

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

Архитектурно-строительный институт

(наименование института полностью)

Центр

Центр инженерного оборудования

(наименование)

08.04.01 Строительство

(код и наименование направления подготовки)

Водоснабжение и водоотведение городов и промышленных предприятий

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему

Модернизация и реконструкция элементов водозабора

с. Горнозаводск из р. Лопатинка

Обучающийся

А.А. Сунцов

(инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный

руководитель

Д-р техн. наук, профессор В.А. Селезнёв

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

Тольятти 2025

Оглавление

Введение.....	3
Глава 1 Анализ проблем водозаборов из поверхностных источников водоснабжения (на примере с. Горнозаводск).....	6
1.1 Сведения о гидрологической ситуации в створе существующего водозабора	6
1.2 Анализ показателей качества речной воды из р. Лопатинка	9
1.3 Существующие схемы водозаборных сооружений из поверхностных источников.....	11
Глава 2 Анализ существующих водозаборных сооружений из поверхностных источников в с. Горнозаводск.....	21
2.1 Существующая схема водоснабжения	21
2.2 Предлагаемые решения по модернизации и реконструкции водозаборных сооружений	23
2.3 Анализ технологических решений системы водоснабжения	24
Глава 3 Разработка мероприятий по модернизации и реконструкции вышедших из строя старых элементов водозабора. Расчёт новых элементов водозабора в с. Горнозаводск из р. Лопатинка	30
3.1 Расчёт горизонтальных отстойников с тонкослойными модулями.....	31
3.2 Расчёт камеры хлопьеобразования со слоем взвешенного осадка в горизонтальный отстойник с тонкослойными модулями	43
3.3 Расчёт оборудования для приготовления и дозирования реагентов	47
3.4 Склад реагентов.....	56
3.5 Резервуары чистой воды	58
3.6 Емкость накопления осадка. Насосная станция перекачки отстаиваемых промывных вод.....	64
Заключение	67
Список используемой литературы и используемых источников.....	69

Введение

Водозабор в данном населённом пункте был введён в эксплуатацию в 1965 г. Конструктивно водозабор представляет собой установленный в реку ряжевый оголовок размером 2,0 x 2,5 x 1,0 м, заполненный и отсыпанный со всех сторон мелким камнем и гравием. Вода из реки через ряжевый оголовок по самотечному водоводу $D=250$ мм длиной 17,0 м поступает в установленный на берегу бетонный водозаборный колодец диаметром 2,0 м, глубиной 7,5 м.

Согласно проектным решениям, вода из водоприёмного колодца насосами I подъёма подавалась в горизонтальный отстойник размером 36,0 x 7,0 x 2,0 м для предварительного отстаивания и осаждения взвешенных частиц. Далее вода самотёком поступала на 4 медленных фильтра ёмкостью по 500 м³ каждый, загруженные песком и мелким гравием. После прохождения через фильтры чистая вода самотеком поступала в резервуар чистой воды ёмкостью 500 м³. Из резервуара чистой воды насосами II подъёма вода по напорному водоводу $D=200$ мм протяженностью 2,6 км подавалась в накопительную ёмкость (напорный контррезервуар) объёмом 500 м³, установленную на возвышенном участке с относительными отметками 45-50 м. из напорного контррезервуара вода самотеком по системе разводящих водопроводов подавалась в село.

В настоящее время горизонтальный отстойник и медленные фильтры выведены из эксплуатации.

Основная задача данного исследования – модернизация и реконструкция данного водозабора до требований, установленных современными нормами.

Объект исследования: системы водозабора из поверхностных источников водоснабжения.

Предмет исследования: система водозабора с. Горнозаводск из р. Лопатинка. Её модернизация и реконструкция.

Цель исследования: модернизация и реконструкция отдельных элементов водозабора с. Горнозаводск из р. Лопатинка.

Задачи:

- анализ существующей системы водоснабжения;
- выявление проблем, препятствующих водозабору по всем нормативным требованиям;
- принятие решения по модернизации и реконструкции отдельных элементов системы водозабора.

Теоретико-методологической основой работы является комплексный подход.

Методы исследования:

- теоретические (анализ научно-методической литературы);
- практические методы (наблюдение, измерение, сравнение).

Научная новизна исследования заключается в разработке проекта по реконструкции и модернизации элементов водозабора из р. Лопатинка в с. Горнозаводск.

Практическая значимость исследования работы заключается в том, что существующие водозаборные элементы из р. Лопатинка в с. Горнозаводск пришли в негодность и не могут обеспечить достаточный поток питьевой воды водопотребителям в виде жителей данного села. После проведения необходимого спектра работ по реконструкции и модернизации вышедшего из строя водозабора будут обеспечены надлежащее качество питьевой воды, соответствующее современным нормам, а также, необходимое количество воды, поступающей потребителям.

