на 12 кг эквивалентного хлора в сутки. Система на 6 кг хлора в сутки может использоваться для одного бассейна или комплекса из нескольких бассейнов общей рециркуляцией около 200 м³/ч.

2.3.1.3 Олигодинамия

Процесс обеззараживания воды ионами тяжелых металлов называется олигодинамия. Небольшие концентрации ионов тяжелых металлов (серебра, цинка, меди и др.) вызывают гибель микроорганизмов, находящихся в воде. Эти металлы могут вводиться в виде растворов солей. Серебро обладает наибольшими бактерицидными свойствами.

В настоящее время разработаны устройства и технологии для электролитического растворения серебра. Получаемая «серебряная вода» содержит ионы серебра и является эффективным веществом для консервирования и дезинфекции питьевой воды. Но следует учитывать, что серебрение воды, это дорогой метод обеззараживания, а концентрация серебра, которые разрешены действующими нормативами, способны лишь притормозить рост бактерий в воде. Серебро, как и большинство тяжелых металлов, медленно выводится из организма и при его постоянном поступлении может накапливаться.

При длительном накоплении серебра возможно проявление признаков отравления. "SILVER PRO" – система безхлорной дезинфекции ионами

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

серебра, очищаемая вода проходит через специальную камеру обработки, в которой находятся электроды сплава серебра и меди. На них подается постоянное слабое напряжение с определенно заданной силой тока. В результате образуются ионы серебра. Преимущество ионов серебра и меди - это то, что они остаются в воде и осуществляют дальнейшую защиту воды, очищая ее в течение продолжительного срока без использования ядовитых веществ. Таким образом, дополнительная регулировка или постоянный контроль и связанное с ними присутствие персонала становятся излишним.

Рисунок 30 - Система «SILVER-PRO»

2.3.2 Физические методы обеззараживания воды

К физическим методам относятся: кипячение; воздействие электрическим разрядом; ультразвуковое воздействие; ультрафиолетовое облучение.

2.3.2.1 Кипячение

Кипячение является наиболее надежным и распространенным для небольшого количества обрабатываемой воды методом обеззараживания воды. При кипячении происходит уничтожение большинства бактерий, бактериофагов, вирусов и других микроорганизмов. Для наиболее надежного обеззараживания рекомендуется кипятить воду в течении 15-20 минут, поскольку при кратковременном процессе некоторые микроорганизмы и их споры могут сохранить жизнеспособность.

Обеззараживание кипячением в промышленных масштабах не возможно из-за высокой стоимости метода.

2.3.2.2 Ультразвуковое воздействие

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

Бактерицидное действие ультразвука основано на механическом разрушении клеточных оболочек бактерий в поле звуковой волны.

Ультразвук производится специальным генератором - магнитострикционным или пьезоэлектрическим.

Для эффективного обеззараживания воды используется частота звука 48000 Гц. Об эффективности воздействия звуковых колебаний с частотой больше 20000 Гц на физические объекты говорит тот факт, что с помощью ультразвука можно обрабатывать алмазы и резать металл. Преимущество использования ультразвука - его нечувствительность к таким факторам, как высокая мутность и цветность воды, характер и количество микроорганизмов, и наличие в воде растворенных веществ. Данный метод один из новейших и перспективных способов обеззараживания, поскольку обладает высокой эффективностью, но его применение ограничивается высокой стоимостью данных установок.

Установки ультразвука обычно совмещаются с лампами ультрафиолетового излучения для более эффективного обеззараживания.

Рисунок 31 - Схема установки ультразвукового и ультрафиолетового обеззараживания

Бактерицидные установки серии "Лазурь" представляют собой новое поколение устройств для обеззараживания воды и стоков ультрафиолетовым излучением с применением ультразвука, которые созданы на базе конверсионных технологий. Их отличием является практически полное уничтожение патогенных микроорганизмов и превращение токсичных органических соединений в нетоксичные нейтральные химические соединения.

В бактерицидных установках по обеззараживанию воды и стоков применяются источники непрерывного ультрафиолетового излучения,

воздействующий на водную среду через специальный материал (супрасил) в диапазоне длин волн 180-300 нм.

Одновременно вода подвергается обработке ультразвуком, это увеличивает эффективность действия установок в 100-1000 раз, что позволяет полностью (до 0) обезвредить в воде микробиологические примеси при их исходных концентрациях: бактерии - 10^6 ед/л, споры - 10^6 ед/л, вирусы (в том числе полиомиелит) - 10^5 ед/л, что выше, чем у аналогичных устройств в России и за рубежом. Вода, которая обработана в бактерицидных установках, отвечает требованиям лучших мировых стандартов. Использование ультразвука в составе установок позволяет производить обеззараживание высокоминерализованных вод, без биообрастания и соляризации поверхностей излучателя

Рисунок 32 - Бактерицидная установка с применением ультразвука «Лазурь»

2.3.2.3 Воздействие электрическим разрядом

Достаточно новые способы обеззараживания воды, воздействующие на нее электрическим разрядом методы, - электроимпульсный и электрохимический. Отечественными представителями электрохимического метода являются «Изумруд», «Сапфир», «Аквамарин». Они работают с помощью диафрагменного электрохимического реактора, через который пропускают воду. Реактор разделен металлокерамической мембраной со способностью проводить ультрафильтрацию на анодную и катодную области.

Когда в катодные и анодные камеры подают ток, в них начинают образовываться щелочной и кислый растворы, а далее – электролитическое образование (его также называют активным хлором). В подобной среде достаточно быстро гибнут почти все вредоносные микроорганизмы и происходит разрушение некоторых соединений, которые растворены в воде. Очистка воды в установках "ИЗУМРУД" основана на использовании

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

окислительно-восстановительных процессов, благодаря которым в природе постепенно разрушаются и нейтрализуются все токсические вещества.

Природные процессы естественной окислительно-восстановительной деструкции и нейтрализации токсических веществ ускоряются многократно в специальных проточных электро-химических устройствах. Технологическими и эксплуатационными преимуществами является отсутствие фильтров, сорбентов, ионообменных полимерных и минеральных композиций, в том числе выделяющих в воду биоцидные вещества-ксенобиотики (йод, бром, медь, серебро,), отсутствие сменных элементов; охранение полезных микроэлементов в очищаемой воде. Принципиально новая технология очистки воды из нескольких стадий, разделенных во времени и пространстве: анодное окисление, обеспечивающее уничтожение микроорганизмов и деструкцию вредных органических соединений, электромиграционное удаление ионов тяжелых металлов, каталитическое разложение соединений активного хлора, катодное восстановление (нейтрализация) ионов тяжелых металлов.

Производительность такого аппарата зависит в основном от конструкции проточного элемента и определенного количества элементов. Также могут использоваться в отдельных агрегатах анолиты и католиты. Чаще всего их применяют в медицинской сфере.

Электроимпульсное воздействие подразумевает электрический заряд в воде, из-за чего возникает определенная степень ударной волны сверхвысокого давления, затем световое излучение и результат – образование озона, который крайне губителен для микроорганизмов и биологических объектов в воде в целом. Такой способ обеззараживания жидкости при правильном обслуживании устройства и проведении всех процедур поможет сделать воду максимально чистой, а благодаря образовавшемуся озону – некоторые элементы загрязнители будут устранены из обеззараживаемой жидкости. Но перечисленные эти способы воздействия в бытовых условиях не могут применяться ввиду сложности протекающих процессов и необходимых

знаниях, которые нужно будет применять на практике, а такое оборудование потребует основательных капиталовложений.

