

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный
институт
Инженерных систем зданий и сооружений
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.И.Матюшенко
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 20 ____ г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

20.03.02 Природообустройство и водопользование
20.03.02.06 Инженерные системы сельскохозяйственного водоснабжения, об-
воднения и водоотведения
Разработка схемы водоснабжения города Кодинска с оптимизацией работы
станции водоподготовки

Научный руководитель _____ к.т.н., доцент А.С. Бабур
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник _____ Н.С. Журавлев
подпись, дата инициалы, фамилия

Красноярск 2020

Продолжение титульного листа ДР по теме _____

Консультанты по
разделам:

наименование раздела

подпись, дата

инициалы, фамилия

наименование раздела

подпись, дата

инициалы, фамилия

наименование раздела

подпись, дата

инициалы, фамилия

наименование раздела

подпись, дата

инициалы, фамилия

наименование раздела

подпись, дата

инициалы, фамилия

наименование раздела

подпись, дата

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

инициалы, фамилия

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный
институт
Инженерных систем зданий и сооружений
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.И. Матюшенко
подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 20 ____ г

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме _____
дипломной работы

Студенту Журавлеву Никите Сергеевичу

фамилия, имя, отчество

Группа СБ 16-06Б Направление (специальность) 20.03.02.06

номер

код

Природообустройство и водопользование

наименование

Тема выпускной квалификационной работы Разработка схемы водоснабжения города Кодинска с оптимизацией работы станции водоподготовки

Утверждена приказом по университету № 4111/с от _____

Руководитель ВКР А.С. Бабур, к.т.н доцент, СФУ ИСИ

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР город Кодинск, расположенного в 8 километрах от реки Ангара, на ее левом берегу. Город располагается в 735 километрах северо-восточнее Красноярска, а также в 11 километрах от Богучанской ГЭС В 1,5—2 км к востоку и югу от границ города вода Богучанского водохранилища заполняют поймы рек Артельный и Проспихина, образуя заливы; восточные окраины Кодинска находятся в 8 км от затопленной поймы Ангары.

Перечень разделов ВКР: Общие сведения; Технологическая часть; Исследовательская работа

Перечень графического материала Технологическая схема очистки воды; Установка для обеззараживания воды бактерицидными лучами; Вертикальный напорный фильтр; Аксонометрия оголовка; Профиль водозаборного сооружения; Геолого-технологический разрез скважины; Влияние группового расположения скважин; Зоны санитарной охраны

Руководитель ВКР

подпись

А.С. Бабур

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

подпись,

Н.С. Журавлев

инициалы и фамилия студента

« _____ » _____ 20____ г.

СОДЕРЖАНИЕ

Содержание.....	6
Введение.....	8
1 Общие сведения	9
1.2.1 Физические методы и средства очистки питьевой воды	13
1.2.2 Химические технологии очистки питьевой воды.....	13
1.2.3 Биологические методы и способы очистки питьевой воды	14
1.2.4 Физико-химические методы очистки и обеззараживания питьевой воды	14
2 Технологическая часть	19
2.1 Определение расчетных расходов воды	19
2.2 Расчет водозаборных сооружений	22
2.2.1 Тип водозаборного сооружения подземных вод	22
2.2.2 Обоснование выбора типа водозабора подземного источника	26
2.2.3 Подбор фильтра.....	26
2.2.4 Расчет депрессионного влияния	26
2.2.5 Устройство устья подземного источника.....	29
2.2.6 Защита от заиливания.....	30
2.2.7 Расчет выбросов пыли при сооружении скважин	30
2.3 Расчет и проектирование насосных станций	31
2.3.1 Насосное оборудование.....	31
2.3.2 Расчет регулирующей емкости.....	34
2.3.3 Насосная станция II подъема	35
2.3.4 Определение уровней воды в РЧВ	35
2.3.5 Расчет диаметров всасывающих и напорных трубопроводов.....	37
2.3.6 Определение требуемого напора насоса	38
2.3.7 Подбор насосов	40
2.3.8 Определение высоты павильона.....	41
2.4.1 Состав сооружений для очистки воды.....	42

2.4.2 Подбор теплообменного аппарата	42
2.4.3 Аккумулирующая емкость.....	43
2.4.4 Расчет осветительных фильтров.....	43
2.4.5 Резервуар промывной воды	45
2.4.6 Расчет сорбционных фильтров для очистки многокомпонентной воды	46
2.4.8 Расчет обеззараживания воды бактерицидными лучами	48
2.5 Границы ЗСО	51
2.5.1 Первый пояс ЗСО	51
2.5.2 Второй пояс ЗСО	52
2.5.3 Третий пояс ЗСО	55
2.5.4 Правила и режим хозяйственного использования территорий, входящих в ЗСО	56
2.5.5 Правила и режим хозяйственного использования территорий, входящих в ЗСО второго пояса.....	57
2.5.6. Правила и режим хозяйственного использования территорий, входящих в ЗСО третьего пояса	59
3 Исследовательская работа.....	61
3.1 Обзор Методов.....	62
3.1.1 Безреагентная очистка.....	63
3.1.2 Реагентное обезжелезивание.....	63
3.2 Анализ эффективности исследуемых материалов.....	64
3.2.1 BIRM.....	64
3.2.2 Green Sand.....	65
3.2.3 МЖФ.....	66
Список использованных источников.....	69

Введение

Территория Российской Федерации по большей части является либо территорией Крайнего Севера, либо приравнена к данной категории. Крайний Север - это местность, расположенная к северу от Северного полярного круга. Территория Крайнего Севера - это районы северной тайги, тундра, лесотундра и арктическая зона. Данная местность определяется суровым климатом, в некоторых районах даже чрезвычайно суровым.

Региональная политика территории Севера, главным образом, направлена на добычу природных ресурсов, находящихся непосредственно в ней. Именно им принадлежит значимая роль как в экономическом развитии не только территорий севера, но и страны в целом.

Учитывая особенности территорий Крайнего Севера, как климатические, так и гидрогеологические условия, можно понять, что проблематика водоснабжения занимает там одну из преобладающих позиций.

Этот фактор мы более подробно рассмотрим на примере города Кодинск, расположенного в 8 километрах от реки Ангара, на ее левом берегу. Город располагается в 735 километрах северо-восточнее Красноярска, а также в 11 километрах от Богучанской ГЭС. Вокруг города сплошная тайга.

В Кодинске резко-континентальный климат, лето в городе короткое и жаркое, а зимы продолжительные и холодные. Температура зимой может достигать -35°C , а летом 25°C .

Кодинскую систему водоснабжения составляют: источник, водозaborные сооружения и водопроводные сети.

Источником хозяйственно-питьевого водоснабжения города являются подземные воды водоносного терригенного высоконапорного Тушамского горизонта нижнего карбона.

Кодинский водозабор, управляемый в полуавтоматическом режиме, предназначен для снабжения хозяйственно-питьевой водой потребителей гор-

да, а также для использования в противопожарных целях. Водозабор расположен в 0,7 км к югу от города Кодинск.

Водозаборные сооружения несомненно представляют собой одну из самых значимых составных частей системы водоподготовки, которые обеспечивают эксплуатационную надежность системы в целом, а также ее технико-экономические показатели. Благодаря этому проектировка водозаборных сооружений должна производиться при помощи новейших методов расчета прогрессивных конструкций, технологий производства строительных работ, и водоприемных устройств.

Причиной использования подземных вод для водоснабжения являются условия залегания, формирования различных категорий подземных вод: характеристикой кровли и водоупоров водоносных пластов, их мощностью; особенностями источников их питания, спецификой формирования водоносных горизонтов, а также составами и свойствами водовмещающих пород.

1 Общие сведения

1.1 Современное водоснабжение города

Система водоснабжения города Кодинск состоит из источника водоснабжения, водозаборных сооружений и сетей водопровода. Источником хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Кодинск являются подземные воды водоносного терригенного высоконапорного Тушамского горизонта нижнего карбона.

Кровля водоносного терригенного высоконапорного Тушамского горизонта залегает на глубине 135-153 м. Водовмещающими породами являются трещиноватые мелко-среднезернистые песчаники, темно-серые алевролиты и пестроцветные гравелиты. Мощность водоносного горизонта в среднем 45-72 м. Кровля водоносного горизонта проводится в некоторой степени условно, по фактически наблюдаемым при бурении глубинам появления напорных самоиз-

ливающихся вод: по кровле сцементированных, трещиноватых пород, залегающих на глубине 135-153 м (в среднем на глубине 141 м). Воды горизонта высоконапорные самоизливающиеся.

Запасы Кодинского месторождения подземных вод, утвержденные в ТКЗ ГГП «Красноярскгеология» (протокол № 397 от 06.11.1991г.) составляют 8,640 тыс.м³/сут, в том числе: по категории В - 7,085 тыс.м³/сут, по категории С1 - 1,555 тыс.м³/сут.

Городской водозабор полуавтоматического управления предназначен для снабжения хоз-питьевой водой потребителей г. Кодинска, а так же для использования в противопожарных целях. Водозабор расположен в 0,7 км к югу от г. Кодинска. Вода подается тремя глубинными скважинными насосами с электродвигателями, установленными в скважинах, которые могут работать как вручном, так и в автоматическом режиме.

- Скважина №7 насос ЭВЦ 12 – 200 - 140, где 200 - производительность насоса в м³/час, 140 - напор водяного столба в м. Глубина скважины - 98 м.

-Скважина №4 насос ЭВЦ 12 – 210 - 145. Глубина скважины - 105 м.

-Скважина №6 насос ЭВЦ 12 – 210 - 145. Глубина скважины - 135 м.

Осуществление контроля работы скважинными глубинными насосами и режимом управления происходит с помощью операторов насосных установок из комнаты насосной станции второго подъема. В операторской, на щите управления установлены сигнальные лампы, амперметры, счетчик уровня воды, ключи управления.

Станциями I подъема в количестве 3-х штук скважинного водозабора г. Кодинска с глубины 130 метров глубинными насосами марки ЭВЦ-12 вода по трубопроводу d 300 мм подается в железобетонные накопительные резервуары в количестве 2-х штук объемом по 500 м3. Из резервуаров самотеком вода поступает на станцию II подъема. Насосами II подъема марки Д-200-90 в количестве 4-х штук вода подается в распределительную водопроводную сеть города, коммунальной зоны, п.Южный, КОС-17000 м³/сут.

Системы оборотного водоснабжения отсутствуют.

Резервуары чистой воды на 2015г. максимальное хозяйствственно-питьевое водопотребление составляет 91.4л/сек (сумма расходов участков 1,12,28) или 329.04м³/час. соответствии с п.2.24 и 9.4 время пожара назначается 3 часа при условии хранения пожарного и максимального хозяйствственно-питьевого расхода в резервуарах чистой воды. Общий пожарный расход составит 30л/сек (2 пожара по 15л/сек). Пожарный объем на 3 часа принимается 324м³, на максимальное водопотребление неприкосновенный запас определится в 1311м³. Принимается дополнительно к строительству один резервуар ёмкостью 1000м³.

На 2027г. максимальное хозяйствственно-питьевое водопотребление составляет 145.7л/сек (сумма расходов участков 1,13,29) или 524.5м³/час. Пожарный объем на 3 часа принимается 324м³, на максимальное хозяйствственно-питьевое водопотребление – $524.5 \times 3 = 1573.56\text{м}^3$. Общий неприкосновенный запас определяется в 1898м³. Принимается дополнительно к строительству один резервуар ёмкостью 1000м³.

Водозаборные сооружения в соответствии с генпланом на 2027г. требуется водопотребление в количестве 8500м³/сутки. Из учёта, что в настоящее время расход 4100м³/сутки обеспечивают 6 скважин, одна скважина ориентировочно подает 683м³/сутки.

Для проектного водопотребления требуется дополнительно подать в водопроводную сеть 4400м³/сутки или дополнительно выполнить строительство скважин.

Таким образом можно сделать следующие выводы:

1. Существующая система водоснабжения имеет значительный дефицит по пропуску максимальных хозяйствственно-питьевых и пожарных расходов.
2. Ёмкость резервуаров чистой воды недостаточна для хранения неприкосновенного запаса на случай пожара.
3. Спроектировать станцию водоподготовки для очистки исходной воды до норм, предъявляемых к качеству хозяйствственно-питьевого водоснабжения

4. Необходимо провести строительство резервуара чистой воды 1000м³-1шт.

5. Водопроводные сети имеют значительный амортизационный и физический износ. Следовательно, необходимо выполнить строительство водопроводных сетей с устройством перемычек (кольцевание сети) и замену основных существующих трубопроводов на больший диаметр.

1.2 Известные методы водоподготовки

Технология очистки воды до питьевой - это процесс подготовки природной воды, включающий различные методы удаления нежелательных частиц, минералов, биологических веществ и газов, результатом которого является получение пригодной питьевой воды.