Личное участие автора в сборе необходимых материалов для лабораторных исследований качества речной воды для комплексного анализа и принятия грамотного технического решения по вопросу модернизации и реконструкции элементов существующего водозабора, и обеспечению водопотребителей качественной питьевой водой в необходимом количестве.

Апробация результатов работы. Результаты докладывались на конференции и опубликовались в сборнике:

Конференция: XVI Международная научно-практическая конференция «Повышение управленческого, экономического, социального и инновационно-технического потенциала предприятий, отраслей и народно-хозяйственных комплексов», Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2025.

Статья: «направление модернизации существующих водозаборных сооружений». В сборнике статей XVI международной научно-практической конференции «Повышение управленческого, экономического, социального и инновационно-технического потенциала предприятий, отраслей и народно-хозяйственных комплексов» / финансовый университет при правительстве РФ (пензенский филиал) и [др]; под ред. Бондаренко В.В. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2025.

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, 3 глав, заключения, содержит 12 рисунков, 8 таблиц, список используемой литературы (37 источника). Основной текст работы изложен на 72 страницах.

Глава 1 Анализ проблем водозаборов из поверхностных источников водоснабжения (на примере с. Горнозаводск)

1.1 Сведения о гидрологической ситуации в створе существующего водозабора

Источником централизованной системы хозяйственно-питьевого водоснабжения приняты поверхностные воды р. Лопатинка. Село Горнозаводск расположено на юго-западном побережье острова Сахалин, в 141 км к юго-западу от г. Южно-Сахалинск, 18 км к югу от районного центра. До 1946 называлось Найхоро. с 1947 по 2004 – город районного подчинения. Участок водозабора находится в приустьевой части бассейна реки Лопатинка, которая впадает в Татарский пролив Охотского моря. «Относится участок водозабора, как и вся территория Сахалина, к зоне избыточного увлажнения. Для него характерны два сезона с максимальным стоком – весеннее половодье и дождевые паводки, и два сезона с минимальным стоком – летняя и зимняя межень» [1]. Главной водной артерией района водозабора является река Лопатинка. «За исток реки Лопатинка принята река Водораздельная. Река берёт начало в пределах западных отрогов Южно-Камышового хребта у г. Граничная (575,3 м), впадает в Татарский пролив Японского моря. Бассейн реки неправильной формы – широкий от истока до среднего течения, а далее сужается до устья. Вытянут с востока на запад. Вначале река протекает с севера на юг, затем поворачивает на запад. Преобладающее направление течения с востока на запад. «Общая площадь водосбора 264 км², общая длина 56,0 км. Имеются 5 озер на водосборе, общей площадью 0,04 км². Реку Лопатинка можно отнести к низкогорному холмогорно-равнинному типу. Это водотоки, берущие начало в низкогорьях, пересекающие холмогорья, а в низовьях текущие по равнинам. По своему характеру они похожи на низкогорно-холмогорные реки (берут начало в низкогорьях, затем пересекают холмогорья» [1]. «Их падение изменяется от 350 м до 850 м (низкогорье),

средний уклон от 2,5 до 11 м/км. Более значительные скорости течения воды, особенно в верховьях (на перекатах до 2,5 м/с). В верховьях долины узкие (10-20 м) с крутыми склонами (до 250), террасы отсутствуют, русло очень каменистое и неровное, слабоизвилистое. В холмогорьях уклоны русел уменьшаются (4-6 м/км), снижаются скорости течения (на перекатах до 1,2 м/с), значительно шире становятся террасы, русло становится сильноизвилистым, однако меандры отсутствуют), но средний уклон их несколько меньше и изменяется в зависимости от длины равнинного участка. С его увеличением величина уклона снижается. В среднем и нижнем течении чаще встречаются меандры» [1].

«Основные притоки реки: Водораздельная, Отрожная, Камышовая, Угрюмка, Соседка, Долинная, Ольховая, Грязная, Крошка, Сестра, Ласковая, Обходная, Майоров, Перевальная, Ясунинка, Ватутинка, Окружная, Верховская, Кабанья, Встречная, Гарь, Камышинка, ручьи Придорожный и Морозовский. Ширина русла реки изменяется от 3-5 м в верхнем течении, до 20-25 м в нижнем течении и 30-40 м в приустьевой части. Глубина реки от 0,2-0,3 м в верхнем течении, до 0,8-1,3 м в нижнем течении и 1,5-1,8 м в приустьевой части. Скорость течения реки от 0,7-0,9 м/с в верхнем течении до 0,3-0,5 м/с в нижнем течении» [1].