2.3.2.4 Ультрафиолетовое облучение

Это один из перспективных методов. Ультрафиолетовые-лучи могут воздействовать на клеточный обмен, на ферментные системы клеток бактерий, для этого используется свет с длиной волны 254 нм, который называют бактерицидным. Они уничтожают споровые и вегетативные бактерии, которые достаточно тяжело удаляются из воды. Органолептические свойства воды при этом не меняются. В отличии от окислительных способов, при УФ-облучении не происходит образование токсических веществ, а следовательно верхнего порога дозы тоже нет. Получается, что увеличивая дозу УФ-излучения, можно добиться самых лучших результатов очистки и обеззараживания воды. Современные установки обеззараживания имеют производительность от 1 до 50000м³ /ч и представляют собой выполненную из нержавеющей стали камеру с размещенными внутри УФ-лампами, защищенными от контакта с водой кварцевыми чехлами. Когда вода проходит через камеру обеззараживания, она непрерывно подвергается облучению ультрафиолетом, который убивает все находящиеся в ней микроорганизмы.

Наибольший эффект обеззараживания питьевой воды достигается при расположении УФ-установок после всех других систем очистки как можно ближе к месту конечного потребления.

Рисунок 33 - Установка УФ обеззараживания УОВ-УФТ-А-1-101

Установка УОВ-УФТ-А-1-101 производителя ООО «УФ-ТЕХ» представлена на рисунке 33. Внутри корпуса из нержавеющей стали 12x18н10т, через герметизирующие манжеты, крепятся кварцевые трубы, внутри которых установлены амальгамные бактерицидные лампы.

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

Установка снабжена термодатчиком и датчиком потока ультрафиолета. Камера оснащена блоком промывки кварцевых чехлов. Блок питания облучателей (ЭПРА), изготовлен отдельным узлом и соединен кабелем с камерой обеззараживания. Фактором, снижающим эффективность УФ-облучения является высокая мутность исходной воды, которая значительно ухудшает рассеивание лучей и эффективность обработки.

При длительной эксплуатации происходит загрязнение кварцевых чехлов ламп отложениями органического и минерального состава. Недостаток данного метода - отсутствие пролонгирующего эффекта - для индивидуального пользования такие установки будут самым лучшим вариантом, но для централизованного водоснабжения это делает применение УФ-облучения проблематичным.

3 ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ И СОСТАВА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

3.1 Определение расчетных расходов

Существующая централизованная система водоснабжения пос. Луговой состоит из следующих инженерных сооружений:

- водозабор на подземном источнике водоснабжения;
- водонапорная башня;
- распределительные сети. Оценим их потребность в водообеспечении.

Расчетный суточный расход воды:

$$Q_{\text{сут}} = q_{\text{ж}} N_{\text{ж}} / 1000, \text{ где}$$

$q_{\text{ж}}$ – удельное водопотребление,

$N_{\text{ж}}$ – расчетное число жителей.

$$Q_{\text{сут}} = \frac{194,4 \cdot 860}{1000} = 167,2 \text{ м}^3 \text{ \textbackslash сут}$$

Расчетные суточные расходы воды:

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

– в сутки наибольшего водопотребления:

$$Q_{\text{сут}}^{\text{max}} = K_{\text{max}}^{\text{сут}} * Q$$

С учетом коэффициента неравномерности:

$$K_{\text{сут}}^{\text{min}} = 1,2$$

$$Q_{\text{сут}}^{\text{max}} = 1,2 * 167,2 = 200 \text{ м}^3/\text{сут}$$

– в сутки наименьшего водопотребления:

$$Q_{\text{сут}}^{\text{min}} = K_{\text{сут}}^{\text{min}} * Q$$

С учетом коэффициента неравномерности

$$K_{\text{сут}}^{\text{min}} = 0,8$$

$$Q_{\text{сут}}^{\text{max}} = 0,8 * 167,2 = 133 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Расчетные часовые расходы воды:

1) в час наибольшего водопотребления:

$$Q_{\text{час}}^{\text{max}} = \frac{K_{\text{час}}^{\text{max}} * Q_{\text{сут}}^{\text{max}}}{24}$$

$$K_{\text{час}}^{\text{max}} = \alpha_{\text{max}} * \beta_{\text{max}} = 1,74$$

$$Q_{\text{час}}^{\text{max}} = \frac{1,74 * 200}{24} = 14,5 \text{ м}^3/\text{ч}$$

2) в час наименьшего водопотребления

$$Q_{\text{час}}^{\text{min}} = \frac{K_{\text{час}}^{\text{min}} * Q_{\text{сут}}^{\text{min}}}{24}$$

$$K_{\text{час}}^{\text{min}} = \alpha_{\text{min}} * \beta_{\text{min}} = 0,4 * 0,23 = 0,09$$

$$Q_{\text{час}}^{\text{min}} = \frac{0,09 * 133}{24} = 0,5 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Средний часовой расход:

$$Q_{\text{ср}}^{\text{час}} = \frac{166,9}{24} = 6,95 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Максимальный секундный расход:

$$Q_{\text{мах}}^{\text{сек}} = \frac{14,5}{3,6} = 4,03 \text{ л/с}$$

Средний суточный расход:

$$Q_{\text{ср}}^{\text{сек}} = \frac{7,5}{3,6} = 1,93 \text{ м}^3/\text{ч}$$

3.2 Характеристика принятой технологической схемы

Технология подготовки питьевой воды принята на основании:

- результатов анализов качества подземной воды (см. таблицу 1);
- требований к качеству очищенной воды, подаваемой потребителю, в соответствии с СанПиН 2.1.4.1074-01;
- опыта эксплуатации аналогичных сооружений (СП 31.13330.2012, п.п.9.2);
- анализа научно-исследовательских работ и специализированной литературы.

Технологическая часть разработана в соответствии с действующими нормами и правилами. Принятые технические решения соответствуют требованиям экологических, противопожарных и иных норм, действующих на территории Российской Федерации и обеспечивают безопасную для жизни и здоровья людей эксплуатацию объекта.

На основании проведенного анализа качества подземной воды главными задачами, которые необходимо решить при выборе технологии подготовки питьевой воды являются:

- осветление и обесцвечивание воды;

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

- дегазация воды (удаление агрессивной углекислоты и радона);
- обезжелезивание и деманганация;
- обескремнивание воды;
- деаммонизация;
- умягчение и обессоливание;
- придание воде благоприятных органолептических свойств (привкус, запах);
- обеззараживание воды дезинфектантом пролонгированного действия.