Прежде чем выбрать способы очистки воды питьевой воды, необходимо провести ее анализ для того, чтобы понять от чего чистить воду. К основным загрязнениям пресной воды (водопроводной, колодезной, родниковой, скважинной) относят:

1. механические примеси - песок, ил, глина, ржавчина;
2. микроорганизмы, бактерии, вирусы и органические соединения;
3. железо, марганец и тяжелые металлы;
4. гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды, соединения азота и свободных лор;
5. легкорастворимые соли и газы.

Реализуемые современные методы очистки воды до питьевой различны и подбираются в зависимости от качества исходной воды, которое проверяют путем лабораторного исследования.

В зависимости от принципа действия активных компонентов очистительных устройств выделяют 4 группы способов очистки воды питьевой:

1. физические;
2. химические;

3. биологические;
4. физико-механические.

1.2.1 Физические методы и средства очистки питьевой воды

Физические методы питьевой водоподготовки применяются для очистки воды от твердых, нерастворенных, взвешенных и чаще всех крупнофракционных частиц. На особую эффективность данных методов водоподготовки питьевой воды не рассчитывают, поэтому применяют только для первичной очистки. Самые известные среди них:

1. отстаивание;
2. процеживание;
3. кипячение;
4. заморозка;
5. очистка питьевой воды методами фильтрации;
6. обработка ультрафиолетом.

1.2.2 Химические технологии очистки питьевой воды

Современные химические методы для очистки питьевой воды имеют высокую производительность и эффективность. Очистка происходит за счет взаимодействия специальных химических компонентов, которые угнетают действия примесей. Основные реакции:

1. нейтрализация (выравнивание щелочного баланса среды);
2. окисление (обезвреживание токсичных компонентов и хлора);
3. восстановление (удаление ряда переходных элементов, простых металлов и соединений).

В силу применения активных химических веществ некоторые технологии водоподготовки питьевой воды являются опасными для здоровья человека.

1.2.3 Биологические методы и способы очистки питьевой воды

Как следует из названия в основе метода подготовки питьевой воды лежит принцип использования живых микроорганизмов: аэробных либо анаэробных бактериальных культур. Данный современный метод подготовки питьевой воды перспективный, но применяется лишь для очистки сточных вод.

1.2.4 Физико-химические методы очистки и обеззараживания питьевой воды

Самый популярный метод, используемый для очистки питьевой воды, - физико-химический. Основные современные способы очистки (обезжелезивание, ионный обмен, обратный осмос) включены в данную группу.

Применяемые методы для очистки питьевой воды, входящие в эту группу весьма разнообразны, и способы справиться со всеми самыми распространенными типами загрязнения воды. Они отличаются высокой производительностью и эффективностью, и, что самое важное, абсолютно безопасны для человека, растений и животных.

1.2.4.1 Технологии подготовки питьевых вод с помощью обезжелезивания и аэрации

Результатом обезжелезивания является полное извлечение из воды железа и марганца. В зависимости от валентности присутствующего металла применяют разные схемы очистки питьевой воды от железа. Два наиболее популярных: реагентный с помощью введения окислителей, безреагентный с использованием катализаторов окисления и метод аэрации.

Аэрация позволяет избавиться от самого распространенного вида железа - двухвалентного. Сущность данной схемы водоподготовки питьевой воды - насыщение воды кислородом, под действием которого железо из растворенной

формы переходит в твердую, впоследствии отделяемую механической очисткой.

Данные современный способы очистки питьевой воды безопасны, улучшают вкус воды и сравнительно не дороги. К минусам системы можно отнести узкую направленность метода, необходимость соблюдения, определенного pH воды, необходимость регулярной смены фильтра.

Аэрация и фильтры обезжелезивания применяются как для промышленной очистки питьевой воды, так и для малых населенных пунктов и частных домов.

1.2.4.2 Ионообменные методы подготовки воды для хозяйствственно питьевого потребления

Принцип работы ионообменных фильтров заключен в действии специальной смолы. Когда вода проходит через фильтр умягчения, происходит реакция ионного обмена, так смоле удается удерживать ионы кальция, магния, насыщая воду полезным натрием или нейтральным водородом. Получаемые соли являются безвредными, не выпадают в осадок и не вызывают накипи. Также смолы улавливают вредные тяжелые металлы. Применяются системы совместно с фильтром грубой чистки и, когда минерализация воды находится на уровне более 100 мг на 1 л. Среди недостатков таких методов подготовки питьевой воды выделяют: необходимость частой регенерации смолы; невысокая скорость очистки.

Данный способ относится к наиболее эффективным методам очистки питьевой воды и сточных вод.

1.2.4.3 Обратный осмос - современный метод очистки питьевой воды

Системы очистки воды, в основе которых лежит процесс обратного осмоса, считаются универсальным способом. Эффективность данного метода очист-

ки питьевой воды до 99%. Процесс строится на действии физических сил, под влиянием которых чистая вода проходит сквозь полупроницаемую мембрану, а примеси (механические, растворенные соли, металлы) остаются в исходном растворе и в последствии выводятся в сток. Самая важная составляющая для осуществления процесса - достаточный напор воды.

Выделяют два основных недостатка обратноосмотического способа подготовки питьевой воды: неспособность улавливать летучие компоненты, такие как хлор и летучая органика, и полная деминерализация воды. Поэтому в установках обратного осмоса используют фильтры перед и после обработки.

1.2.4.4 Обеззараживание - основной метод очистки питьевой воды от микробиологического загрязнения

Методы обеззараживания служат для уничтожения вредных микроорганизмов, вирусов и бактерий. Существует несколько методов очистки питьевой воды:

- хлорирование;
- озонирование;
- йодирование;
- термическая обработка;
- применение ультразвуковых установок;
- использование серебра.

Каждый метод очистки питьевой воды от бактерий имеет свои плюсы и минусы, оказывая или нет влияние на здоровье человека. Наибольшую эффективность имеют комбинированные бактерицидные установки, предназначенные для обеззараживания воды небольших объемов и применения в бытовых целях.

1.2.4.5 Подготовка питьевой воды с помощью сорбции

Данный метод очистки питьевой воды с помощью угольных фильтров в России используется для того, чтобы проводить эффективную очистку воды в больших объемах. Он подходит для глубокой очистки воды любого назначения, а также в качестве этапа водоподготовки и заключительного этапа очистки.

Действующее вещество - сорбент, который способен удерживать на своей поверхности вредные вещества за счет пористой структуры. Обычно используются активированные угли, силикагели, алюмогели, цеолиты. Данный способ очистки питьевой воды позволяет избавиться от нитратов, гербицидов и пестицидов, фенолов, ПАВ и т.д.

1.2.4.6 Флотация - новый метод очистки питьевой воды

Принцип работы систем на основе процесса флотации сводится к насыщению воды пузырьками воздуха, которые способны улавливать взвешенные частицы загрязняющих компонентов, выводя их на поверхность и образуя пену, которая в свою очередь удаляется механическим способом. Часто вместо обычного воздуха используют химические компоненты. Метод подготовки воды питьевого качества применяется в основном для очистки от нефтепродуктов, масел и других компонентов, которые не поддаются удалению другими методами. Это достаточно эффективный, но узконаправленный метод, который применяется в основном в промышленной водоподготовке.

1.2.4.7 Электродиализ и электродеионизация - специальные методы очистки питьевой воды

Метод электродиализа и электродеионизации сочетает в себе наличие ионообменной мембранны и подключенных к постоянному току электродов. Таким способом происходит обессоливание и удаление вредных ионов. Так, под действием тока ионы веществ движутся к электродам и «встречаются» с заряженными мембранными, которые и осуществляют процесс фильтрации. В ре-

зультате получаются два раствора: чистая вода и концентрат. Данный метод очистки и обеззараживания питьевой воды применяется на химических предприятиях, и служит отличным способом для вторичной переработки концентрата.

Все методы подготовки питьевой воды имеют свои достоинства и недостатки, поэтому выбирая подходящий вариант, нужно основываться на пригодности способа в каждом конкретном случае. Необходимо:

1. Провести анализ воды и установить качественный и количественный состав примесей.
2. Понять, какой уровень очистки воды на выходе требуется к питьевой воде.
3. Рассчитать и подобрать сооружения для подготовки воды согласно требованиям, предъявляемым к ее качеству.

2 Технологическая часть

2.1 Определение расчетных расходов воды

Население г. Кодинск составляет на расчетный период 15,653 тысяч человек.

Водопотребители расходуют воду в течение суток неравномерно со значительными колебаниями в различные часы. Чтобы обеспечить требуемую пропускную способность распределительной сети труб и других сооружений системы водоснабжения необходимо знать максимальный требуемый расход. Для его определения необходимо просуммировать часовые расходы воды каждым потребителем и составить график водопотребления в течение суток.

Расчетный (средний за год) суточный расход воды, м³/сут, на хозяйственно-питьевые нужды для микрорайона определяем по формуле

$$Q_{cp}^{cp} = \frac{\sum(q_{жc} \cdot N_{жc})}{1000}, \quad (2.1)$$

где $q_{жc}$ – норма водопотребления, л/сут на 1 чел. [1];

N – расчетное число жителей в населенном пункте, чел.

$$Q_{cp,cym(k)} = \frac{2501288}{1000} = 322 \text{ м}^3/\text{сут}$$

$$Q_{cp,cym(y)} = \frac{1203584}{1000} = 430,08 \text{ м}^3/\text{сут}$$

$$Q_{cp,cym} = 430,08 + 322 = 752,08 \text{ м}^3/\text{сут} \quad (2.2)$$

Расчетные расходы воды на хозяйствственно-питьевые нужды в сутки максимального и минимального водопотребления определяем по формулам

$$Q_{сутmax} = k_{сутmax} \cdot Q_{сут}^{pp} \quad (2.3)$$

$$Q_{сутmin} = k_{сутmin} \cdot Q_{сут}^{pp} \quad (2.4)$$

где $K_{сут.мин}$ и $K_{сут.макс}$ – соответственно максимальный и минимальный коэффициенты суточной неравномерности водопотребления, учитывающие уклад жизни населения, режим работы промышленных предприятий, степень благоустройства зданий и изменение водопотребления по сезонам года и дням (принимаются $K_{сут.макс} = 1,1-1,3$; $K_{сут.мин} = 0,7-0,9$).

Если в населенном пункте имеются зоны с различным санитарно-техническим оборудованием зданий, то среднесуточный расход воды на хозяйствственно-питьевые нужды населения определяем по суточному расходу воды для каждой зоны, а затем находим их сумму.

Для населенных пунктов часовые расходы воды определяют с учетом коэффициентов часовой неравномерности водопотребления максимального $K_{ч.макс}$ и минимального $K_{ч.мин}$, которые вычисляем по формулам

$$K_{ч. max} = \alpha_{max} \cdot \beta_{max} = 1,2 \cdot 1,2 = 1,44 \quad (2.5)$$

$$K_{ч. min} = \alpha_{min} \cdot \beta_{min} = 0,5 \cdot 0,5 = 0,25 \quad (2.6)$$

где α - коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия ($\alpha_{max} = 1,2-1,4$; $\alpha_{min} = 0,4-0,6$);

β - коэффициент, принимаемый по таблице [1], учитывающий количество жителей в населенном пункте.

$\beta_{\max}=1,3$; $\beta_{\min}=0,7$

$$Q_{cym.\max} = 1,44 \cdot 75208 = 1083 m^3 / cym;$$

$$Q_{cym.\min} = 0,25 \cdot 75208 = 18802 m^3 / cym;$$

Максимальные и минимальные часовые расходы воды населением из водопроводной сети, $m^3/\text{ч}$, определяем по формулам

$$q_{u.\max} = \frac{k_{u.\max} \cdot Q_{cym.\max}}{24} = \frac{1,44 \cdot 1083}{24} = 64,98 m^3 / \text{ч}; \quad (2.7)$$

$$q_{u.\min} = \frac{k_{u.\min} \cdot Q_{cym.\min}}{24} = \frac{0,25 \cdot 18802}{24} = 1,96 m^3 / \text{ч}; \quad (2.8)$$

Для поливочных расходов принимаем 50 л/сут на одного человека (квартиры) и 90 л/сут на одного человека(усадьбы)

$$Q_{\text{полив}(к)} = \frac{50 \cdot 1288}{1000} = 64,4 m^3 / cym$$

$$Q_{\text{полив}(y)} = \frac{90 \cdot 3584}{1000} = 322,56 m^3 / cym$$

$$Q_{\text{полив}} = 64,4 + 322,56 = 386,96 m^3 / cym \quad (2.9)$$

Расходы воды на нужды местной промышленности принимаем как 10% от максимального суточного расхода на хозяйствственно-питьевые нужды:

$$Q_{m.n.} = (10\% \cdot Q_{cym.\max} / 100) / 24 = 1083 \cdot 0,1 = 1083 (\text{м}^3/\text{сут}) \quad (2.10)$$

На собственные нужды

$$Q_{c.h.} = (10\% \cdot Q_{cym.\max} / 100) / 24 = 1083 \cdot 0,1 = 1083 (\text{м}^3/\text{сут}) \quad (2.11)$$

Расход воды на пожаротушение

$$Q_{пож} = 36000,0153 \cdot 1 = 162 \text{м}^3/\text{зат} \quad (2.12)$$

$$Q_{общ} = 1083 + 386,96 + 162 + 108,3 + 108,3 = 1848,56 \text{м}^3/\text{сум} \quad (2.13)$$

2.2 Расчет водозаборных сооружений

2.2.1 Тип водозаборного сооружения подземных вод

Подземные воды добывают специальными устройствами – водозаборами различных типов с учетом условий залегания подземных вод, их формирования и обеспечения потребного расхода в течение расчетного срока, а в ряде случаев и в перспективе.