«Ширина днища долины (I надпойменной террасы) в нижнем течении в районе с. Ватутино составляет 500-750 м, в приустьевой части в районе с. Горнозаводска до 1000-1200 м. Русло врезано в I надпойменную террасу до 1,5-2,0 м. Русловые отложения представлены разнородным песком, галькой и гравием. Долина реки корытообразной формы, шириной по верху более 0,5-0,9 км, по дну до 20,0-30,0 м. Склоны в основном крутые, заросшие кустарником. Русло реки слабоизвилистое, неразветвленное шириной от 22,0 м до 32,0 м. Берега крутые, высотой 1,5-1,8 м. Дно илистое, глубиной от 0,2 до 1,5 м. Скорости течения в межень составляют 0,2 м/с. Уклон реки в среднем составляет 1,050/00» [36]. «Речная сеть хорошо развита. Коэффициент густоты речной сети исследуемого района обычно имеет значение в пределах 1,7-2,0

км/км². Лесистость водосборов 50-60% и более. Водотоки по протяженности небольшие и относятся к типу горных водотоков. В пределах сопок реки текут в узких долинах с крутыми склонами и имеют быстрое течение. Водные объекты исследуемой территории относятся к смешанному типу питания с преобладанием талых вод. Основной фазой водного режима является весеннее половодье, продолжительность которого колеблется в пределах 45-80 дней. Доля весеннего стока составляет 50-60% от годового значения. Гидрограф половодья четко выражен. В течение всего летне-осеннего периода наблюдаются дождевые паводки, обусловленные выходом тропических циклонов (тайфунов). Максимальные расходы и уровни воды дождевых паводков значительно превышают максимальные величины весеннего половодья. В период весеннего половодья и дождевых паводков наблюдаются выходы воды на пойму» [1, 23].

Подъем уровня воды на малых водотоках составляет 0,5-1,5 м., на более крупных реках – 2,0-4,0 м. Ледовый режим рек формируется в условиях суровой и многоснежной зимы. Осенние ледовые явления появляются в ноябре. Первыми образуются забереги и шуга, затем ледостав. Для рек Сахалина характерно образование снежуры, появляющейся осенью после обильных снегопадов и метелей. На малых реках толщина льда невелика. Вскрытие рек происходит обычно в результате подъема уровня воды при поступлении талых вод. На рассматриваемых ручьях весеннего ледохода не наблюдается. Лёд тает на месте. Формирование стока наносов связано с условиями эрозии на водосборах и в руслах рек. Эрозионные процессы проявляются в таких формах, как плоскостной смыв, речная эрозия, сползание почвенно-грунтовых масс и выдувание. У большинства рек мутность воды в течение 330 дней не превышает 50 мг/л. В период половодий и паводков мутность увеличивается иногда до 3000 мг/л и активизируются русловые процессы – свободное меандрирование. «Согласно схематической карте средней мутности рек Сахалина среднегодовая мутность рек рассматриваемого района 100-200 мг/л. Содержание взвешенных веществ

изменяется значительно, и зависит, в основном, от условий эрозии бассейна и смыва твердых продуктов эрозии и денудации талыми и дождевыми водами в русло рек и ручьёв. По химическому составу поверхностные воды источника водоснабжения пресные с минерализацией 15-÷62 мг/дм³, нейтральные (рН от 7,0 до 7,2)» [1].

1.2 Анализ показателей качества речной воды из р. Лопатинка

По органолептическим показателям, содержанию макрокомпонентов и микроэлементов соответствуют требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» [22] не по всем показателям, в т. ч. по содержанию железа, которое превышает ПДК от 2 до 8 раз, окисляемости, взвешенным веществам, цветности и мутности. Показатели качества воды источника водоснабжения приняты в соответствии с протоколами лабораторных исследований воды, выполненными аккредитованным испытательным лабораторным центром ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Сахалинской области» и МУП «Невельские коммунальные сети» (свидетельство о состоянии измерений № 971 от 04.07.2018 г.). Показатели качества воды источника водоснабжения, принятые для проектирования в соответствии с предоставленными результатами химических анализов, за период 2015 ÷ 2018 г.г. и требования к качеству очищенной воды приведены в таблице 1.

Качество природной воды и нормативные требования по микробиологическим показателям приведены в таблице 2.

Для доведения природной воды до питьевого качества в соответствии с требованиями СанПиН 2.1.4.1074-01 [22] необходимо предусмотреть комплекс очистных сооружений водоподготовки I-ой ступени.