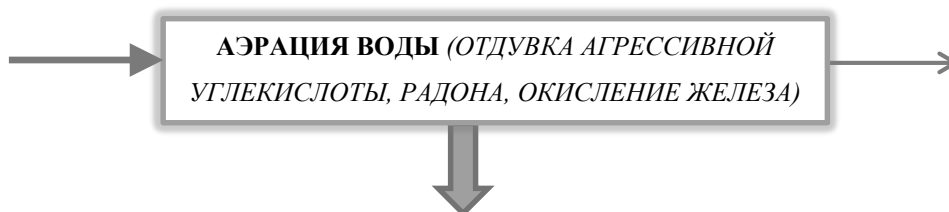
Для решения поставленных задач и выполнения главной цели – подготовки питьевой воды до норм, регламентируемых СанПиН 2.1.4.1074-01 «Вода питьевая» проектом разработана технологическая схема, включающая в себя следующие этапы подготовки питьевой воды:

- аэрация воды (отдувка агрессивной углекислоты, радона, окисление железа);
- обработка воды реагентом-окислителем гипохлоритом натрия (окисление марганца, разрушение связей железоорганических комплексов, связывание аммиака в хлорамины);
- механическая напорная фильтрация воды на фильтрах I ступени (осветление, обесцвечивание, обезжелезивание, деманганация);
- сорбционная напорная фильтрация воды на фильтрах II ступени (деаммонизация воды, задержание хлорорганики);
- доочистка воды на установке напорной ультрафильтрации;
- очистка 2/3 потока обрабатываемой воды на установке обратного осмоса (обессоливание, обескремнивание);
- обеззараживание воды раствором гипохлорита натрия.

Также проектируемая технологическая схема включает в себя решения по хранению питьевой воды и подаче ее в сеть потребителю. Технологическая схема подготовки питьевой воды представлена на рисунке 33.

Для подготовки и обеззараживания питьевой воды запроектировано реагентное хозяйство гипохлорита натрия и склад хранения на 25 суток.

Все оборудование, материалы, устройства и другие технические средства, принятые в проекте, имеют свидетельства о государственной регистрации и паспорта безопасности о применении в целях подготовки питьевой воды.



					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

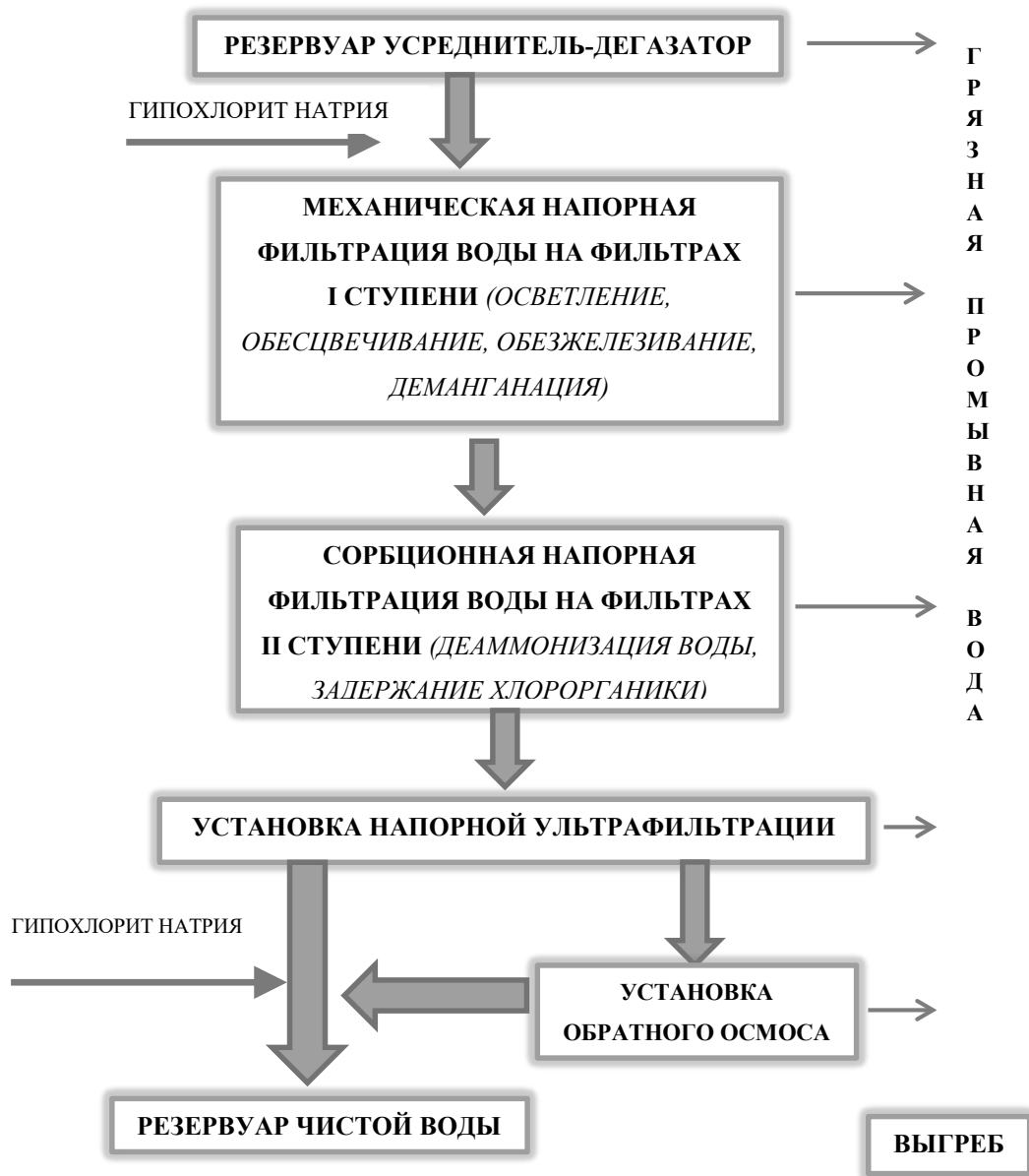


Рисунок 33 - Блок схема принятой подготовки воды

3.3 Характеристика проектируемых сооружений на станции водоподготовки

Подготовка питьевой воды осуществляется в административно-производственном корпусе, который условно разделен на административно-бытовую и производственную части. Производственная часть включает в себя следующие помещения:

1. Фильтровальный зал;
2. Реагентное хозяйство;
3. Электрощитовая.

В административно-бытовой части расположены диспетчерская, помещение дежурного персонала, санузел.

Основные производственные процессы, касающиеся водоподготовки, осуществляются в фильтровальном зале и реагентом хозяйстве. Подземная вода от существующих подземных скважин по одному напорному водоводу поступает в фильтровальный зал административно-производственного корпуса. Узел ввода подземной воды оборудован механическими манометрами, датчиком давления, дисковым механическим фильтром, расходомером, пробоотборным краном. Рабочее давление воды на входе на станцию водоподготовки составляет 0,15-0,20 МПа, расчетная производительность водозаборных сооружений – 7,0 м³/ч, 167,2,0 м³/сут.

Количество воды, подаваемое на станцию водоподготовки, регистрируется расходомером. Показания от расходомера выводятся по месту и в диспетчерскую.

Для защиты установленного оборудования и контрольно-измерительных приборов от мелких взвешенных частиц (ржавчина, песок) в узле ввода установлен дисковый механический фильтр, размер задерживаемой фильтром фракции – 100 мкм. Обслуживание фильтра сводится к его периодической промывке под проточной струей воды.

Для насыщения воды кислородом воздуха и окисления железа проектом предусмотрен вакуумный эжектор. Настройка производительности эжектора по воздуху происходит с помощью установленного до него регулятора давления и механических манометров. Настройка производительности эжектора осуществляется вручную при проведении пусконаладочных работ. Требуемая производительность эжектора по воздуху 1200 л/ч., по воде – 7,0 м³/ч.