Хозяйственно-питьевое водоснабжение имеет приоритет перед другими потребителями подземных вод. Это обусловлено высоким качеством пресных подземных вод и их лучшей защищенностью от загрязнения.

Устройства водозаборных узлов и состав их сооружений определяются условиями залегания, мощностью, водообильностью, глубиной и геологическим строением водоносных горизонтов, гидравлическими характеристиками подземного потока (напором, скоростью и направлением движения, связью с другими водоносными массивами, пластами и поверхностными водами), сани-

тарным состоянием территории, намеченной производительностью и технико-экономическими показателями.

Понижение уровня воды S рассчитываем по формуле:

$$S = 0,2 \cdot m, \quad (2.14)$$

где m – мощность водоносного пласта, $m = 35$ м,

$0,2$ – безразмерный коэффициент, принимаемый из опытных данных.

$$S = 0,2 \cdot 35 = 7 \text{ м.}$$

Радиус влияния скважины принимаем, согласно [2], для суглинков $R = 150$ м.

По формуле Дюпюи определяем приток воды к скважине (дебит):

$$Q_{\text{окв}} = \frac{2,73 \cdot k_{\phi} \cdot m \cdot S}{\lg \frac{R}{r}}, \quad (2.15)$$

где k_{ϕ} – коэффициент фильтрации водоносного пласта, $k_{\phi} = 12 \text{ м/с}$ для суглинков;

m – мощность пласта, м;

S – понижение уровня воды в скважине при откачке, м;

R – радиус влияния депрессионной воронки, м;

r – радиус скважины, м.

Принимаем $r = D_h/2 + 0,5 = 0,1/2 + 0,5 = 0,55 \text{ м.}$

$$Q_{\text{окв}} = \frac{2,73 \cdot 12 \cdot 35 \cdot 7}{\lg \frac{150}{0,55}} = 3295,2 \text{ м}^3/\text{сум} = 137,3 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Подсчитаем количество скважин по формуле:

$$n = \frac{Q_{общ}}{Q_{скв}}, \quad (2.16)$$

где $Q_{общ}$ – общий расход, $\text{м}^3/\text{сут.}$

$$n = \frac{1848,56}{3295,2} = 2,14 \approx 3 \text{ скважин.}$$

По п. 5.13 [1] мы определяем количество резервных скважин: 10 % от общего расхода. Получаем:

$$n_{рез} = \frac{0,1 Q_{общ}}{Q_{скв}} \quad (2.17)$$

$$n_{рез} = \frac{0,1 \cdot 1848,56}{3295,2} = 0,22 \approx 1 \text{ скважин.}$$

Диаметр фильтра, м, определяют по формуле

$$D_\phi = \frac{Q_{max}}{\pi l_\phi V_\phi}, \quad (2.18)$$

где Q_{max} – подача насоса, $\text{м}^3/\text{сут.}$

l_ϕ - длина рабочей водоприемной части фильтра, м, принимается в пластах с мощностью менее 10 м – на 1 – 2 м меньше мощности пласта, в пластах с мощностью более 10 м - определяется по формуле:

$$l_\phi = (0,5 - 0,8) \text{ м.} \quad (2.19)$$

$$l_\phi = 0,5 \cdot 35 = 17,5 \text{ м.}$$

V_ϕ - скорость фильтрации, $\text{м}^3/\text{сут}$. Для дырчатых, щелевых, проволочных и сетчатых фильтров V_ϕ определяется по формуле:

$$V_\phi = 65\sqrt[3]{k_\phi} \quad (2.20)$$

$$V_\phi = 65\sqrt[3]{12} = 1488 \text{ м}^3 / \text{сум.}$$

$$D_\phi = \frac{207,0}{3,14 \cdot 17,5 \cdot 148,8} = 0,025 \text{ м} = 250 \text{ мм.}$$

Диаметр эксплуатационной колонны, мм, обсадных труб определяется по формуле

$$D_s = D_\phi + 50 \quad (2.21)$$

$$D_s = 250 + 50 = 300 \text{ мм.}$$

Принимаем диаметр эксплуатационной колонны 305 мм.

Внутренний диаметр направляющей трубы, мм, равен

$$D_h = D_s + 100 \quad (2.22)$$

$$D_h = 305 + 100 = 405 \text{ мм}$$

Принимаем диаметр направляющей трубы 409 мм.

Диаметр забоя определяется по формуле

$$D_z = \frac{D_\phi}{3} \quad (2.23)$$

$$D_3 = \frac{250}{3} = 83,33 \text{ мм}.$$

Принимаем диаметр забоя 100 мм.

2.2.2 Обоснование выбора типа водозабора подземного источника

На основании технического задания и гидрогеологических данных выбран подземный водоисточник – артезианские воды, тип водозаборного сооружения – скважина.

2.2.3 Подбор фильтра

Выбираем тип: фильтр-каркас гравитационно-щелевого типа.

Материал изготовления: кольцевые элементы из пластмасс (стеклопластика, волокнита, древесной пресс-крошки с аминопластом, декоррозита, полиэтилена), стержни, стяжные болты диаметром 10-18 мм из простой стали.

Особенности конструкции: скважность каркасов фильтра по наружному диаметру 50-70%, по внутреннему диаметру – 15-25%. Размер отверстий регулируется специальными вкладышами, установленными между кольцевыми элементами.

2.2.4 Расчет депрессионного влияния

Для забора из подземных источников большого объема воды применяют групповые водозаборы из нескольких скважин. Когда скважины таких водозаборов забирают воду одновременно из одного и того же водоносного пласта и расположены друг от друга на расстоянии, меньшем суммы их радиусов влияния, производительность каждой из них снижается. Если расстояние между ни-

ми превышает сумму их радиусов влияния, они рассчитываются как независимые одиночные скважины.

Величина изменения расходов или динамических уровней при взаимном влиянии работающих скважин зависит от многих причин, в том числе от количества забираемой воды, расстояния между скважинами, мощности, водообильности и условий питания водоносного пласта, взаимного расположения скважин и местности и т. п.

При понижении в первой скважине уровня воды, во второй скважине происходит срезка уровня. Аналогично, при понижении уровня воды во второй скважине. Расход воды в скважине при понижении уровня воды на S определяется по формуле

$$Q'_1 = Q_c \left(1 - \frac{t_{1,2}}{S_1} \right); \quad (2.24)$$

$$Q'_2 = Q_c \left(1 - \frac{t_{2,3}}{S_2} \right); \quad (2.25)$$

$$Q'_3 = Q_c \left(1 - \frac{t_{3,4}}{S_3} \right); \quad (2.26)$$

$$Q'_4 = Q_c \left(1 - \frac{t_{4,1}}{S_4} \right). \quad (2.27)$$

где $t_{i,j}$ срезка в i -ой скважине от воздействия j -ой скважины, м.

$$t_{i,j} = S_j - S_i, \quad (2.28)$$

где S – понижение уровня воды в скважине.

$$S_1 = S; \quad (2.29)$$

$$S_2 = 1,1 \cdot S_1; \quad (2.30)$$

$$S_3 = 1,15 \cdot S_1; \quad (2.31)$$

$$S_4 = 1,35 \cdot S_1; \quad (2.32)$$

$$S_2 = 1,1 \cdot 7 = 7,7 M;$$

$$S_3 = 1,15 \cdot 7 = 8,05 M;$$

$$t_{1,2} = 7,7 - 7,0 = 0,7 M;$$

$$t_{2,3} = 8,05 - 7,7 = 0,35 M;$$

$$t_{3,4} = 9,45 - 8,05 = 1,4 M;$$

$$Q'_1 = 137,3 \left(1 - \frac{0,7}{7,0} \right) = 123,6 M^3/u;$$

$$Q'_2 = 137,3 \left(1 - \frac{0,35}{7,7} \right) = 131,0 M^3/u;$$

$$Q'_3 = 137,3 \left(1 - \frac{1,4}{8,05} \right) = 113,4 M^3/u;$$

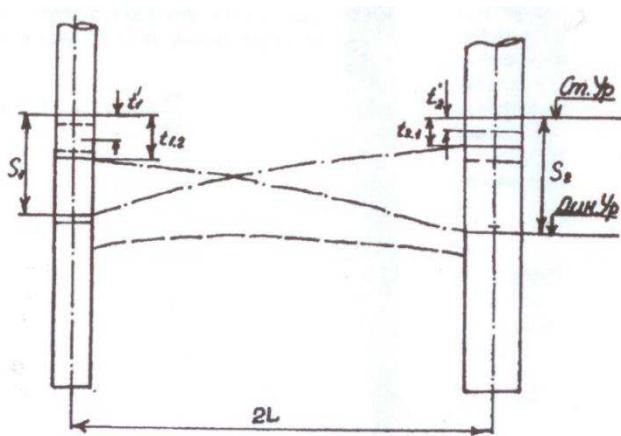


Рисунок 2.1 - Взаимное влияние скважин

2.2.5 Устройство устья подземного источника

Так как скважина будет использоваться круглогодично, в целях предотвращения промерзания устья скважины предусматриваем кессонное оборудование (утеплительный кожух). Кессон устраиваем от выступающей части устья и до глубины промерзания грунта. Делаем глиняный замок для защиты от ливневых вод с радиусом 1,5 м, под уклоном 0,1 проводим прямую до кессона. Железобетонное укрепление – отмостку, делаем поверх глиняного замка для защиты от микробного проникновения с радиусом 3,5 м.

Проектируем кессон пластиковый с утеплителем, диаметром 700 мм (рисунок 2.2) на производственной базе ЖИЛКОМСНАБ, по ТУ 2291-001-86917423-2010, сертификат соответствия ГОСТ-Р №0260760 от 21.10.2010 г.

Над устьем каждой четвертой скважины устраиваем павильон ниже поверхности земли – заглубленная камера для погружного насоса

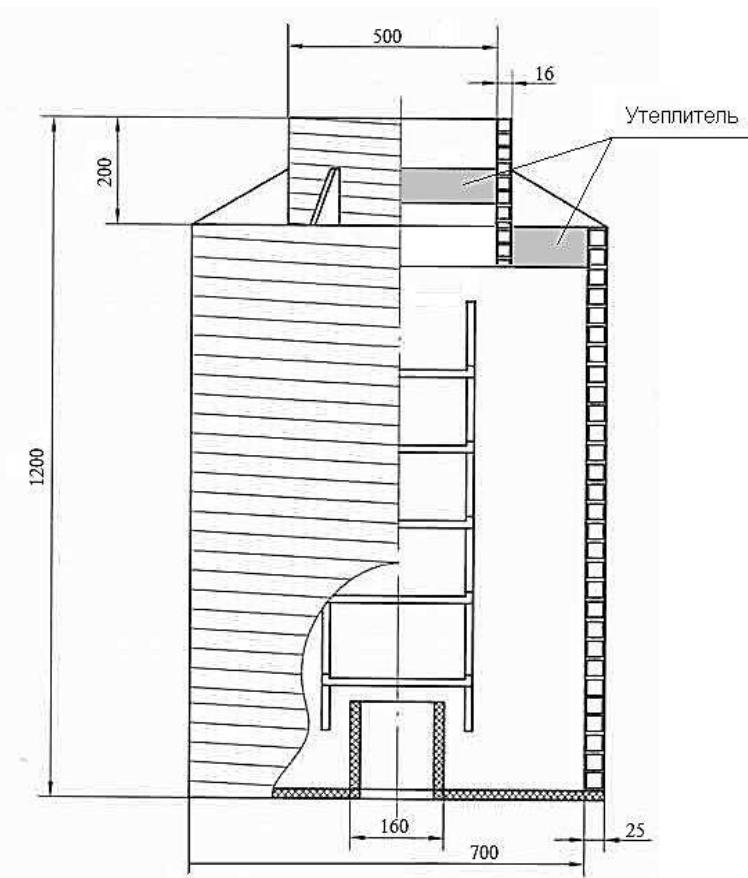


Рисунок 2.2 – Кессон с утеплительным кожухом

2.2.6 Защита от заиливания

В мерзлых грунтах заиливание скважин происходит крайне медленно, мелкими частицами. В качестве защиты принимаем очистку фильтра вручную.