Таблица 1 – Показатели качества воды источника водоснабжения

Наименование загрязняющих веществ	Ед. изм.	Показатели качества воды в источнике	«Требования к качеству питьевой воды, не более ¹
Взвешенные вещества	мг/дм ³	1264,6	1,5
Мутность	мг/дм ³	397,6	2,6
Цветность	град.	968,3	20,0
Запах 20°/60°	балл	6,0/0,0	
Водородный показатель	ед. рН	7,00 ±0,2	6,0÷9,0
Общая минерализация (сухой остаток)	мг/дм ³	61,5±12,3	1000
Железо общее	мг/дм ³	2,26±0,34	0,3
Сульфаты	мг/дм ³	36,7	500
Хлориды	мг/дм ³	41±6,15	350
ХПК	мгО ₂ / дм ³	19,6	3,5
БПК ₅	мгО ₂ / дм ³	11,1	2,0
Аммиак, ионы аммония	мг/дм ³	2,4	2,0
Нитраты	мг/дм ³	1,6	45,0
Нитриты	мг/дм ³	1,8	3,0» [20]
Примечание 1 В соответствии с требованиями СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».			

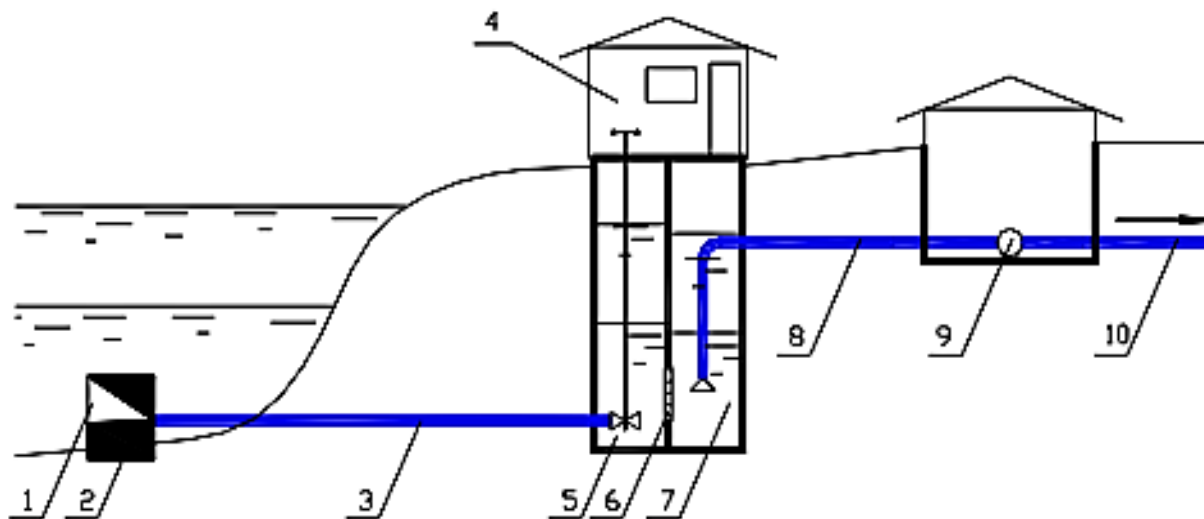
Качество природной воды и нормативные требования по микробиологическим показателям приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Качество природной воды и нормативные требования по микробиологическим показателям

«Наименование показателей	Единицы измерения	Показатели качества воды в источнике	Требования к качеству питьевой воды, не более*
Термотолерантные колоформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	Не обнаружены	Отсутствие
Общие колоформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	До 96	Отсутствие» [8]

1.3 Существующие схемы водозаборных сооружений из поверхностных источников

Русловой водозабор раздельного типа с самотечными линиями (рисунок 1).



1 – водоприемные отверстия с сороудерживающими решетками; 2 – оголовок; 3 – самотечная линия; 4 – береговой колодец; 5 – водоприемная камера берегового колодца; 6 – сетка; 7 – всасывающая камера берегового колодца; 8 – всасывающие трубопроводы насосов первого подъема; 9 – насосы первого подъема; 10 – водоводы первого подъема