Насыщенная кислородом подземная вода поступает в резервуар усреднитель-дегазатор. В резервуаре происходит дегазация подземной воды насыщенной воздухом, удаление свободной углекислоты и радона, а также сглаживание часовой неравномерности работы станции водоподготовки,

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

обусловленной прекращением работы оборудования в периоды промывок установок ультрафильтрации и обратного осмоса. Технические характеристики резервуара представлены в таблице 3.

Подача воды в резервуар осуществляется свободным разбрызгиванием воды через спиральные форсунки с высоты 0,5 м над максимальным уровнем воды в резервуаре. Резервуар усреднитель-дегазатор оборудован датчиками уровня, управляющими насосной установкой подачи воды на фильтры. Показания от датчиков выводятся в диспетчерскую.

Удаление воздуха из резервуара осуществляется через систему местной вентиляции.

Из резервуара усреднителя-дегазатора подземная вода подается насосной установкой подачи на напорные фильтры. Технические характеристики насосной установки представлены в таблице 4.

Насосная установка полной заводской готовности, смонтированная на раме, в комплекте со шкафом управления, трубопроводной обвязкой и запорной арматурой. Режим работы насосов – автоматический. Производительность насосной установки подачи воды на фильтры контролируется расходомером. Показания от расходомера выводятся по месту и в диспетчерскую.

В напорный трубопровод от установки подачи воды на фильтры вводится реагент-окислитель (12% раствор гипохлорита натрия) для доокисления железа, марганца, связывания аммиака в хлорамины. Для эффективного смешения реагента с обрабатываемой водой предусмотрен статический смеситель.

После введения реагента-окислителя технологической схемой предусмотрена фильтрация воды на напорных фильтрах (I степень фильтрации) и сорбционных напорных фильтрах (II степень фильтрации).

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

Технические характеристики напорных фильтров I ступени фильтрации представлены в таблице 5.

Задачей напорных фильтров I ступени является снижение цветности и мутности подземной воды, снижение содержания железа, марганца. Фильтрация воды на напорных фильтрах I ступени фильтрации осуществляется непрерывно, за исключением времени простоя на период промывок установок ультрафильтрации и обратного осмоса. Проектом предусмотрена продолжительность фильтроцикла – 24 часа, т.е. проводится промывка напорных фильтров 1 раз в сутки. Точная продолжительность фильтроцикла определяется при пусконаладочных работах. Промывка фильтров в рабочем режиме осуществляется автоматически по временному алгоритму. Два напорных фильтра I ступени фильтрации работают по очереди, каждый по 24 часа.

Проектом предусмотрены напорные фильтры в корпусах из стеклопластика. Распределительные системы фильтров выполнены по лучевой схеме из перфорированных труб и поставляются комплектно с корпусами фильтров. Направление движения воды при фильтрации – сверху-вниз, промывка – обратная.

Трубопроводная обвязка фильтров выполнена из поливинилхлоридных труб с применением электромагнитных клапанов. Все электромагнитные клапаны продублированы ручными шаровыми кранами. Для предотвращения создания избыточного давления или вакуума внутри корпуса фильтра каждый фильтр оборудован автоматическим воздухоотводчиком.

Промывка фильтра осуществляется чистой водой, хранящейся в резервуарах чистой воды. Для промывки фильтров проектом предусмотрена насосная установка промывки фильтров. Технические характеристики насосной установки промывки фильтров представлены в таблице 6.

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист 72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Насосная установка полной заводской готовности, смонтированная на раме, в комплекте со шкафом управления, трубопроводной обвязкой и запорной арматурой. Режим работы насосов – автоматический по временному алгоритму.

Количество воды, подаваемой на промывку фильтров регистрируется расходомером. Показания от расходомера передаются в диспетчерскую. График промывок необходимо выстроить таким образом, чтобы одновременно промывался только один фильтр.

Сорбционные напорные фильтры II ступени предназначены для очистки воды от аммиака, связанного в хлорамины на предыдущих стадиях подготовки воды. Технические характеристики напорных сорбционных фильтров 2 ступени представлены в таблице 7.

Фильтрация воды на напорных сорбционных фильтрах осуществляется непрерывно, за исключением времени простоя на период промывок установки ультрафильтрации. Проектом предусмотрена продолжительность фильтрационного цикла – 48 часов, т.е. проводится промывка напорных сорбционных фильтров 2 ступени в 1 раз в 2 суток. Задачей промывки сорбционных фильтров является – рыхление загрузки. Промывка фильтров в рабочем режиме осуществляется автоматически. Два напорных сорбционных фильтра II ступени работают по очереди, аналогично напорным фильтрам I ступени.

Промывка сорбционного фильтра также осуществляется осветленной водой, хранящейся в резервуарах чистой воды. Для промывки фильтров аналогично фильтрам I ступени используется насосная установка промывки фильтров. Технические характеристики насосной установки промывки фильтров представлены в таблице 8.

Проектом предусмотрены напорные фильтры в корпусах из стеклопластика. Распределительные системы фильтров выполнены по

лучевой схеме из перфорированных труб и поставляются комплектно с корпусами фильтров. Направление движения воды при фильтрации – сверху-вниз, промывка – обратная.

Трубопроводная обвязка фильтров выполнена из поливинилхлоридных труб с применением электромагнитных клапанов. Все электромагнитные клапаны продублированы ручными шаровыми кранами. Для предотвращения создания избыточного давления или вакуума внутри корпуса фильтра каждый фильтр оборудован автоматическим воздухоотводчиком.

Замену сорбционной загрузки фильтра требуется производить при достижении полной грязеемкости фильтра, при возникновении проскока загрязнения в фильтрат. Периодичность замены сорбционной загрузки определяется при пусконаладочных работах, ориентировочно составляет 1 раз в 12 месяцев.

Пройдя две ступени напорных фильтров подземная вода подается для доочистки на установку напорной ультрафильтрации. Задачей установки ультрафильтрации является предочистка воды перед установкой обратного осмоса, снижение цветности и мутности воды, доочистка от железа и марганца, коллоидного кремния, удаление вирусов и бактерий.

Установка полностью заводского изготовления, в комплекте со шкафом управления. Установка работает в автоматическом режиме. Технические характеристики установки напорной ультрафильтрации представлены в таблице 9.

Промывка мембран происходит осветленной водой из емкости и при помощи насоса, входящих в комплект установки. Промывка ультрафильтрационных мембран – автоматическая, прямая – по 1 минуте каждые 30 минут, обратная – по 2-5 минут каждые 2 часа. После установки напорной ультрафильтрации воды, одна часть потока обрабатываемой воды подается на установку обратного осмоса, другая часть потока обрабатываемой воды идет в обход установки. Процентное отношение части воды, которое

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист 74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

необходимо подать на установку обратного осмоса для достижения на выходе требуемого качества воды необходимо определить при пусконаладочных работах. Прогнозируемый расход воды, подаваемый на установку обратного осмоса, определен в размере 2/3 от общего расхода обрабатываемой воды. Подача части расхода воды, позволит минимизировать эксплуатационные затраты, а также позволит на выходе получить оптимальный состав воды по солесодержанию.