2.2.7 Расчет выбросов пыли при сооружении скважин

При расчете загрязнений атмосферы пылевыми выбросами при бурении скважин исходят из того, что практически все буровые станки выпускаются промышленностью со средствами пылеочистки.

Расчет максимальных разовых выбросов определяют по формуле

$$Q_3 = \frac{n \cdot z \cdot (1 - \eta)}{3600}, \quad (2.33)$$

где n – количество одновременно работающих буровых станков при использовании бурового станка БСШ-1, величина $n = 3$;

z – количество пыли, выделяемое при бурении одним станком, г/ч;

η – эффективность системы пылеочистки волях (для рукавного фильтра 0,95%).

$$Q_3 = \frac{3 \cdot 396 \cdot (1 - 0.95)}{3600} = 0,016 \text{ г/с.}$$

В качестве мероприятий по снижению выбросов пыли при сооружении скважин предлагаем применить пневматический бурильный молоток для бурения мокрым способом. количество пыли, выделяемое при бурении одним станком $z = 360$ г/ч:

$$Q_3 = \frac{3 \cdot 360 \cdot (1 - 0.95)}{3600} = 0,015 \text{ г/с.} \quad (2.34)$$

Количество снижения пыли определяется как разница между традиционным бурением и предлагаемым

$$Q = Q_{\text{пред}} - Q_{\text{предл}} = 0,016 - 0,015 = 0,001 \text{ г/с.} \quad (2.35)$$

Выброс пыли от предлагаемого оборудования незначительно выше выброса от традиционного. В условиях севера рекомендуем использовать буровой станок.

2.3 Расчет и проектирование насосных станций

2.3.1 Насосное оборудование

Для подъема воды из водозаборных скважин, как правило, применяются погружные насосы. Работу насосов следует принимать в повторно-кратковременном режиме совместно с регулирующей емкостью. Производительность насосов при этом должна составлять не менее максимального часового расхода воды, для которого проектируется автономная система водоснабжения. Полный напор насосной установки H_p , м определяют по формуле

$$H_p = H_{geom} + \sum H_{totl} + H_f, \quad (2.36)$$

где H_{geom} – геометрическая высота подъема воды от динамического уровня воды в водозаборном сооружении до расчетной точки (наиболее высоко расположенного прибора), м;

$\sum H_{totl}$ – потери напора при движении воды до расчетной точки, м, находим: к отметке поверхности земли прибавляем высоту отмостки без глинняного замка и отнимаем геометрическую высоту подъёма воды;

H_f – необходимый свободный напор в расчетной точке, м, принимаем 4 м для скважин глубиной заложения до 105 м.

$$H_{geom} = Z_{дин} - (Z_{ст} - Z_{верх. в/у}), \quad (2.37)$$

где $Z_{дин}$ – отметка динамического уровня воды в скважине, м;

$Z_{ст}$ – отметка статического уровня воды в скважине, м;

$Z_{верх. в/у}$ – отметка верхнего водоупора, м.

$$H_{geom} = 173,0 - (180,0 - 186,3) = 179,3 \text{ м};$$

$$\sum H_{totl} = Z_{земли} + 0,5 - H_{geom}; \quad (2.38)$$

где $Z_{земли}$ – абсолютная отметка поверхности земли, м;

$$\Sigma H_{\text{totl}} = 187,0 + 0,5 - 179,3 = 8,2 \text{ м.}$$

$$H_p = 179,3 + 8,2 + 4 = 191,5 \text{ м.}$$

В качестве насоса принимаем скважинный насос с частотным регулированием Grundfos SQE1-155.

Отметка оси насоса, м:

$$Z_{OH} = Z_{земли} - L_{PK} \cdot 0,5, \quad (2.39)$$

где L_{PK} – длина рабочей камеры, м:

$$Z_{OH} = 187,0 - 37,5 \cdot 0,5 = 168,2 \text{ м.}$$

Таблица 2.1 – Основные технические данные скважинного электронасосного агрегата для воды (погружного насоса) ЭЦВ10-120-100

Подача, м ³ /ч	Напор, м	Мощность электродвигателя, Вт	КПД агрегата, %	Масса, кг	Габариты насоса ВхН, мм
До 150	200	1850-2540	78	409	74×969



Рисунок 2.3 - Конструкция погружного насоса Grundfos типа SQE

2.3.2 Расчет регулирующей емкости

Объем регулирующей ёмкости $W_{рё}$, определяем на суточный расход 4 скважин:

$$W_{рё} = (Q_1 + Q_2 + Q_3) \cdot 24 \text{ ч}, \quad (2.40)$$

$$W_{рё} = (123,6 + 131,6 + 113,4) \cdot 24 = 8833,44 \text{ м}^3/\text{сум},$$

Полную вместимость емкостей V , м^3 , определяем по формуле для безнапорного бака:

$$V = B \cdot W_{рё}, \quad (2.41)$$

где B – коэффициент запаса вместимости бака, принимаемый 1,2.

$$V = 1,2 \cdot 8833,44 = 10600,1 \text{ м}^3.$$

Принимаем 6 железобетонных резервуаров прямоугольных в плане, объемом 12 000 м³, A×B×H = 54×48×4,8.

2.3.3 Насосная станция II подъема

Насосами этой станции подается очищенная вода из резервуаров чистой воды (РЧВ) непосредственно к потребителю. Поэтому подачу насосной станции II подъема определяют в зависимости от режима водопотребления населенного пункта.

Напор насосов станции II подъема определяют после полного расчета сети. Напор на станции должен быть достаточным для обеспечения требуемого свободного напора в сети населенного пункта с учетом потерь напора в сети и рельефа местности.

2.3.4 Определение уровней воды в РЧВ

Полный объем резервуаров чистой воды, $W_{РЧВ}$, м³ определяется по формуле

$$W_{РЧВ} = W_{рег} + W_{пож} + W_{СН}, \quad (2.42)$$

где $W_{рег}$ – регулирующий объем воды в резервуаре;

$W_{пож}$ – неприкосновенный запас воды на тушение пожара;

$W_{соб.н}$ – объем воды на собственные нужды станции.

Неприкосновенный противопожарный объем $W_{пож}$ рассчитывается из условия тушения расчетного количества одновременных пожаров n в течение всего нормативного времени тушения пожара $T_{пож}$ и определяется по формуле

$$W_{пож} = T_{пож} \cdot 3,6 \cdot (n_{н.п.} \cdot q_{н.п.} + n_{п.п.} \cdot q_{п.п.}), \text{ м}^3, \quad (2.43)$$

где n – расчетное количество пожаров соответственно в населенном пункте и на промышленном предприятии;

q – расход воды на тушение одного пожара, соответственно в населенном пункте и на промышленном предприятии л/с;

$T_{пож}$ – нормативное время тушения одного пожара, принимается 3 ч.

$$W_{пож} = 3 \cdot 3,6 \cdot (2 \cdot 10) = 216 \text{ м}^3;$$

Объем регулирующей емкости резервуара на собственные нужды станции составляет 8% от максимального суточного расхода

$$W_{CH} = 0,08 \cdot Q_{суммакс}, \quad (2.44)$$

$$W_{CH} = 0,08 \cdot 511,6 = 408,8 \text{ м}^3.$$

Полный объем резервуаров чистой воды:

$$W_{РЧВ} = 8833,44 + 216 + 408,8 = 9458,24 \text{ м}^3.$$

Принимаю 6 резервуаров объемом по 10 000 м³. Размеры типового резервуара – 60×36×4,8 м.

Максимальная высота слоя воды в резервуаре и слоя противопожарного запаса воды составит:

$$h_{max} = \frac{W_{PЧB}}{F_p}; \quad (2.45)$$

$$h_{пож} = \frac{W_{пож}}{F_p}, \quad (2.46)$$

где F_p – площадь сечения одного РЧВ, м^2 ;

$$h_{max} = \frac{9458,24}{60 \cdot 36} = 4,4 \text{ м}^3;$$

$$h_{пож} = \frac{216}{60 \cdot 36} = 0,1 \text{ м}^3.$$

2.3.5 Расчет диаметров всасывающих и напорных трубопроводов

Диаметр всасывающих и напорных труб определяют по расчетному расходу при нормальном режиме работы водозабора и скорости движения воды в трубах:

$$D = \sqrt{\frac{Q_1}{0,785 V_m}} \quad (2.47)$$

где Q_1 – расчетный расход одного насоса, $\text{м}^3/\text{с}$;

V_t – допустимая расчетная скорость в трубопроводе, для трубопроводов насосных станций $V_m^{sc} = 1,0 \text{ м/с}$ и $V_m^{нап} = 2,0 \text{ м/с}$.

Количество всасывающих линий на насосных станциях первой и второй категории, независимо от количества групп насосов, включая, пожарные, должно быть не менее двух. При установке крупных насосных агрегатов число всасывающих труб принимается равным числу насосов.

Диаметр всасывающих трубопроводов насосной станции:

$$D^{sc} = \sqrt{\frac{0,03}{0,7851,0}} = 0,195\text{м},$$

$$D^{han} = \sqrt{\frac{0,03}{0,7852,0}} = 0,138\text{м},$$

Принимаем диаметр всасывающих трубопроводов $D^{sc} = 219$ мм, диаметр напорных трубопроводов $D^{нап} = 140$ мм.

2.3.6 Определение требуемого напора насоса

Высота подъема насосов определяется по формуле

$$H_H = H_\Gamma + h_{w.sc.l} + h_{w.h.l}, \quad (2.48)$$

где H_Γ – геометрическая высота подъема воды, м

$h_{w.sc.l}$ – потери напора во всасывающем трубопроводе, м;

$h_{w.h.l}$ – потери напора в напорных коммуникациях и в водоводе от НСИ.

Геометрическая высота подъема воды, м, определяется по формуле

$$H_\Gamma = H_Z = Z_{д.т.} - Z_{пож}, \quad (2.49)$$

где H_Z – разность отметок поверхности земли у диктующей точки $Z_{д.т.}$ и расчетного (пожарного) уровня в резервуаре чистой воды $Z_{пож}$:

$$H_\Gamma = H_Z = 225,0 - 184,7 = 40,3\text{м};$$

$$h_{w.sc} = S_{0sc} \cdot L_{sc} \cdot Q_{sc}^2 + h_{k.sc}, \quad (2.50)$$

где S_0 – удельное сопротивление труб, принимаются по таблицам Ф. А. Шевелева;

L_{bc} – длина всасывающего трубопровода, м, его значение принимается по генплану;

Q_{bc} – расчетные расходы всасывающих линий, m^3/c ;

$h_{k,bc}$ – потери напора в коммуникациях внутри насосной станции, на всасывающей линии, м; принимаются равными $h_{k,bc} = 1,5$ м.

$$h_{w.b.bc} = 6,595 \cdot 10^{-6} \cdot 30,0 \cdot 0,03^2 + 1,5 \approx 1,5 \text{ м};$$

$$h_{w.h.l} = h_{w.yu} + h_{k.h}, \quad (2.51)$$

где $h_{k.h}$ – потери напора в коммуникациях внутри насосной станции, на напорной линии; принимаются равными 2,0 м;

$h_{w.yu}$ – потери напора на участках до диктующей точки, м:

$$h_{w.yu} = h_{nym} + h_{geom} + h_{yuz}, \quad (2.52)$$

где h_{nym} – потери напора по длине трубопровода, м;

h_{geom} – потери напора

h_{yuz} – потери напора в узлах, м. Принимаются при повороте 90° – 0,5 м, при повороте 45° – 0,3 м, при повороте менее 45° – 0,1 м.

$$h_{nym} = \sum i \cdot L, \text{ м} \quad (2.53)$$

где i – уклон сети, принимается по таблицам Ф. А. Шевелева.

$$h_{geom} = Z_{\partial.m.} - Z_{hc}, \quad (2.54)$$

$$h_{\text{аэом}} = 225,0 - 187,0 = 38,0 \text{ м.}$$

$$h_{w.h.l} = 13,2 + 38,0 + 2,8 = 54,0 \text{ м;}$$

$$H_H = 40,3 + 1,5 + 54,0 = 95,8 \text{ м.}$$

Полная высота подъема насосов определяется по формуле

$$H_{\Pi} = H_H + H_{\infty}, \quad (2.55)$$

где H_{∞} – требуемый свободный напор над поверхностью земли в диктующей точке, определяется по формуле

$$H_{\infty} = 4 \cdot (n - 1) + 10, \quad (2.56)$$

где n – это количество этажей самого высокого здания.

$$H_{\infty} = 4 \cdot (2 - 1) + 10 = 14 \text{ м;}$$

Полная высота подъема насосов:

$$H_{\Pi} = 95,8 + 14 = 109,8 \text{ м.}$$

2.3.7 Подбор насосов

Насосы в насосной станции II подъема работают совместно, в параллельном режиме подачи воды в водовод, т.е. несколько насосов подают воду в одну систему. Подбор марки насосов производится по требуемым подаче $Q_H = 163,8 \text{ м}^3/\text{ч}$ и напору $H_H = 109,8 \text{ м}$. По сводному графику рабочих зон насосов предва-

рительно намечается марка насосов. Окончательный выбор производится по рабочим характеристикам насосов:

Принимаем 6 рабочих и 3 резервных насоса Grundfos HS 350-250-630.