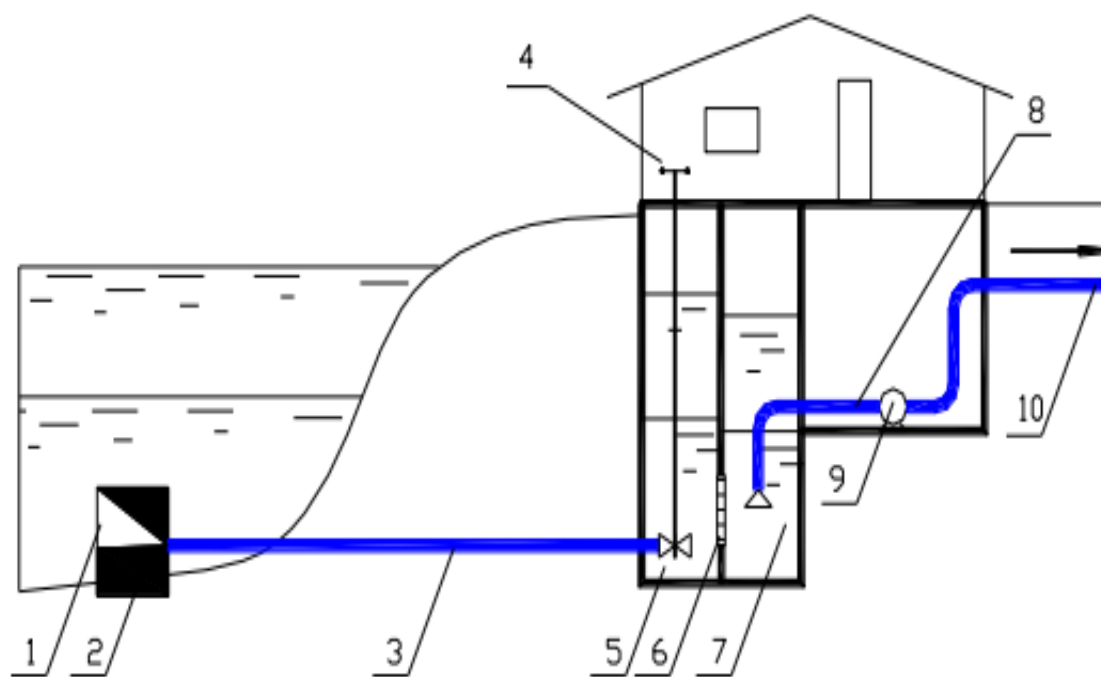
Рисунок 1 – Русловой водозабор раздельного типа с самотечными линиями

«Область применения: пологий берег, сложенный слабыми породами, отсутствие у берега достаточных глубин, широкая пойма. Насосная станция первого подъема отнесена на возвышенное место для предотвращения затопления» [32, 33].

«Раздельные речные водозаборные сооружения руслового типа используются если пологий берег, сложенный слабыми породами, отсутствие у берега достаточных глубин, широкая пойма. Насосная станция первого подъема отнесена на возвышенное место для предотвращения затопления. Особенностью конструкции является размещение насосной станции в отдельном сооружении и как следствие увеличение длины всасывающих трубопроводов насосной станции первого подъема. При проектировании русловых водозаборов раздельного типа необходимо решить следующие задачи:

- определить расчетную производительность одной секции водозабора;
- выполнить расчет водоприемника (оголовка);
- рассчитать самотечную линию;
- определить размеры сороудерживающей сетки;
- рассчитать размеры берегового колодца;
- подсчитать потери напора при движении воды от источника до всасывающего отделения берегового колодца;
- вычислить отметки уровней воды в береговом колодце при различных режимах функционирования водозабора;
- рассчитать диаметры всасывающих труб и потери напора в них;
- определить параметры насосов первого подъема;
- подобрать насосное оборудование.

Русловой водозабор совмещенного типа с самотечными линиями (рисунок 2).



1 – водоприемные отверстия с сороудерживающими решетками; 2 – оголовок; 3 – самотечная линия; 4 – береговой колодец; 5 – водоприемная камера берегового колодца; 6 – сетка; 7 – всасывающая камера берегового колодца; 8 – всасывающие трубопроводы насосов первого подъема; 9 – насосы первого подъема; 10 – водоводы первого подъема.

Рисунок 2 – Русловой водозабор совмещенного типа с самотечными линиями

В водозаборных сооружениях раздельного типа насосная станция первого подъема расположена в отдельном сооружении, отнесенном от берегового колодца иногда на значительное расстояние, что обуславливает значимые потери напора по длине во всасывающих трубопроводах» [5, 35].

Русловой водозабор совмещенного типа с самотечными линиями: «Область применения: пологий берег, сложенный слабыми породами, отсутствие у берега достаточных глубин, широкая пойма, хорошо изученные гидрологические характеристики водотока.

В состав руслового водозабора входят: оголовки, самотечные линии и береговой колодец. Выбор месторасположения водоприемника существенно влияет на инвестиции при строительстве так, как чем дальше отнесен водоприемник в русло реки, тем длиннее самотечная или сифонная линия, а это существенно удорожает строительство, поэтому стремятся расположить водоприемник в таком месте, при котором длина самотечной линии будет минимальна. Верх оголовка должен размещаться ниже кромки льда на расстоянии не менее чем 0,2 м, а низ входных отверстий должен быть выше дна водоема не менее чем на 0,5 м» [4, 15].

«Для правильного выбора места расположения водоприемника необходимо выполнить расчет высоты решетки которой перекрывается входное отверстие.