Контроль количества воды, подаваемой на установку обратного осмоса осуществляется при помощи расходомера, регулирование расхода осуществляется мембранным клапаном. Данные по количеству воды от расходомера передаются по месту и в диспетчерскую.

Установка обратного осмоса предназначена для снижения солесодержания воды и удаления кремния. Технические характеристики установки обратного осмоса представлены в таблице 10.

3.4 Реагентное хозяйство

Для подготовки и обеззараживания питьевой воды запроектировано реагентное хозяйство гипохлорита натрия и склад хранения раствора на 25 суток. Все проектные решения соответствуют требованиям СП 31.13330.2012. Проектом предусмотрено применение товарного раствора гипохлорита натрия. Основные технические характеристики реагента представлены в таблице 11.

Согласно принятой технологической схемы подготовки питьевой воды раствор гипохлорита натрия вводится в две точки дозирования:

1. Перед фильтрами I ступени.
2. Перед подачей питьевой воды в резервуары чистой воды.

Расчетные дозы раствора гипохлорита натрия и требуемые производительности насосов-дозаторов представлены в таблице 12.

Гипохлорит натрия в объеме 800 кг раствора привозят на станцию в полиэтиленовых бочках объемом 200л (4 шт.). Разгрузку бочки с борта автомобиля производят при помощи бочкокантователя. Им же производят транспортировку бочек в помещение реагентного хозяйства. Для хранения раствора гипохлорита натрия предусмотрены полиэтиленовые емкости с двойной стенкой, исключающие аварийные утечки реагента при разгерметизации емкостей.

При помощи бочкового насоса раствор гипохлорита натрия перекачивается в свободный расходный бак (второй бак в это время находится в работе).

Каждый расходный бак оборудован датчиками уровня, управляющими насосами-дозаторами. В пространстве между стенками емкости датчиком уровня контролируются возможные утечки реагента в случае разгерметизации. Сигналы от датчика передаются в диспетчерскую. Расходные баки работают по-очереди. Помимо дистанционных датчиков уровня расходные баки оборудованы трубчатыми уровнемерами для удобства визуализации уровня реагента на месте.

3.5 Резервуар чистой воды

Для хранения питьевой воды проектом предусмотрено строительство двух резервуаров для хранения питьевой воды общим объемом по 50 м³ каждый. Существующая водонапорная башня ввиду недостаточности полезного объема (20 м³, вместо требуемых 82,6 м³) исключается из работы.

Технические характеристики резервуаров представлены в таблице 13.

График часовой неравномерности водопотребления пос.Луговой с расчетом требуемого регулирующего объема резервуаров чистой воды представлен в таблице 14.

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

Принятые объемы резервуаров обеспечивают следующее:

- регулирование часовой неравномерности потребления пос.Луговой;
- требуемое время контакта воды с дезинфицирующим реагентом (не менее 30 минут);
- хранение аварийного объема воды (СП 31.13330.2012, п.12.3);
- полный обмен воды в резервуарах за 20 часов.

Срок восстановления аварийного объема воды при снижении подачи на хозяйственно-питьевые нужды до 70% составляет 42 часа.

Подводящие и отводящие трубопроводы от административно-производственного корпуса к резервуарам чистой воды проложены подземно.

Для защиты от промерзания при отрицательных температурах трубопроводы оборудованы греющими кабелями и утеплены скорлупами из пенополиуретана. Материал подводящих и отводящих трубопроводов – трубы стальные электросварные по ГОСТ 10704-91. Для стальных трубопроводов предусматривается защитное антикоррозионное наружное покрытие.

3.6 Насосная установка второго подъема

Подача питьевой воды населению пос. Луговой осуществляется насосной установкой второго подъема, установленной в фильтровальном зале административно-производственного корпуса. Насосная установка относится к III категории по степени обеспеченности подачи воды потребителю.

Проектом предусмотрена насосная установка полной заводской готовности, в комплекте со шкафом управления и трубопроводной обвязкой. Технические характеристики насосной установки представлены в таблице 15.

Режим работы насосной установки второго подъема – круглосуточный, автоматический от показаний датчика давления, установленного на напорном трубопроводе. Для обеспечения минимального часового расхода воды, а также

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

для сокращения частоты включений, на напорной стороне насосной установки второго подъема предусмотрен гидроаккумулятор объемом 200 л.

При возникновении аварийной ситуации и прекращении подачи воды на фильтровальную станцию предусмотрена возможность перевода работы насосной установки второго подъема в аварийный режим. При аварийном режиме работы насосной установкой II подъема обеспечивается подача аварийного объема воды по аварийному графику (70% среднесуточного потребления). При этом расходуется аварийный объем питьевой воды, хранящийся в резервуарах чистой воды.

В случае прекращения подачи электроэнергии на станцию водоподготовки от основного источника, станция переходит в аварийный режим работы. При аварийном режиме работы из технологического оборудования в работе остается насосная установка II подъема, работающая по аварийному режиму, описанному выше по тексту, а также электрообогрев подводящих и отводящих трубопроводов к резервуарам чистой воды (в период с отрицательными температурами).

Высотное расположение насосов II подъема по отношению к РЧВ выполнено с обеспечением условия установки корпусов насосов под заливом от аварийного уровня воды в резервуарах. Всасывающие трубопроводы от резервуаров чистой воды проложены с подъемом к насосам не менее 0,005.

Вся трубопроводная обвязка всасывающих и напорных трубопроводов насосной установки второго подъема выполнена в фильтровальном зале административно-производственного корпуса. Всасывающие линии каждого насоса оборудованы запорной арматурой, манометром и виброкомпенсатором. Напорные линии оборудованы виброкомпенсатором, манометром, обратным клапаном и запорной арматурой. Материал трубопроводов – трубы стальные электросварные по ГОСТ 10704-91. Для стальных трубопроводов предусматривается защитное антикоррозионное наружное покрытие.

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

Напорный трубопровод подачи питьевой воды в поселок оборудован расходомером для учета количества подаваемой воды потребителю, показания от расходомера выводятся в диспетчерскую. От напорного трубопровода насосной станции предусмотрено ответвление трубопровода на собственные хозяйственно-питьевые нужды станции (внутренние поливочные краны, санузел с душевой). Для контроля остаточного содержания хлора в питьевой воде на напорном трубопроводе установлен датчик непрерывного измерения свободного активного хлора с индикацией показаний по месту.

3.7 Расход воды на собственные нужды станции

Производительность оборудования проектируемой станции водоподготовки рассчитано с учетом обеспечения водой на собственные нужды станции. Сведения о расчетных расходах воды на собственные производственные нужды станции представлены в таблице 16.

Для собственных нужд станции используется вода питьевого и технического качества. Обеспечение водой питьевого качества осуществляется из резервуаров чистой воды. Вода технического качества – вода, прошедшая установку напорной ультрафильтрации, накапливается в самостоятельную установку напорной ультрафильтрации, накапливается в самостоятельной системе промывки установки напорной ультрафильтрации, входящей в комплект заводской готовности.

- 1) – промывка установки осуществляется собственными системами промывки, для промывки используется осветленная вода, прошедшая ультрафильтрацию;
- 2) – с учетом неравномерности промывок.