Рабочие характеристики приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Характеристики насосов НС-II

Подача, м ³ /ч	Напор, м	Мощность электродвигателя, кВт	Масса, кг	Габариты насоса АxBxH, мм
190,0	120,0	5,4	155	795×400×565

2.3.8 Определение высоты павильона

Высота павильона берегового колодца рассчитывается по формуле

$$H_n = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6, \quad (2.57)$$

где h_1 – высота монорельса;

h_2 – минимальная высота тали от крюка;

h_3 – высота строповки, 0,5м;

h_4 – высота груза;

h_5 – высота от груза (насоса) до пола, 0,5 м;

h_6 – высота фундамента под насос.

$$H_n = 1,16 + 1,49 + 0,5 + 1,4 + 0,5 + 3 = 8,05 \text{ м}$$

С учетом строительного шага (0,3 м) запроектирован павильон высотой 8,1 м.

2.4 Водозaborные очистные сооружения

Технологическая схема включает следующие операции:

- подогрев;
- осветлительное фильтрование;
- сорбционное фильтрование через пеносиликат;
- обеззараживание ультрафиолетовым облучением

2.4.1 Состав сооружений для очистки воды

Очистные сооружения являются одним из основных элементов системы водоснабжения.

Выбор состава сооружений определяется с учетом показателей качества воды, требований к качеству питьевой воды, производительности очистных сооружений, технико-экономического обоснования.



Рисунок 2.4 – Технологическая схема водоподготовки.

Данная технологическая схема (согласно рис.2.4) включает в себя 1 – теплообменник, 2 – аккумулирующая емкость; 3, 6 – насосная станция; 4 - осветлительные фильтры, 5 – сорбционные фильтры, 7 - резервуар чистой воды. Дополнительное оборудование: горизонтальные песководки; резервуар промывной воды.

2.4.2 Подбор теплообменного аппарата

Температура воды в источнике составляет 0,1-1,4°C, что затрудняет ее очистку. Для нагрева воды на 2°C используем проточный теплообменник типа «труба в трубе» производства «МеталлЭкспортПром», рабочая среда – пар. Ис-

точником пара служат теплогенерирующая установка поселка. Теплообменник исполнения ТТМ - многопоточный разборный. Применяется там, где есть большие расходы рабочих сред (от 10 до 300 тонн в час). На теплообменниках такого типа организованы процессы теплообмена типа: жидкость-жидкость, газ-газ, жидкость-газ. Можно очищать и внутреннюю и наружную поверхность теплообменных труб.

Таблица 2.4 – Технические характеристики теплообменного аппарата

Наименование параметров	Значения параметров для теплообменников типа
Поверхность теплообмена гладких труб, м ²	3,9-93,0
Наружный диаметр теплообменных труб, мм	38; 48; 57
Наружный диаметр кожуховых труб, мм	89; 108.
Условное давление, МПа, не более	1,6; 4,0
Температура рабочей среды, С	От минус 30 до 400
Длина теплообменных труб, мм	3000; 4500; 6000; 9000.

2.4.3 Аккумулирующая емкость

Объем аккумулирующей емкости равен максимальному остатку воды в промежуток времени 5-6 часов.

$$W_{akk} = 1470,6 \text{ м}^3.$$

Принимаем 10 емкостей по 150 м³.

2.4.4 Расчет осветительных фильтров

В качестве осветительных фильтров применяем сверхскоростной фильтр Никифорова.

Расчет фильтров выполняют исходя из производительности с учетом расхода осветленной воды на собственные нужды всех установленных фильтров. Общая площадь фильтрования F, м², определяется по формуле

$$F = \frac{Q_{sym}}{T \cdot V_\phi - 3,6 \cdot n \cdot \omega \cdot t_1 - n \cdot t_2 \cdot V_\phi} \quad (2.58)$$

где Т – продолжительность работы станции в течении суток в ч;
 V_ϕ – расчетная скорость фильтрования;
 n – количество промывок каждого фильтра за сутки;
 ω – интенсивность промывки;
 t_1 – продолжительность промывки;
 t_2 – время простоя фильтра.

$$F = \frac{7058,9}{24 \cdot 25 - 3,6 \cdot 2 \cdot 12,5 \cdot 0,1 - 2 \cdot 0,33 \cdot 25} = 12,3 \text{ м}^2$$

Количество фильтров определяется по формуле

$$N = 0,5 \sqrt[4]{F} \quad (2.59)$$

$$N = 0,5 \sqrt[4]{2,3} = 1,75 \approx 2 \text{ шт.}$$

Скорость фильтрования при нормальном режиме:

$$V_h = \frac{Q_q}{fa} \quad (2.60)$$

$$V_h = \frac{294,1}{2 \cdot 12,3} = 11,9 \text{ м/ч.}$$

Среднечасовой расход воды на промывку фильтров:

$$q = \frac{dra}{24}, \quad (2.61)$$

где r – число промывок каждого фильтра в сутки, принимается 1-2;

d – расход воды на одну промывку фильтра:

$$d = \frac{i60f}{1000}, \quad (2.62)$$

где i – интенсивность взрыхления, л/(с·м²), принимаем для фильтров с загрузкой антрацитом $i = 12$ л/(с·м²);

t – продолжительность взрыхляющей промывки, принимается 20 мин (0,33 часа).

$$d = \frac{12 \cdot 60 \cdot 0,33 \cdot 12,3}{1000} = 2,9 \text{ м}^3;$$

$$q = \frac{2,9 \cdot 2 \cdot 2}{24} = 0,48 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Скорость фильтрации при форсированном режиме:

$$V_\phi = \frac{Q_u}{f(a-1)}. \quad (2.63)$$

$$V_\phi = \frac{294,1}{12,3 \cdot (2-1)} = 23,9 \text{ м}/\text{ч}.$$

2.4.5 Резервуар промывной воды

$$W_{пром} = \frac{2it3600fa}{1000}, \text{ м}^3 \quad (2.64)$$

$$W_{пром} = \frac{2 \cdot 12,0 \cdot 0,33 \cdot 3600 \cdot 12,3 \cdot 2}{1000} = 701 \text{ м}^3.$$

Принимаем железобетонный резервуар на 700 м³.

2.4.6 Расчет сорбционных фильтров для очистки многокомпонентной воды

В качестве загрузки фильтров используем боны с адсорбентом «Пеносиликат».

Находим общую площадь одновременно и параллельно работающих адсорбентов:

$$F_c = \frac{Q_u}{V}, \quad (2.65)$$

где V – скорость фильтрации воды через сорбент, принимаем V = 12 м/с.

$$F_c = \frac{294,1}{12} = 24,5 \text{ м}^2.$$

Количество параллельно и одновременно работающих линий адсорбентов при D_{abs} = 1,5 м:

$$N_{\left| b \right|} = \frac{F_c}{f_{\left| \perp \right|}}, \quad (2.66)$$

где f_{abs} – площадь сечения одного фильтра, м²:

$$f_{\left| s=\pi \right.} = \frac{D_{\left| 2 \right|}}{4}, \quad (2.67)$$

Для трехкамерного фильтра:

$$f_{\left| \begin{array}{l} =3 \\ \parallel \end{array} \right.} \frac{3,14 \cdot 1,5^2}{4} = 5,3 \text{ м}^2 ;$$

$$N_{\left| \begin{array}{l} b \\ \parallel \end{array} \right.} = \frac{24,5}{5,3} = 4,6 \text{ имт.}$$

Принимаем к работе 5 параллельно и одновременно работающих линий адсорбентов при скорости фильтрации 12 м/ч.

Максимальная доза сорбента:

$$D_{sb}^{max} = \frac{C_h - C_k}{a_{sb}^{max}}, \quad (2.68)$$

где C_h , C_k – концентрация нефтепродуктов в исходной и фильтрованной воде, мг/ дм³. $C_h = 0,8$ мг/ дм³, $C_k = 0,22$ мг/ дм³;

a_{sb}^{max} – максимальная сорбционная емкость сорбента, мг/дм³:

$$a_{sb}^{max} = 253 \sqrt{C_h}, \quad (2.69)$$

$$a_{sb}^{max} = 253 \sqrt{0,8} = 226,3 \text{ мг/ дм}^3;$$

$$D_{sb}^{max} = \frac{0,8 - 0,22}{226,3} = 0,003 \text{ мг/ дм}^3.$$

Ориентировочная высота загрузки, равная высоте адсорбера:

$$H = \frac{D_{sb}^{max} t_{ads}^{op}}{k_{ads} a_{sb}^{max}}, \quad (2.70)$$

где t_{ads}^{op} - ориентировочная продолжительность работы установки до прокола;

k_{ads} - заданная степень исчерпания емкости сорбента. Согласно экспериментальным данным $k_{ads}= 0,5$.

$$H = \frac{0,003 \cdot 298,4 \cdot 24}{0,5 \cdot 226,3} = 0,5 \text{ м.}$$

Доза сорбента, выгружаемого из адсорбера определяется по формуле:

$$D_{sb} = \frac{C_n - C_k}{K_{sb} a_{sb}^{max}}$$

где K_{sb} - заданная степень исчерпания емкости сорбента. Согласно экспериментальным данным $K_{sb}= 0,5$.

$$D_{sb} = \frac{0,83 - 0,22}{0,5 \cdot 226,3} = 0,005 \text{ мг/дм}^3.$$

Для перекачки воды в РЧВ принимаем 3 насоса горизонтальный DAB KDNE 125-250/230.

2.4.8 Расчет обеззараживания воды бактерицидными лучами

Действие бактерицидного облучения является почти мгновенным, и, следовательно, вода, прошедшая через установку, может сразу же поступать непосредственно к потребителю.

Обеззараживание воды происходит вследствие фотохимического воздействия на бактерии, находящиеся в воде, ультрафиолетовой бактерицидной энергии, излучаемой специальными лампами.

Расчетный бактерицидный поток определяется по формуле

$$F_6 = - \frac{Q_{vac} \alpha k \lg\left(\frac{P}{P_0}\right)}{1563.4 \eta_n \eta_0} \quad (2.71)$$

где α - коэффициент поглощения облучаемой воды, в $m^3/\text{ч}$;
 k – коэффициент сопротивляемости облучаемых бактерий;
 P_0 – количество бактерий в 1 л воды, или коли-индекс воды;
 P – количество воды в 1 л воды после облучения;
 η_n – коэффициент использования бактерицидного потока;
 η_0 – коэффициент использования бактерицидного излучения, зависящего от толщины слоя воды и т.п.

$$F_6 = - \frac{294,12 \cdot 0,1 \cdot 2500 \cdot (-3)}{1563,4 \cdot 0,9 \cdot 0,9} = 174,2 \text{ вт.}$$

Потребное количество ламп составит

$$n = F_6 / F_l \quad (2.72)$$

где F_l – расчетный бактерицидный поток лампы в vt после 4500 – 5000 ч горения. Для БУВ – 60П составит 4 вт.

$$n = 174 / 4 = 44 \text{ шт.}$$

Подбираем установку ОВ – 34 для непогруженных ламп.

Расход электроэнергии на обеззараживание воды

$$S = \frac{N \cdot n}{Q_{vac}} \quad (2.73)$$

где N – мощность, потребляемая одной лампой.

$$S = \frac{60 \cdot 44}{294,2} = 9 \text{ вт}\cdot\text{ч}/\text{м}$$

2.5 Границы ЗСО

На основании СанПиН 2.1.4.1110-02 и проектной документации рассчитываем радиусы I,II,III поясов ЗСО водозаборного сооружения из подземных водоисточников, состоящего из 22 рабочих скважин, при следующих гидрогеологических параметрах:

Q – суммарный водоотбор на водозаборе – 7058,9 м³/сут;

m – средняя мощность зоны активной фильтрации водоносного горизонта на участке водозабора – 35 м;

n – пористость водовмещающих пород – 0,722;

i - уклон подземного потока – 0,004;

K_ф – коэффициент фильтрации водовмещающих пород – 12 м/сут

q – расход естественного потока:

$$q = k_{\phi} m i \quad (2.74)$$

$$q = 12 \cdot 35 \cdot 0,004 = 1,68 \text{ м}^2/\text{сут.}$$

В данном случае дебит водозабора полностью компенсируется естественным потоком, а речные воды не участвуют в питании водозабора. Расстояние от водозабора до реки X₀ = 167,3 м.