Решетки обычно представляют собой металлическую раму, сваренную из угловой стали или швеллера с металлическими стержнями из полосовой или круглой стали.

Для борьбы с обмерзанием решеток применяют покрытие стержней решеток гидрофобными материалами (каучуком, эбонитом, резиной) либо применяют обогрев ее элементов.

Размеры водоприемных отверстий следует определять по средней скорости втекания воды в отверстия (в свету) сороудерживающих решеток

Допустимая скорость втекания воды в водоприемные отверстия береговых незатопляемых водоприемников, без учета требований рыбозащиты, не должна превышать, м/с:

0,6 – для средних условий забора воды;

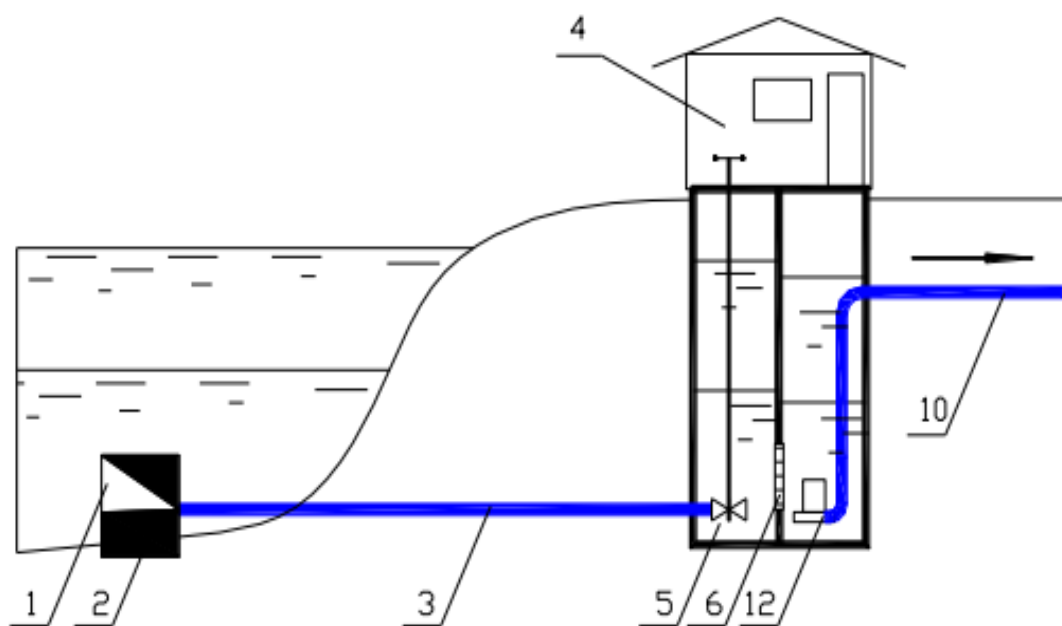
0,2 – для тяжелых условий забора воды.

Для затопленных водоприемников:

0,3 – для средних условий забора воды;

0,1 – для тяжелых условий забора воды» [2, 17].

Русловой водозабор с погружными насосами (рисунок 3):



1 – водоприемные отверстия с сороудерживающими решетками; 2 – оголовок;
3 – самотечная линия; 4 – береговой колодез; 5 – водоприемная камера берегового колодеза; 6 – сетка; 10 – водоводы первого подъема; 12 – погружные насосы первого подъема

Рисунок 3 – Русловой водозабор с погружными насосами

«Область применения: пологий берег, сложенный слабыми породами, отсутствие у берега достаточных глубин, широкая пойма. Не требует строительства здания насосной станции первого подъема.