Также вода питьевого качества подается на внутренние поливочные краны, к аварийной раковине самопомощи, расположенной в помещении реагентного хозяйства и на хозяйственно-питьевые нужды станции.

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

4 ТЕХНОЛОГИЯ ПРОКЛАДКИ ВОДОПРОВОДА

Данная технологическая карта разработана на прокладку сетей водопровода станции водоподготовки. Проектируемый объект находится в Пос. Луговой, Челябинская область.

Работы по устройству траншей для трубопроводов проводятся с соблюдением обычных мер безопасности.

Из резервуаров чистой воды вода поступает в насосную станцию по двум всасывающим трубопроводам В1 из стальных труб $\text{Ø}108 \times 4,0$ на насосную установку 2-го подъема.

От здания производственно-административного корпуса, от насосной установки 2-го подъема, питьевая вода подается по напорному трубопроводу ПЭ $\text{Ø}63 \times 3,8$ в существующую сеть хозяйственно-питьевого водоснабжения пос. Луговой диаметром $\text{Ø}110$.

Дно траншеи должно быть выровнено, без промерзших участков, освобождено от камней и валунов. Места выемки валунов должны быть засыпаны грунтом, уплотненным до той же плотности, что и грунт основания. В грунтах, склонных к смещению или при большой вероятности вымывания грунтовыми водами материала подсыпки и обсыпки необходимо принять соответствующие меры для сохранения грунта, окружающего трубу, в уплотненном состоянии.

Нормальная толщина слоя подсыпки — 0,1 м. На скалистом грунте подсыпка устраивается в обязательном порядке. Если дно траншеи является скалистым или в дне траншеи находятся камни, величиной свыше 60 мм, необходимо увеличение подсыпки до полного выравнивания дна траншеи.

Для подсыпки используется песок или гравий (максимальный размер зерен 20 мм). В отдельных случаях возможно применение материала с большим размером гранул. В любом случае, материал, применяемый для

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

подсыпки, не должен иметь острых краев. Если местный грунт соответствует этим требованиям, выполнение подсыпки не обязательно.

Подсыпка должна быть ровной и не должна уплотняться. Уплотнению до плотности основного грунта подлежит материал, заполняющий углубления, образовавшиеся после выемки валунов и других крупных объектов.

Извлеченный при отрыве траншеи грунт может быть использован для выполнения обсыпки трубы, при условии, что в нем не содержится камней (максимально допустимый их размер — 20 мм, отдельные камни до 60 мм так же могут быть оставлены в грунте). Если грунт для обсыпки предполагается уплотнять, то он должен быть пригодным для такой операции. Если извлеченный грунт не пригоден для обсыпки трубы, то для этой цели должен использоваться песок или гравий с размером фракции до 22 мм или щебень с размером фракции 4-22 мм.

Обсыпка должна осуществляться по всей ширине траншеи до получения над поверхностью трубы (после трамбовки) слоя толщиной не менее 0,3 м. Первый слой не должен превышать половины диаметра трубы, но не более 0,2 м. Второй слой отсыпается до верха трубы, но так же не более 0,2 м. Во время обсыпки грунт необходимо наносить с минимальной высоты. Нельзя сбрасывать массы грунта непосредственно на трубу. Обсыпка трубопровода обычно производится после окончания прокладки и приемки трубопровода.

Грунтовая обсыпка, уплотненная в пазухах трубопровода, обеспечивает некоторое снижение растягивающих усилий на боковые стенки труб от внутреннего давления транспортируемой среды. Степень уплотнения зависит от предназначения территории над трубопроводом и должна определяться проектом.

Укладку проектируемых полиэтиленовых трубопроводов производить на выровненное дно траншеи после выполнения подготовки из песка, с коэффициентом уплотнения равным 0,95. Обратную засыпку от низа трубопроводов и на 300 мм выше верха трубопроводов производить из

песчаного грунта, не содержащего крупных включений, с коэффициентом уплотнения равным 0,95. Подбивку под трубопровод, засыпку пазух и обратную засыпку на 300 мм производить ручной механической трамбовкой. Выше защитного слоя – засыпка местным грунтом без включений строительного мусора с уплотнением до $\gamma_{ск.}=1,5 \text{ т/м}^3$.

Трубопроводная система из полиэтилена отличается стойкостью к механическим нагрузкам, нагрузкам грунта, воздействию коррозии почвы и многих химических соединений. Поэтому защита полиэтиленовых труб от агрессивного воздействия грунтовых вод не требуется. Отвод дождевых и талых вод от участка строительства по спланированной поверхности и автомобильному проезду осуществляется по спланированному рельефу в водоотводную канаву за пределы площадки станции водоподготовки.

При подсыпке грунта и засыпке трубопровода следует следить, чтобы грунт не содержал крупных включений. Трамбовку грунта непосредственно над трубой производят, предварительно обеспечив расстояние не менее 0,3 м до ее поверхности.

К окончательной засыпке траншеи можно приступать после выполнения засыпки трубопровода и трамбовки грунта.

Для засыпки можно применять грунт, вынутый из траншеи, или другой, согласно указаниям проекта. Диаметр частиц материала, применяемого для засыпки траншеи, не должен превышать 300 мм. Нельзя сбрасывать в траншею камни, щебень с острыми краями и больших размеров. Грунт не должен быть замороженным и окомкованным.

4.1 Определение параметров траншеи

Глубина промерзания грунта в пос. Луговой составляет $h_{пр}=1,80$ м. Глубину заложения трубопровода примем $h_{тр}=2,3$ м. Крутизна откосов для суглинка при глубине выемки до 3м по составу составляет 1:0,5.

					ИОУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

Монтаж трубопровода принимаем отдельными трубам. Наружный диаметр трубопровода $\varnothing 67$ мм, тогда минимальная ширина траншеи понизу будет:

$$b = D + 0,4 + 0,8 \text{ м}$$

$$b = 670 + 400 + 800 = 1470 \text{ мм} = 1,47 \text{ м}$$

Перед устройством траншеи необходимо срезать растительный слой. Принимаем толщину срезки растительного слоя 0,2м, тогда глубина траншеи после срезки растительного слоя составит $h_{\text{тр}}' = 2,3 - 0,2 = 2,1$ м. Ширина траншеи поверху составит 3,52 м, т.к. крутизна откосов траншеи суглинков 1:0,5.

Грунт из траншеи выгружается в рядом расположенную насыпь.

Площадь поперечного сечения насыпи:

$$S_{\text{нас}} = 1,21 \times \left(\frac{1,42 + 3,52}{2} \times 2,1 - 2 \times \frac{3,14 \times 0,16^2}{4} \right) = 6,228 \text{ м}^2$$

С другой стороны площадь насыпи определяется как площадь треугольника (условно считаем, что насыпь имеет вид равнобедренного треугольника).

Тогда:

$$h_{\text{нас}} = \sqrt{6,228} = 2,546 \text{ м}$$

$$b_{\text{нас}} = 2 \times 2,546 = 5 \text{ м}$$

При устройстве стыков в сборном трубопроводе необходимо устраивать прямки.

Длина прямка – 0,5 м;

Ширина прямка – $2 \times 0,16 + 0,4 + 0,5 = 1,22$ м;

Глубина прямка – 0,3 м.

Со стороны манипулятора для доставки труб необходимо устроить проезжую часть шириной 3,5 м для одностороннего движения.