2.5.1 Первый пояс ЗСО

Первый пояс ЗСО (зона строгого режима) установлен в целях устранения возможности случайного или умышленного загрязнения воды источника в месте нахождений водозаборного сооружения.

По гидрогеологическим условиям подземные воды проектируемых водозаборных сооружений относятся к недостаточно защищенным, но учитывая благоприятные санитарные и топографические условия (расположение на зна-

чительном расстояние от населенного пункта и территории сельхозугодий, на территории не подверженной техногенному воздействию) границу первого пояса зоны санитарной охраны в проекте предусмотрено установить на расстоянии 30 м от скважин, что не противоречит п. 10.12. СНиП 2.04.02-84.

Местоположение скважин, их гидрогеологические и конструктивные особенности имеют ряд благоприятных условий, препятствующих случайному попаданию загрязнений:

- цементаж кондуктора в интервале 0-15 м;
- обустройство затрубной цементации;
- оборудование бетонной подушки вокруг скважины;
- ствол скважины обустроен оголовком и размещен в павильоне.

В соответствие с требованиями СанПиН 2.1.4.1110-02 на территории первого пояса предусмотрены следующие мероприятия:

- строительство по периметру 1 пояса ЗСО глухого железобетонного ограждения с 4-мя нитями колючей проволоки на кронштейнах с внутренней стороны;
- проведение планировочных решений по отводу поверхностного стока, на въезде устанавливаются ворота.

2.5.2 Второй пояс ЗСО

Расчет границ второго пояса основан на методике НИИ ВОДГЕО, расчетное время T_m (время продвижения микробного заражения) принимаем равное 200 суток, т.к. водоносный горизонт на площадке водозабора напорный, неограниченный пластине имеет непосредственной связи с водоемом. Расчет аналитической координаты X_b водораздельной точки:

$$X_b = X_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{Q}{\pi \cdot X_o \cdot q}}, \quad (2.75)$$

где X_0 – расстояние от реки до водозабора, м;

Q – дебит водозабора;

q – удельный расход потока подземных вод.

$$X_e = 167,3 \sqrt{1 - \frac{7058,9}{3,14 \cdot 167,3 \cdot 1,68}} = 442,6.$$

Погрешности отклонения:

$$X_e^1 = \frac{X_B}{X_o}, \quad (2.76)$$

$$X_e^1 = \frac{442,6}{167,3} = 2,6.$$

Общий радиус границы второго пояса находим по формуле

$$R_2 = \sqrt{\frac{QT_m}{\pi mn}}, \quad (2.77)$$

$$R_2 = \sqrt{\frac{7058,9 \cdot 200}{3,14 \cdot 35 \cdot 0,772}} = 129 \text{ м}.$$

Погрешность отклонения:

$$T^1 = \frac{q \cdot T_m}{X_o \cdot m \cdot n}, \quad (2.78)$$

$$T^1 = \frac{1,68 \cdot 200}{167,3 \cdot 35 \cdot 0,772} = 0,07.$$

Расстояние вверх по потоку движения подземных вод:

$$R = R_q + \Delta R; \quad (2.79)$$

$$R_q = \frac{Tm \cdot q}{m \cdot n}; \quad (2.80)$$

где R_q - расстояние, преодолеваемое частицами воды при движении со скоростью бытового потока q .

$$R_q = \frac{200 \cdot 1,68}{35 \cdot 0,722} = 12,4 \text{ м.}$$

$$\Delta R = \Delta R^1 \cdot Xo; \quad (2.81)$$

где ΔR^1 принимаем равным 0,68;

$$\Delta R = 0,68 \cdot 167,3 = 113,8 \text{ м.}$$

$$R = 12,4 + 113,8 = 126,2 \text{ м.}$$

Расстояние вниз по потоку r определяем по формуле

$$r = r^1 \cdot Xo; \quad (2.82)$$

где значение $r^1 = 0,6$;

$$r = 0,6 \cdot 167,3 = 100,4 \text{ м.}$$

Ширину ЗСО определяем по формуле

$$d = \frac{2}{\pi} \frac{Q}{m} \frac{T_m}{n} L ; \quad (2.83)$$

$$\begin{aligned} L &= R + r , \\ L &= 126,2 + 100,4 = 226,6 \text{ м} ; \end{aligned} \quad (2.84)$$

$$d = \frac{2}{3,14} \frac{7058,9200}{35 0,772226,6} = 146,9 \text{ м}.$$

Общая ширина II пояса ЗСО принимается равной $2d = 2 \cdot 146,9 = 293,7$ м.

Таким образом, размеры II пояса ЗСО данного водозабора следующие:

- общий радиус (R_2) = 129 м;
- вверх по потоку (R) = 126,2 м;
- вниз по потоку (r) = 100,4 м;
- общая ширина (2d) = 293,7 м.

2.5.3 Третий пояс ЗСО

Для определения границ ЗСО третьего пояса расчетное время T_x (время продвижения химического загрязнителя – 25-50 лет (выражается в сутках) принимаем равное периоду эксплуатации водозабора 9125 суток с настоящего времени.

В изолированном пласте расчет границы III пояса ЗСО производим по формуле

$$R_3 = \sqrt{\frac{Q}{\pi}} \frac{T_x}{m n}; \quad (2.84)$$

$$R_3 = \sqrt{\frac{7058,99125}{3,14 35 0,772}} = 871,3 \text{ м}.$$

Средний пояс строгой охраны определяется как среднеарифметическое второго и третьего поясов ЗСО:

$$R = \frac{R_2 + R_3}{2}, \quad (2.85)$$

$$R = \frac{129 + 871,3}{2} = 500,15 \text{ м}.$$

Устанавливаем пояс строгой охраны на расстоянии 500,15 м от каждой скважины водозабора.

2.5.4 Правила и режим хозяйственного использования территорий, входящих в ЗСО

Территория первого пояса ЗСО должна быть спланирована для отвода поверхностного стока за ее пределы, озеленена, ограждена и обеспечена охраной.

Дорожки к сооружениям должны иметь твердое покрытие.

Водопроводные сооружения должны быть обустроены с учетом предотвращения возможности загрязнения питьевой воды через оголовки и устья скважин, люки и переливные трубы резервуаров и устройства заливки насосов.

Водозаборы должны быть оборудованы аппаратурой для систематического контроля соответствия фактического дебита проектной производительности, предусмотренной при его производительности и обосновании границ ЗСО.

Здания должны быть оборудованы канализацией с отведением сточных вод в ближайшую систему бытовой или производственной канализации, или на местные станции очистных сооружений, расположенные за пределами первого пояса ЗСО с учетом санитарного режима на территории второго пояса. В исключительных случаях при отсутствии канализации должны устраиваться водонепроницаемые приемники нечистот и бытовых отходов, расположенные в

местах, исключающих загрязнение территории первого пояса ЗСО при их вывозе.

На территории ЗСО первого пояса не допускаются:

- посадка высокоствольных деревьев;
- все виды строительства, не имеющие непосредственного отношения к эксплуатации, реконструкции и расширению водопроводных сооружений;
- прокладка трубопроводов различного назначения;
- размещение жилых и хозяйственно-бытовых зданий;
- проживание людей;
- применение ядохимикатов и удобрений.

2.5.5 Правила и режим хозяйственного использования территорий, входящих в ЗСО второго пояса

На территории, входящих в зону санитарной охраны второго пояса требуется:

- выявление объектов, загрязняющих источник водоснабжения, с разработкой конкретных мероприятий, обеспеченных источниками финансирования, подрядными организациями и согласованных с центром государственного санитарно-эпидемиологического надзора;
- выявление, тампонирование или восстановление старых, бездействующих или неправильно эксплуатируемых скважин, представляющих опасность в части возможности загрязнения новых горизонтов;
- выполнение мероприятий по санитарному благоустройству территории населенных пунктов и других объектов (оборудование канализацией, устройство водонепроницаемых выгребов, организация отвода поверхностного стока и др.);
- регулирование отведения территории для нового строительства жилых, промышленных и сельскохозяйственных объектов, а также согласование измене-

нений технологий действующих предприятий, связанных с повышением степени опасности загрязнения сточными водами источника водоснабжения;

- границы второго пояса ЗСО на пересечении дорог, пешеходных троп и пр. обозначить столбами со специальными знаками.

На территории, входящих в зону санитарной охраны второго пояса не допускается:

- бурение новых скважин и новое строительство, связанное с нарушением почвенного покрова (производится при обязательном согласовании с центром государственного санитарно-эпидемиологического надзора);
- закачка отработанных вод в подземные горизонты, подземного складирования твердых отходов и разработки недр земли;
- размещения складов горюче-смазочных материалов, ядохимикатов и минеральных удобрений, накопителей промстоков, шламохранилищ и других объектов, обуславливающих опасность химического загрязнения вод;
- применение удобрений и ядохимикатов;
- сброс промышленных, сельскохозяйственных, городских и ливневых сточных вод, содержание в которых химических веществ и микроорганизмов превышает установленные санитарными правилами гигиенические нормативы качества воды;
- размещение кладбищ, скотомогильников, полей ассенизации, полей фильтрации, навозохранилищ, силосных траншей, животноводческих и птицеводческих предприятий и других объектов, обуславливающих опасность микробного загрязнения вод;
- производить рубки леса главного пользования и реконструкции, а также закрепление за лесозаготовительными предприятиями древесины на корню и лесосечного фонда долгосрочного пользования.

2.5.6. Правила и режим хозяйственного использования территорий, входящих в ЗСО третьего пояса

На территории, входящих в зону санитарной охраны третьего пояса требуется:

- выявление объектов, загрязняющих источники водоснабжения, с разработкой конкретных мероприятий, обеспеченных источниками финансирования, подрядными организациями и согласованных с центром государственного санитарно-эпидемиологического надзора;
- выявление, тампонирование или восстановление старых, бездействующих или неправильно эксплуатируемых скважин, представляющих опасность в части возможности загрязнения новых горизонтов;
- регулирование отведения территории для нового строительства жилых, промышленных и сельскохозяйственных объектов, а также согласование изменений технологий действующих предприятий, связанных с повышением степени опасности загрязнения сточными водами источника водоснабжения.

На территории, входящих в зону санитарной охраны третьего пояса не допускается:

- бурение новых скважин и новое строительство, связанное с нарушением почвенного покрова (производится при обязательном согласовании с центром государственного санитарно-эпидемиологического надзора);
- закачка отработанных вод в подземные горизонты, подземного складирования твердых отходов и разработка недр земли;
- размещения складов горюче-смазочных материалов, ядохимикатов и минеральных удобрений, накопителей промстоков, шламохранилищ и других объектов, обуславливающих опасность химического загрязнения вод.

На территории, входящих в зону санитарной охраны третьего пояса допускается размещение складов горюче-смазочных материалов, ядохимикатов и минеральных удобрений, накопителей промстоков, шламохранилищ и других

объектов, обусловливающих опасность химического загрязнения подземных вод только при условии выполнения специальных мероприятий по защите водоносного горизонта от загрязнения и при наличии санитарно-эпидемиологического заключения центра государственного санитарно-эпидемиологического надзора, выданного с учетом заключения органов контроля.

3 Исследовательская работа

Анализ исходной воды показал превышения в ней по содержанию следующих показателей: сероводород, оксиды калия, марганца и железа. Последний элемент содержится в высокой концентрации и оказывает наиболее негативный эффект на технические характеристики и экологическую чистоту воды. Поэтому, согласно выше изложенному, исследовательская часть ВКР состоит в анализе и подборе наиболее эффективных методов для удаления железа в воде.

Установленные санитарными службами нормы не допускают использование для питьевых нужд воды с содержанием железа более 0,3 мг на литр. При превышении этого норматива требуется очистка воды от железа по одной из нескольких технологий в зависимости от концентрации и химической формулы металла.

При бытовом водозаборе из артезианских скважин, пробуренных на даче или территории индивидуального коттеджа, потребитель может столкнуться со следующими формами железа в составе воды:

1. **Двухвалентное.** Свободное двухвалентное железо Fe^{2+} полностью водорастворимо, поэтому его присутствие нельзя определить визуально, критерием может быть запах и вкус воды. После отстаивания растворимый Fe^{2+} в результате химической реакции с кислородом, содержащимся в атмосферном воздухе, превращается в нерастворимый трехвалентный оксид железа Fe^{3+} .

При водоочистке учитывают растворимость двухвалентного Fe^{2+} и не очищают такую воду механическими методами. Ряд технологий очистки воды от железа из скважины состоит в интенсивном насыщении водных масс кислородом до преобразования металла в растворимый осадок и затем их дальнейшей фильтрации.