4.2 Подсчет объемов земляных работ

- Ширина полосы срезки:

$$B_{\text{раст}} = 16,880 \text{ м}$$

- Площадь снятия растительного слоя:

$$S_{\text{раст}} = 16,88 \times 58,7 = 990,85 \text{ м}^2$$

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

Срезка растительного слоя производится бульдозером.

- Разработка грунта в траншее экскаватором:

- Величина недобора $h_{нед} = 0,2$ м;

- Объем грунта разрабатываемого экскаватором:

$$V_{экск} = \frac{1,42+3,52+0,2}{2} \times (2,1-0,2) \times 58,7 = 286,63 \text{ м}^3$$

- Объем грунта погружаемого в транспортное средство:

$$V_{погр} = 2 \times \frac{3,14 \times 0,16^2}{4} \times 1000 = 2,58 \text{ м}^3$$

- Объем грунта остающегося на площадке:

$$V_{навым} = 286,63 - 2,58 = 284,05 \text{ м}^3$$

- Объем грунта разрабатываемого вручную:

$$V_{нед} = \frac{1,42+1,72}{2} \times 0,2 \times 1000 = 18,43 \text{ м}^3$$

- Объем приямка:

$$V'_{пр} = 0,5 \times 1,22 \times 0,3 = 0,183 \text{ м}^3$$

Количество приямков на трассе:

$$N_{тр} = 1000 \div 12 = 4,83 \approx 5$$

- Объем всех приямков составит:

$$V_{пр.} = 5 \times 0,183 = 0,915 \text{ м}^3$$

- Объем всего грунта разрабатываемого вручную:

$$V_{вручн} = 18,43 + 0,915 = 19,345 \text{ м}^3$$

- Объем работ при засыпке перед испытанием:

$$V_1 = \frac{2,18 \times 10,18 + 11,5 \times 1,42}{2} \times 0,66 - 2 \times \frac{3,14 \times 0,16^2}{4} \times \frac{11,5 + 11,18}{2} = 12,636 \text{ м}^3$$

- Объем засыпки для всех труб:

$$V_1^{общ} = 12,636 \times 5 = 63,15 \text{ м}^3$$

$$V_{общ} = \frac{(1,42+2,18)}{2} \times 0,66 \times 58,7 + 0,915 - 2 \times \frac{3,14 \times 0,16^2}{4} \times 58,7 = 68,285 \text{ м}^3$$

$$V_2 = 68,285 - 63,15 = 5,135 \text{ м}^3$$

- Объем работ при засыпке траншеи бульдозером:

$$V_3 = 1,44 \times \frac{2,18+3,42}{2} \times 58,7 = 315,1 \text{ м}^3$$

- Объем при разработке грунта:

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

$$V_{3}^{\text{разр}} = 1,16 \times 315,1 = 365,52 \text{ м}^3$$

- Объем вывозимого грунта:

$$V_{\text{сам}} = 2,58 \times 1,21 = 3,121 \text{ м}^3$$

- Объем разравниваемого растительного грунта:

$$V_{\text{разр. раст. гр.}} = 16,88 \times 58,7 \times 0,3 \times 1,16 = 344,817 \text{ м}^3$$

4.3 Подсчет объемов монтажных работ

Таблица 17- Ведомость объемов работ

Наименование работ	Единицы измерения	Объем работ
1. Срезка растительного слоя бульдозером	1000м ² очищенной поверхности	0,99
2. Разработка грунта в траншее навывет (в отвал) одноковшовым экскаватором оборудованным обратной лопатой	100м ³ грунта	2,84
3. Разработка грунта в траншее с погрузкой в транспортное средство	100м ³ грунта	0,025
4. Разработка грунта в траншее вручную с выкидкой	1м ³ грунта	18,43
5. Укладка водогазопроводных оцинкованных труб в траншею со сваркой стыков	1м трубопровода	58
	1 стык	10

6. Засыпка грунтом траншеи с трамбованием перед испытанием	1м ³ грунта	63,15
7. Испытание трубопровода	1м трубопровода	117,4
Окончание таблицы 17		
8. Засыпка грунта после испытания	1м ³ грунта	5,135
9. Засыпка траншеи бульдозером	100м ³ грунта	0,315
10. Разравнивание растительного грунта	100м ³ грунта	3,44

4.4 Подбор машин для производства работ

Таблица 18- Ведомость машин и механизмов

Наименование	Марка	Количество	Технические характеристики
1. Одноковшовый экскаватор, оборудованный обратной лопатой	ЭО-3323А	1	Вместимость ковша – 0,5м ³ Наибольшая глубина копания – 4,95м Наибольший радиус копания – 7,94м Наибольшая высота выгрузки – 6,15м Масса экскаватора – 14т
2. Бульдозер на базе трактора	Б-10 Т-10	1	Тип отвала – прямой поворотный Длина отвала – 3,31м Высота отвала – 1,31м Масса бульдозерного оборудования – 2,24т
3. Самопогрузчик манипулятор	ISUZU Elf	1	Грузоподъемность – 5т Максимальная длина стрелы – 10м

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР

Лист

86

4. Электротрамбовка	ИЭ-4502	1	Толщина уплотняющего слоя – 0,45м Площадь башмака – 0,109м ² Габариты 970x475x1050мм Вес – 81,5кг
---------------------	---------	---	---

4.5 Определение трудоемкостей работ

Трудоемкость строительно-монтажных работ определяется по выражению

$$T = \frac{N_{вр} K_{ус} K_{попр} V}{c}$$

где T – трудоемкость процесса, чел.-см;

$N_{вр}$ – норма времени на единицу продукции (затраты трудорабочих-строителей), чел.-ч;

$K_{ус}$ – коэффициент, отражающий увеличение трудоемкости в зимний период;

$K_{попр}$ – коэффициент или коэффициенты, учитывающие условия производства работ, отличные от первоначально установленных (например, на высоте);

V – объем работы; c – продолжительность смены, обычно принимается равной 8 часам.

Нормы времени на выполнение строительных процессов принимаются в соответствии со сборниками ГЭСН [26...29] или ЕНиР [30].

Таблица 19 - Калькуляция трудозатрат

Наименование работ	Обоснование ЕНиР	Единицы измерения	Объем работ	$N_{вр}$, чел-ч	T, челсм
1. Срезка растительного слоя бульдозером Б-10	Е2-1-5	1000м ² очищенной поверхности	0,99	0,84	0,1

2. Разработка грунта в траншее навывмет одноковшовым экскаватором ЭО-3323 оборудованного обратной л	E2-1-11	100м ³ грунта	2,84	2,2	0,781
Окончание таблицы 19					
3. Разработка грунта в траншее с погрузкой в транспортное средство	E2-1-11	100м ³ грунта	0,402	2,9	0,14
4. Разработка грунта в траншее вручную с выкидкой	E2-1-47	1м ³ грунта	18,43	0,85+0,1 2=0,97	2,23
5. Укладка полиэтиленовых труб в траншею	E9-2-7	1м трубопровода 1 стык	58 10	0,01 1	0,14 1,25
6. Засыпка грунтом траншеи с трамбованием перед испытанием	E2-1-58	1м ³ грунта	63,15	0,73	5,76
7. Испытание трубопровода	E9-2-9	1м трубопровода а	117,4	0,12	1,76
8. Засыпка грунта с трамбованием после испытания	E2-1-58	1м ³ грунта	5,135	0,73	0,47
9. Засыпка траншеи бульдозером	E2-1-34	100м ³ грунта	0,315	0,35+0,1 8=0,53	0,2
10. Разравнивание растительного грунта	E2-1-28	100м ³ грунта	3,44	0,58	0,25

4.6 Расчет графика производства работ

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

Таблица 20 - Определение продолжительности работ

Наименование работ	T, чел-см	Кол. рабочих	Продолжительность, смены
1. Срезка растительного слоя бульдозером	0,1	1	0,1
Окончание таблицы 20			
2. Разработка грунта в траншее навывмет экскаватором и с погрузкой в транспортное средство	0,781+0,14= 0,924	2	0,5
3. Разработка грунта в траншее вручную	2,23	3	0,74
4. Укладка полиэтиленовых труб в траншею со сваркой стыков	0,14+1,25 =1,39	3	0,46
5. Засыпка грунтом траншеи перед испытанием	5,76	3	1,92
6. Испытание трубопровода	1,76	3	0,58
7. Засыпка грунтом после испытания	0,47	2	0,23
8. Засыпка траншеи бульдозером и разравнивание растительного грунта	0,45	2	0,22

4.7 Требования безопасности перед началом работы

Монтажник не должен приступать к работе при следующих нарушениях требования безопасности:

1) неисправности технологической оснастки, инструмента средств защиты работающих;

2) наличии дефектов грузозахватных приспособлений или несоответствии их характеру выполняемых работ;

3) дефектах элементов конструкций трубопроводов, предназначенных для монтажа;

4) неустойчивости стенок котлована;

5) отсутствии противогаза или других средств защиты при работе в загазованных колодцах и камерах.

Монтажник обязан сообщить о неисправностях лицу ответственному за безопасное производство работ.

4.7.1 Требования безопасности во время работы

1. Применять для открывания или закрывания крышек люков специально предназначенный для этого крюк.

2. При работе с электроинструментом 1-го или 2-го класса защиты применять средства индивидуальной защиты.

3. При обнаружении неисправности электроинструмента или электропроводки, технологической оснастки, грузозахватных приспособлений монтажник обязан прекратить работу и сообщить об этом бригадиру.

4. Размещать строительные материалы у кромки выемок с неукрепленными стенками за пределами призмы обрушения грунта на расстоянии не менее 1,5м от бровки выемки.

5. К строповке грузов допускаются монтажники, имеющие удостоверение стропальщика.

6. При подаче труб для укладки в траншею нахождение людей под перемещаемым грузом не допускается.

7. В процессе проведения испытаний трубопроводов не допускается демонтаж защитных ограждений, нахождение людей в опасной зоне в период пневматических и гидравлических испытаний.

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

В целях охраны окружающей среды предусматриваются следующие требования:

1) обязательное соблюдение границ территорий, отведенных для производства работ;

2) применение материалов, не оказывающих отрицательного влияния на окружающую среду;

3) рекультивация земель в полосе отвода земель под производство работ, восстановление рельефа местности;

4) оснащение строительной площадки инвентарными контейнерами для бытовых и строительных отходов, а также емкостями для сброса отработанных ГСМ, строгое соблюдение всех мер и правил по охране природы и окружающей среды контингентом работающих на строительстве.

5) соблюдение требований местных органов охраны труда.

При проведении строительно-монтажных работ запрещается размещение складов ГСМ, стоянок, заправок топливом, моек и ремонт автотракторной техники.

Техническое обслуживание машин и механизмов допускается только на специально отведенных площадках.

При производстве работ не допускается:

1) работа двигателей машин со сверхнормативным выбросом выхлопных газов;

2) сжигание отходов на территории стройплощадки;

3) применение открытого огня при техобслуживании и пуске строительных машин;

4) передвижение машин по растительному покрову, наезд на деревья и складирование конструкций на насаждения;

5) «захоронение» бракованных конструкций и изделий, бетонной смеси и строительного мусора;

6) подача без необходимости звуковых сигналов;

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема водообеспечения п. Луговой является актуальной, прежде всего в связи с необходимостью обеспечения потребителей питьевой водой, соответствующей требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения». Также реализация данного проекта позволит повысить надежность системы водоснабжения поселка в целом.

В дипломном проекте для решения поставленных задач:

– Предлагается организовать строительство станции водоподготовки в п. Луговой.

– Предложена технологическая схема очистки подземных вод до требований СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения» с использованием современных методов очистки в соответствии с исходным качеством водоисточника и применением высокоэффективного энергосберегающего оборудования, обеспечивающего стабильность и долговечность работы.

– В разделе технология строительного производства разработан стройгенплан и календарный график для монтажа трубопровода.

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. <http://water2you.ru/articles/obezzhelezivanie-vody/>
2. <http://www.waterland.ru/sfwp-vmobj/>
3. <http://sibecolog.ru/index.php?id=199>
4. Николадзе Г. И. Водоснабжение: Учеб. Для техникумов.- 3-е изд. перераб. и доп.- М.: Стройиздат, 1989. – 496 с.: ил.
5. <http://www.kontur-aqua.ru/conditioning/methods/softing.htm>
6. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения.
7. <http://www.akvagold.ru/comp.html>
8. <http://www.sadhana.su/catalog/product-187.html>
9. Водоподготовка: Справочник. /Под ред.д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С. Е. Беликова. М.: Аква-Терм, 2007. – 240 с.
10. Каталог Новатерра. Безреагентные технологии очистки воды 2008.
11. Каталог Karne filters. Водоподготовка: оборудование и технологии.
12. Пособие по проектированию сооружений для очистки и подготовки воды (пособие к СНиП 2.04.02-84*). НИИ КВОВ АКХ им. К.Д. Памфилова, 09.04.1985. – 125.
13. Фрог, Б.Н. Водоподготовка / Б.Н. Фрог, А.П. Левченко. М.: Издательство МГУ, 1996. – 680 с.
14. Каталог компании ООО «ГИДРОТЕХСЕРВИС». 2011, электронная копия <http://www.hydros.ru/>.
15. Клячко, В.А. Очистка природных вод: библиотека тюменского инженерно- строительного института / В.А. Клячко, И.Э. Апельцин. М.: Издательство литературы по строительству, 1971. – 571 с.
16. СНиП 2.04.02-84*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: ОАО «ЦПП», 2008. – 128 с.
17. http://www.theservice.ru/setchatye_filtry_zetkama.html

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

18. http://www.bwt.ru/products/activecoal/detail.php?ELEMENT_ID=342
19. http://www.vodeco.ru/download/instruction/ins_Tekna_DPZ.pdf
20. СНиП 1.04.03-85. Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений. М.: Госстрой СССР, 1987. – 522 с.
21. ГОСТ 10704-91 Трубы стальные электросварные прямошовные
22. СНиП 12-04-2002 Безопасность труда в строительстве
23. Единые нормы и расценки. Сборник Е9. Сооружение систем теплоснабжения, водоснабжения, газоснабжения и канализации. Выпуск
24. Наружные сети и сооружения / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1988. – 96 с.

					ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.108 ПЗ.ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		94