2. **Трехвалентное.** Как было указано выше, трехвалентное железо Fe^{3+} образуется после окисления двухвалентного, оно придает воде рыжеватый цвет и оставляет налет на сантехническом оборудовании и посуде. Обычно избавиться от рыжего цвета удается при помощи проточных угольных фильтров.

Существуют и другие формы железа, присутствующие в воде в виде взвесей: бикарбонат $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$, карбонат FeCO_3 , сульфид FeS и сульфат FeSO_4 железа, однако эти соединения нечасто встречаются в артезианках, имеют низкую концентрацию и отфильтровываются при любых способах водоочистки.

Визуально, по запаху и вкусу, определить наличие перечисленных реагентов в воде невозможно из-за их невысокого процентного содержания, имеющие данные получают лабораторным путем после проведения химического анализа взятой пробы.

3. Ржавчина Fe(OH)_3 . Общеизвестная ржавчина образуется в результате взаимодействия воды с железом, содержащимся в сплавах (сталь), на открытом воздухе, она состоит из трехвалентного оксида железа Fe_2O_3 и метагидроксида Fe(OH)_3 . Так как соединения в составе ржавчины водонерастворимы, она легко отделяются механическими фильтрами в результате водоочистки.

4. Коллоидное. Коллоидное железо органического происхождения находится в воде в виде очень мелких взвешенных частиц размером не более 0,1 мкм, оно не поддается отстаиванию и удалению бытовыми угольными водоочистными фильтрами. Очистить водную среду от столь мелких коллоидных фракций можно лишь при использовании установки обратного осмоса.

5. Бактериальное. Данные соединения в водной среде связаны с присутствием колоний бактерий, превращающих в процессе своей жизнедеятельности двухвалентного нерастворимую форму Fe^{2+} в трехвалентную. Бактерии образуют на водной поверхности плотную радужную пленку, придают структуре воды вязкость, делают ее непригодной для питья из-за неприятного запаха и плохого вкуса. Как и в случае с Fe^{3+} , водоочистка от нерастворимого бактериального железа может быть проведена с использованием бытовых механических фильтров.

3.1 Обзор методов

Все существующие методы обезжелезивания воды можно разбить на две основные группы:

3.1.1 Безреагентная очистка

Выше было указано, что железо в составе артезианской воды находится в растворенном состоянии (Fe^{2+}) и при взаимодействии с воздухом (точнее с кислородом) переходит в нерастворимую трехвалентное фазу Fe^{3+} , осадок которой далее можно отделить механическими фильтрами.

На этом принципе и построена безреагентная очистка, главной задачей которой является насыщение водных масс воздухом (аэрация) различными способами или кислородом с дальнейшей механической фильтрацией полученного нерастворимого осадка.

Так как процедуру насыщения водной среды кислородом можно проводить с различной интенсивностью и разных объемов в неограниченных временных интервалах, технологию используют при очень высоком содержании железа в воде более 3 миллиграмм на литр.

3.1.2 Реагентное обезжелезивание

Данная технология водоочистки и обезжелезивание воды из скважины заключается в использовании химических препаратов, каталитических или ионообменных засыпок, с которыми железо, содержащееся в воде, вступает в катализическую, химическую или ионообменную реакцию. Результатом взаимодействия, растворенного Fe^{2+} с химическими реагентами является получение нерастворимого трехвалентного осадка, при использовании ионообменных смол оксиды железа замещают ионы на поверхности гранул и затем смываются солевым раствором.

Исходя из представленных данных целесообразным является применение сорбционной очистки. Благодаря очищению высокоактивными сорбентами обеспечивается выход воды с почти нулевыми остаточными концентрациями. Стоит также отметить, что высокоактивные сорбенты реагируют даже с теми веществами, которые содержатся в воде в малых концентрациях, когда остальные методы не работают.

Кроме того, с помощью сорбционной очистки воды устраниются различные запахи, привкусы хлорированных углеводородов и сероводорода. Сорбентами выступают пористые твердые материалы, эффективность которых определяется величиной поверхности взаимодействия.

3.2 Анализ эффективности исследуемых материалов

В данной работе рассмотрены наиболее эффективные современные сорбенты и их российские аналоги.

Наиболее эффективными на сегодняшний день являются марки: BIRM, GREEN SAND. Однако, они производятся в США. Российским аналогом с высокой эффективностью очистки является сорбционная загрузка марки МЖФ, (Производство г. Санкт-Петербург).

3.2.1 BIRM

BIRM- экономичный и эффективный фильтрующий материал для очистки воды от растворенного железа.

BIRM - диоксид кремния, покрытый диоксидом марганца, катализатор окисления железа и марганца растворенным в воде кислородом.

BIRM удаляет из воды до 5мг/л растворённого железа. Так же BIRM используется для удаления из воды растворенного марганца, при этом РН исходной воды должен находиться в пределах 8.0-9.0. Если в воде одновременно с марганцем присутствует железо, то уровень РН уже не должен превышать 8.5.

Перед тем как использовать BIRM, необходимо сделать химический анализ воды, для получения достоверных данных о концентрации железа и марганца в воде. Главное преимущество BIRM при его применении это то, что не требуется специального обслуживания, он легко очищается от задержанных веществ. Для качественного удаления из воды железа и марганца необходимо регулярно осуществлять промывку фильтрующей среды исходной водой. BIRM изготовлен из высококачественного материала.

Подходит для очистки воды из неглубоких скважин и колодцев (до 25м).

Регенерация – противоточная промывка.

При низком pH – коррекция с помощью доломита. Доломит не использовать на воде с ОЖ больше 2 мг-экв/л и в колоннах большой производительности во избежание слеживания и цементирования загрузки.

Условия применения BIRM:

pH – более 6,9

Fe – до 3 мг/л

Mn – до 1 мг/л

ПМО – до 3 мг O₂/л

Нефтепродукты, сероводород – отсутствие

Свободный хлор – до 0,5 мг/л

Растворенный кислород – н/м 15% от содержания железа

Емкость 1л Birm – 930 мг Fe.

3.2.2 GREEN SAND

Manganese Green Sand – гранулы глауконита, покрытые диоксидом марганца MnO₂. MnO₂ является окислителем и катализатором окисления растворенных железа, марганца и сероводорода.

Подходит для очистки водопроводной и артезианской воды от железа, марганца и сероводорода.

Регенерация – противоточная промывка и промывка насыщенным (6 %) раствором KMnO_4 .

При содержании $\text{Fe} + \text{Mn}$ до 15 мг/л (железа больше, чем марганца) используется дозирование насыщенного раствора KMnO_4 в поток перед фильтром с помощью насоса-дозатора DL-PM и импульсного расходомера.

Регенерация загрузки – обратная промывка.

Дозирование KMnO_4 : сухого вещества – CKMnO_4 , мг/л исходной воды = $\text{CFe} + 2\text{CMn} + 4\text{CH}_2\text{S}$, мг/л

насыщенного 6 % раствора – $\text{CKMnO}_4 \times 100/6$.

Условия применения Manganese Green Sand:

pH – более 6,2

$\text{Fe} + \text{Mn}$ – до 7 мг/л

H_2S - до 5 мг/л

ПМО – до 5 мг O_2/l

Емкость 1л – 1370 мг Fe.

3.2.3 МЖФ

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

Физико-химические характеристики фильтрующей загрузки МЖФ представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Физико-химические характеристики фильтрующей загрузки МЖФ

№	Характеристики, рабочие условия	МЖФ
---	---------------------------------	-----

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

Был проведен анализ фильтрующих загрузок, который представлен в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Сравнение МЖФ с основными импортными фильтрующими загрузками при равных условиях эксплуатации

№ п/п	Характеристики, рабочие условия	Greensand	МЖФ	BIRM
2.	Насыпной вес, кг/м ³	1350	1400	1450
3.	Коэффициент однородности	1,4 - 1,6	1,4 - 2,0	1,34
4.	Размер частиц, мм	0,25-1,0	0,8-1,5	0,48
5.	Сырье для изготавления	Марганцевокислый цеолит	Доломит	Катализационный песок
6.	Максимальное содержание Fe и Mn в исходной воде, мг/л	15	до 50	20
7.	Наличие в воде масла, нефтепродуктов	Допустимо	Допустимо	Допустимо
8.	Наличие в воде H ₂ S	Допустимо	Допустимо	Допустимо
9.	Необходимый окислитель	KMnO ₄	Любой	Непрерывное дозирование гипохлоритом натрия

10.	Рабочий диапазон pH	6,8 - 8,8	5,5 - 9,0	5,8 - 8,6
11.	Емкость по Fe, (г Fe на dm^3 загрузки)	0,5 - 0,64	1,5	0,5
12.	Структура цикла регенерации, алгоритм регенерации	Обратная промывка, регенерация (восстановление свойств загрузки с помощью KMnO_4), после регенерационная отмывка; время 1,5 - 2 часа	Обратная промывка водой; ориентировочное время 15 минут	Обратная промывка водой; ориентировочное время 15 минут

На рисунке 3.1 приведены сравнительные показатели эффективности очистки исследуемыми сорбентами.

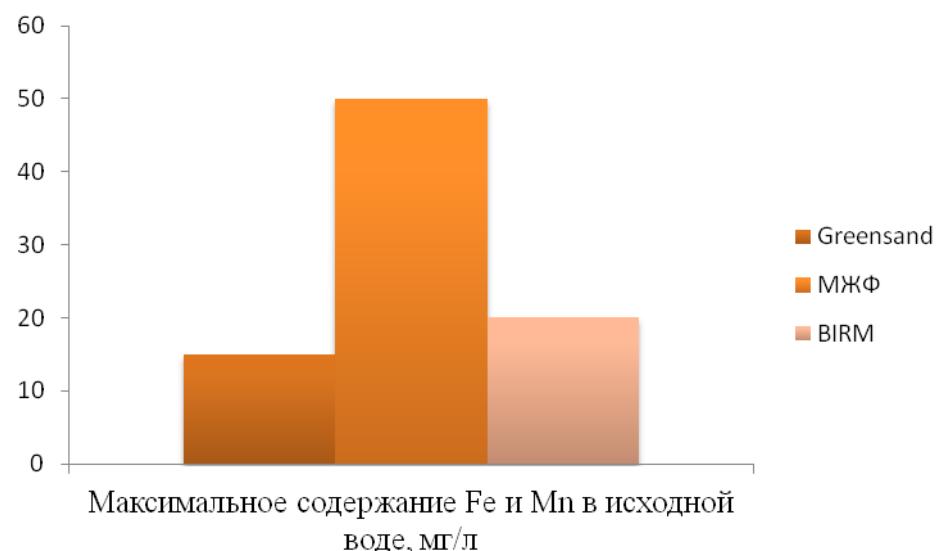
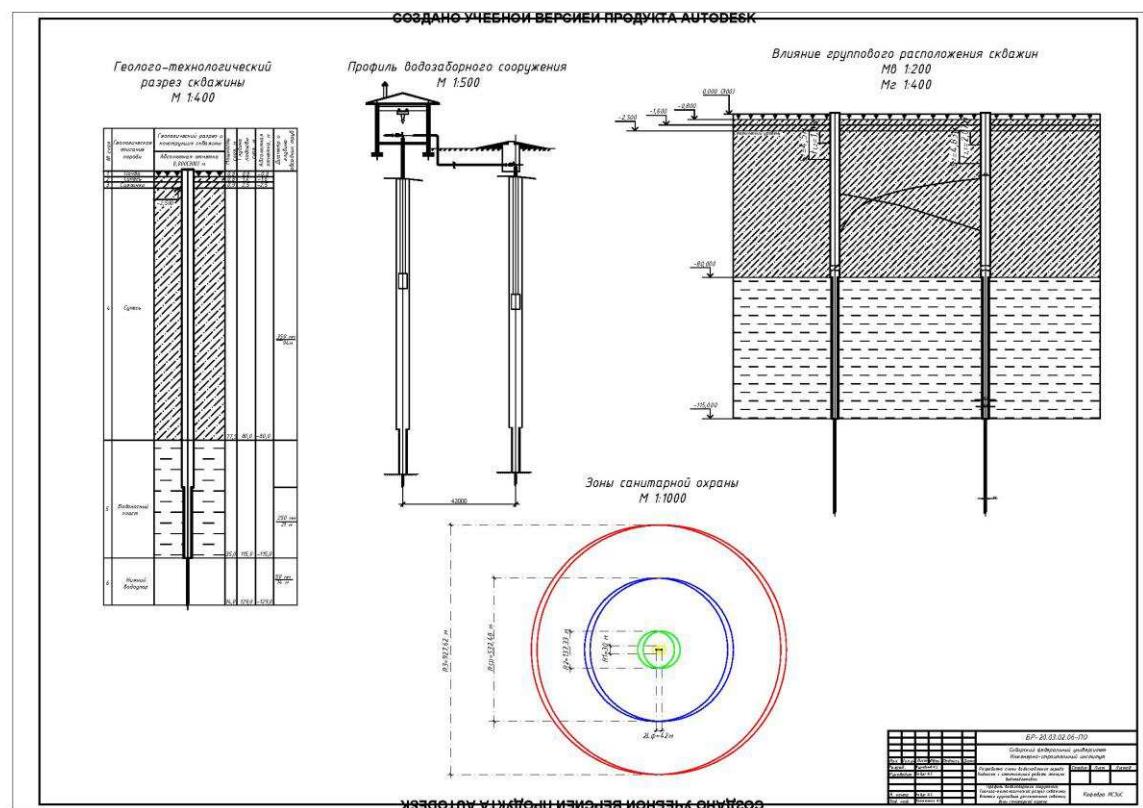
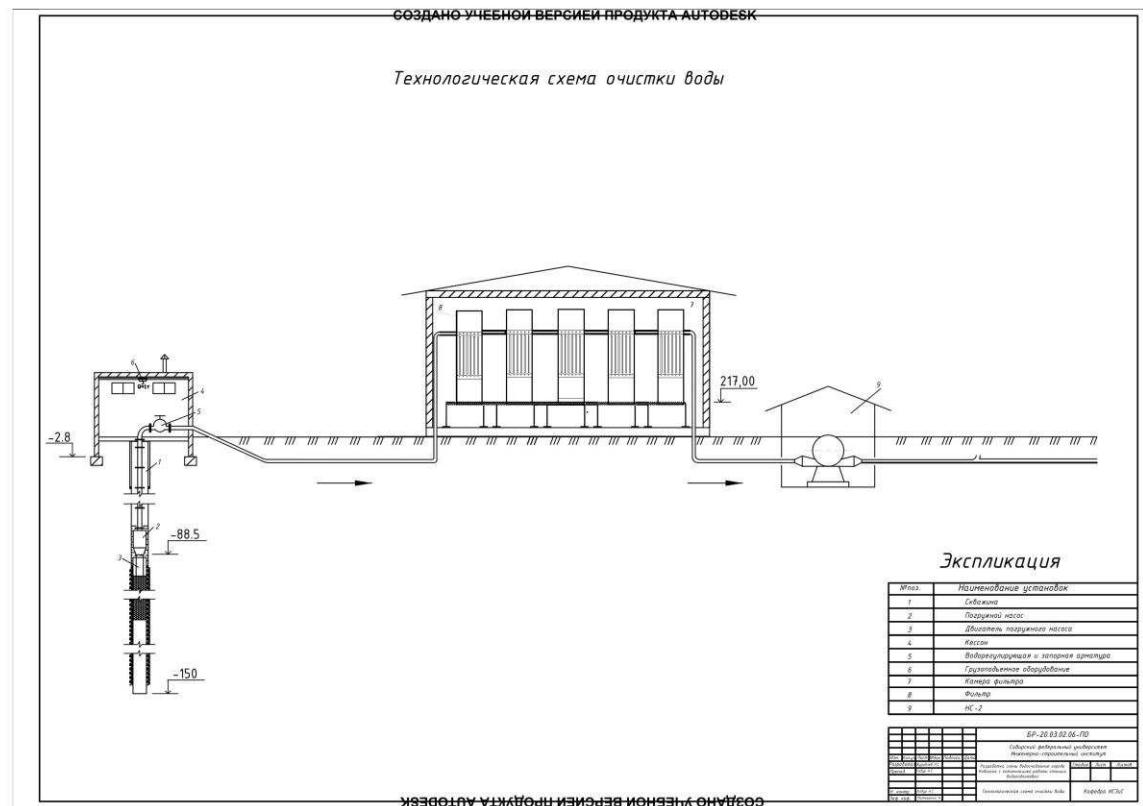


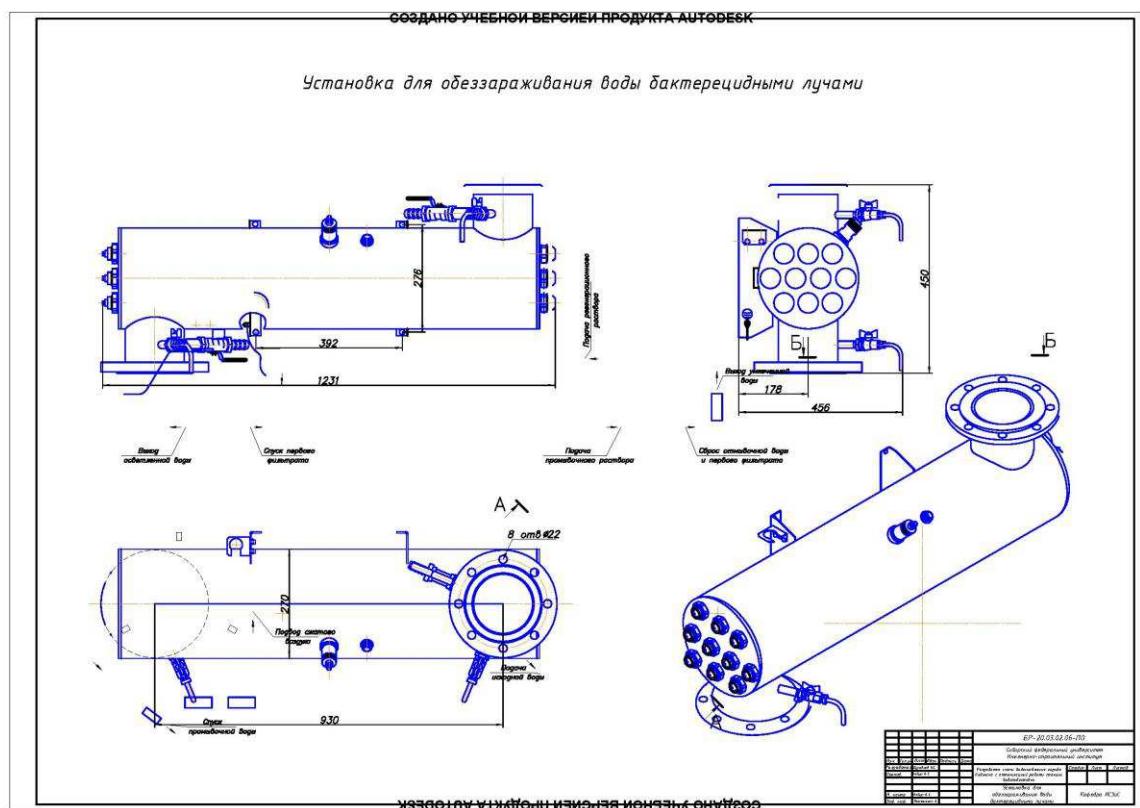
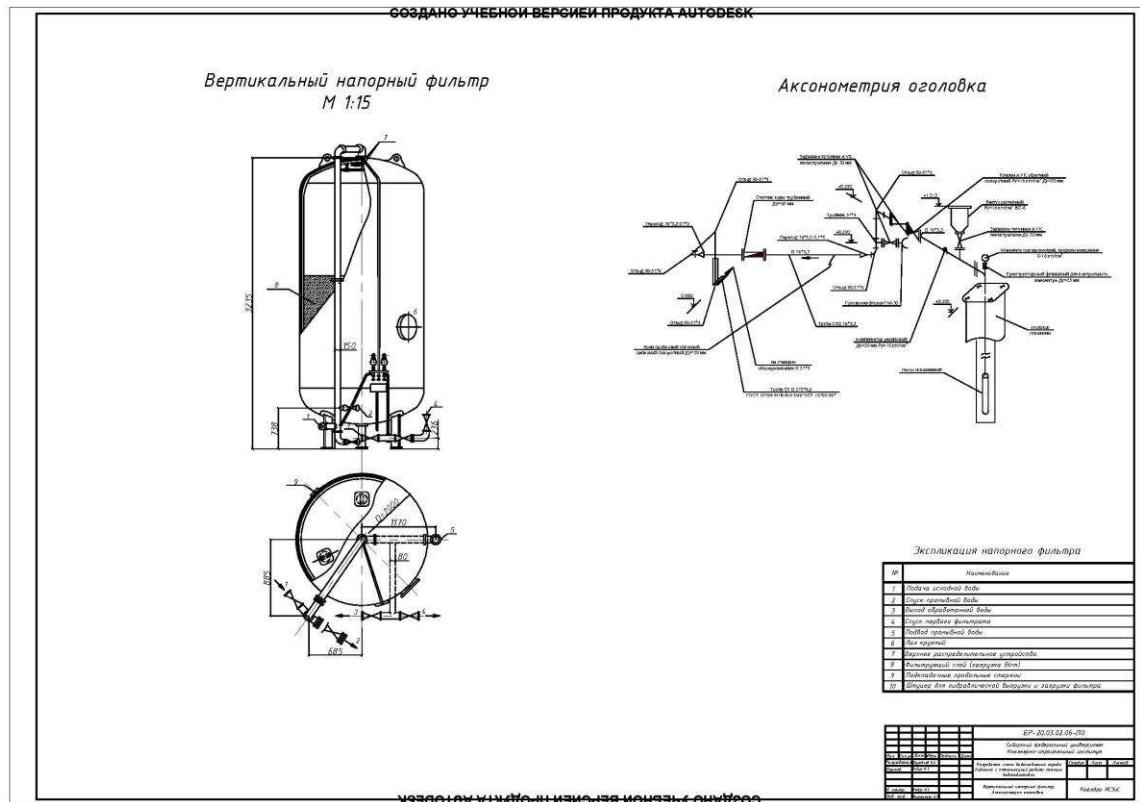
Рисунок 3.1 - Гистограмма эффективности очистки исследуемыми сорбентами до норм предъявляемым к питьевому водоснабжению

Исходя из представленных данных можно сделать вывод о экономической целесообразности применения в качестве сорбционной загрузки пеносиликат и рекомендовать его в качестве надежной высокоэффективной загрузки, а также ресурсосберегающей экологизированной технологией очистки с использованием сорбентов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

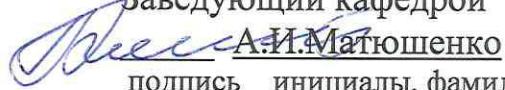
1. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения/ООО «РОСЭКОСТРОЙ», АО «НИЦ Строительство». – М.: Минстрой РФ, 2012. – 139 с.
2. СП 30.13330.2016 Внутренний водопровод и канализация зданий/ ООО «СантехНИИпроект», ООО «СанТехПроект», ООО «Группа компаний Элита», 2016. – 169 с.
3. Таблицы для гидравлического расчета: Стальных, чугунных, асбестоцементных, пластмассовых и стеклянных водопроводных труб. Изд. 5-е./Ф.А. Шевелев, – М.: Книга по требованию, 2013. –14 с.
4. Очистка питьевой и технической воды/ В.Ф. Кожинов. – М.: ООО «Бастет», 2011. – 304 с.
5. ГН 2.1.5.1315–03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» / – М.: Минздрав России, 2017. – 173 с.
6. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. контроль качества/ Главный государственный санитарный врач РФ, 2018 – 145 с.
7. Охрана труда при эксплуатации систем водоснабжения и канализации / В.И. Брежнев, В.М. Трескунов. – М.: ООО «Берег», - 2011. – 288 с.
8. Экономические расчеты в курсовой работе и экономической части дипломных проектов: Учеб. пособие для строит. вузов / Ю.П. Панибратов. – М.: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2011. – 96 с.
9. Водоснабжение. Технико-экономические расчеты. / Под ред. Г.М. Басса.: «Азбука», 2010. – 152 с.
10. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: В 3-х т. – Т 2. Очистка и кондиционирование природных вод / Научно-методическое руководство и общая редакция докт. техн. наук, проф. Журбы М.Г. Вологда – Москва: ВоГТУ, 2014. – 324 с.





Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный
институт
Инженерных систем зданий и сооружений
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

подпись инициалы, фамилия
«30 » 06 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

20.03.02 Природообустройство и водопользование
20.03.02.06 Инженерные системы сельскохозяйственного водоснабжения, об-
воднения и водоотведения
Разработка схемы водоснабжения города Кодинска с оптимизацией работы
станций водоподготовки

Научный руководитель 
подпись, дата к.т.н., доцент А.С. Бабур
должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник 
подпись, дата Н.С. Журавлев
инициалы, фамилия

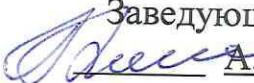
Красноярск 2020

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный
институт
Инженерных систем зданий и сооружений
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 А.И. Матюшенко
подпись инициалы, фамилия

« ____ » _____ 2020 г

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы