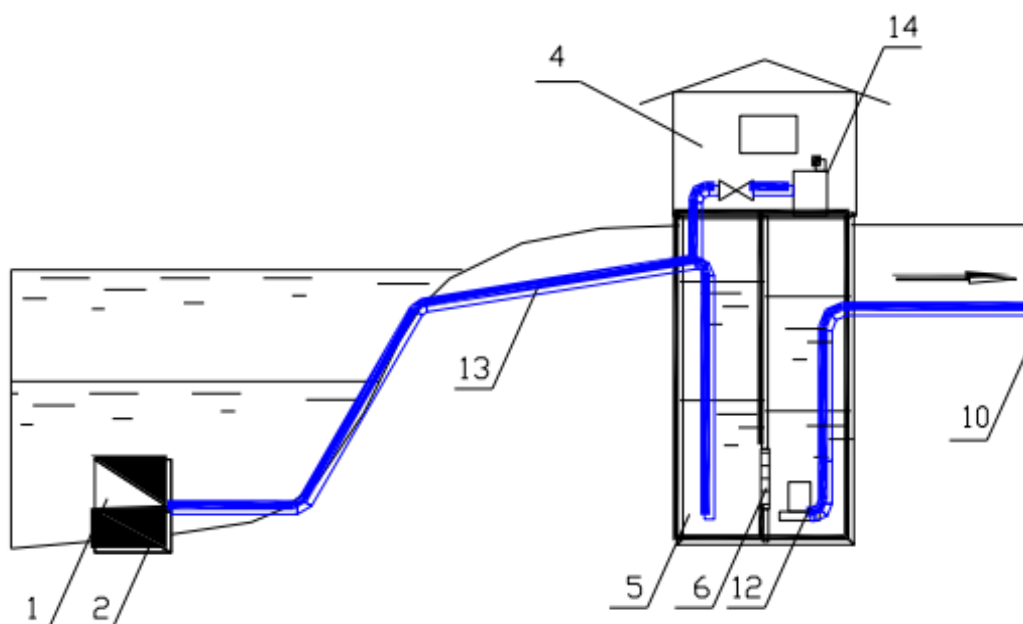
При проектировании русловых водозаборов с мокрой установкой насосов необходимо решить следующие задачи:

– определить расчетную производительность одной секции водозабора;

- выполнить расчет водоприемника (оголовка);
- рассчитать самотечную линию;
- определить размеры сороудерживающей сетки;
- рассчитать размеры берегового колодца;
- подсчитать потери напора при движении воды от источника до всасывающего отделения берегового колодца;
- вычислить отметки уровней воды в береговом колодце при различных режимах функционирования водозабора;
- определить параметры насосов первого подъема;
- подобрать насосное оборудование.

При проектировании всасывающего отделения берегового колодца с погружными насосами важнее всего заложить благоприятные гидравлические условия для работы агрегатов. Поток воды должен быть однородным и установившимся, без завихрений и вовлечения воздуха» [3, 18].

Русловой водозабор с сифонными линиями (рисунок 4).



- 1 – водоприемные отверстия с сороудерживающими решетками; 2 – оголовок;
 4 – береговой колодец; 5 – водоприемная камера берегового колодца; 6 – сетка;
 10 – водоводы первого подъема; 12 – погружные насосы первого подъема; 13 – сифонные линии; 14 – вакуумные насосы для «зарядки» сифона

Рисунок 4 – Русловой водозабор с сифонными линиями

«Область применения: пологий берег, сложенный слабыми породами, отсутствие у берега достаточных глубин, широкая высокозатопляемая пойма, тяжелые условия прокладки самотечных линий.

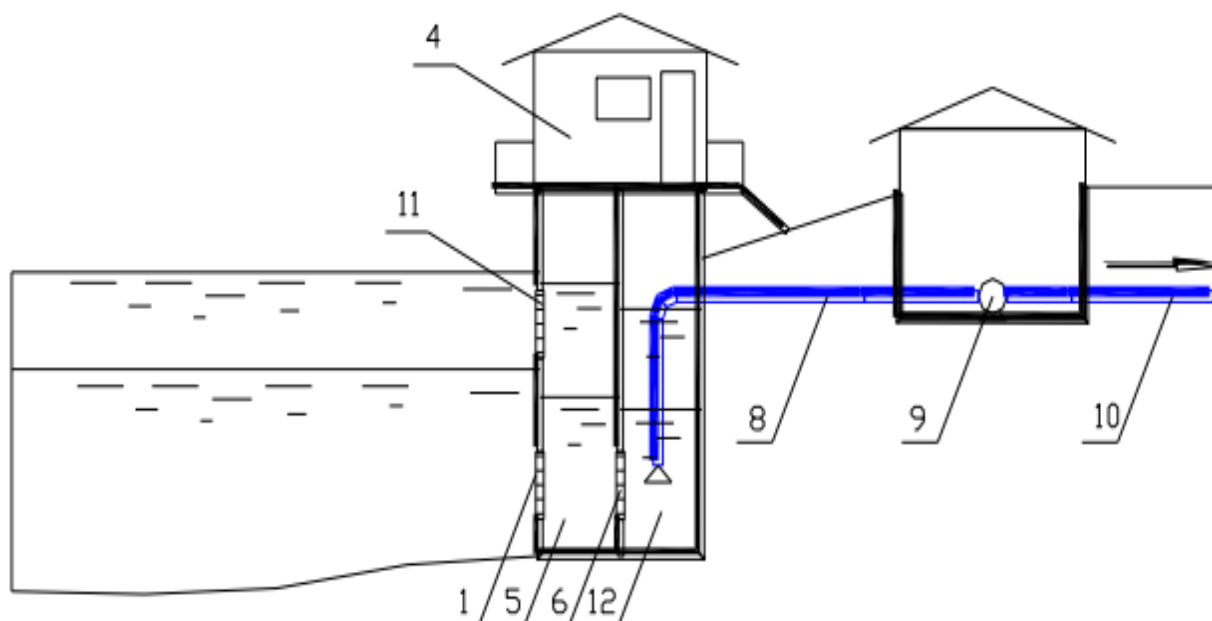
Сифонные водоводы допускается применять в водозаборах II и III категории. Применение сифонных водоводов в водозаборах I категории должно быть обосновано (пологий берег, сложенный слабыми породами, отсутствие у берега достаточных глубин, широкая высокозатопляемая пойма, тяжелые условия прокладки самотечных линий).

При проектировании русловых водозаборов с сифонными линиями необходимо решить следующие задачи:

- определить расчетную производительность одной секции водозабора;
- выполнить расчет водоприемника (оголовка);
- рассчитать сифонную линию;
- определить размеры сороудерживающей сетки;
- рассчитать размеры берегового колодца;
- подсчитать потери напора при движении воды от источника до всасывающего отделения берегового колодца;
- вычислить отметки уровней воды в береговом колодце при различных режимах функционирования водозабора;
- определить параметры насосов первого подъема;
- подобрать насосное оборудование» [7, 19].

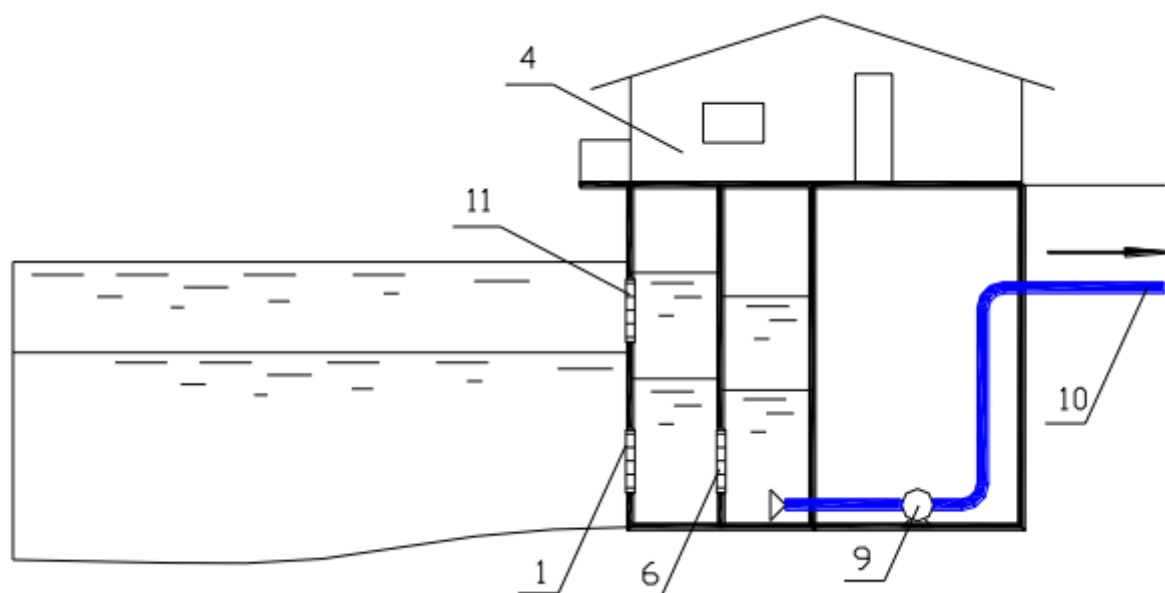
Береговой водозабор раздельного типа (рисунок 5). Область применения: высокий крутой берег, наличие достаточных глубин у берега, амплитуда колебания уровней воды до 10 м, небольшая производительность, насосы с высотой всасывания более 3-4 м.

Береговой водозабор совмещенного типа с заглубленной насосной станцией первого подъема. (рисунок 6). «Область применения: достаточная глубина у берега, небольшая амплитуда колебания уровней воды, насосы с высотой всасывания менее 3-4 м.



1 – водоприемные отверстия с сороудерживающими решетками; 4 – береговой колодец;
 5 – водоприемная камера берегового колодца; 6 – сетка; 8 – всасывающие трубопроводы
 насосов первого подъема; 9 – насосы первого подъема; 10 – водоводы первого подъема;
 11 – верхние водоприемные отверстия; 12 – погружные насосы первого подъема.

Рисунок 5 – Береговой водозабор раздельного типа



1 – водоприемные отверстия с сороудерживающими решетками; 4 – береговой колодец;
 6 – сетка; 9 – насосы первого подъема; 10 – водоводы первого подъема; 11 – верхние
 водоприемные отверстия.

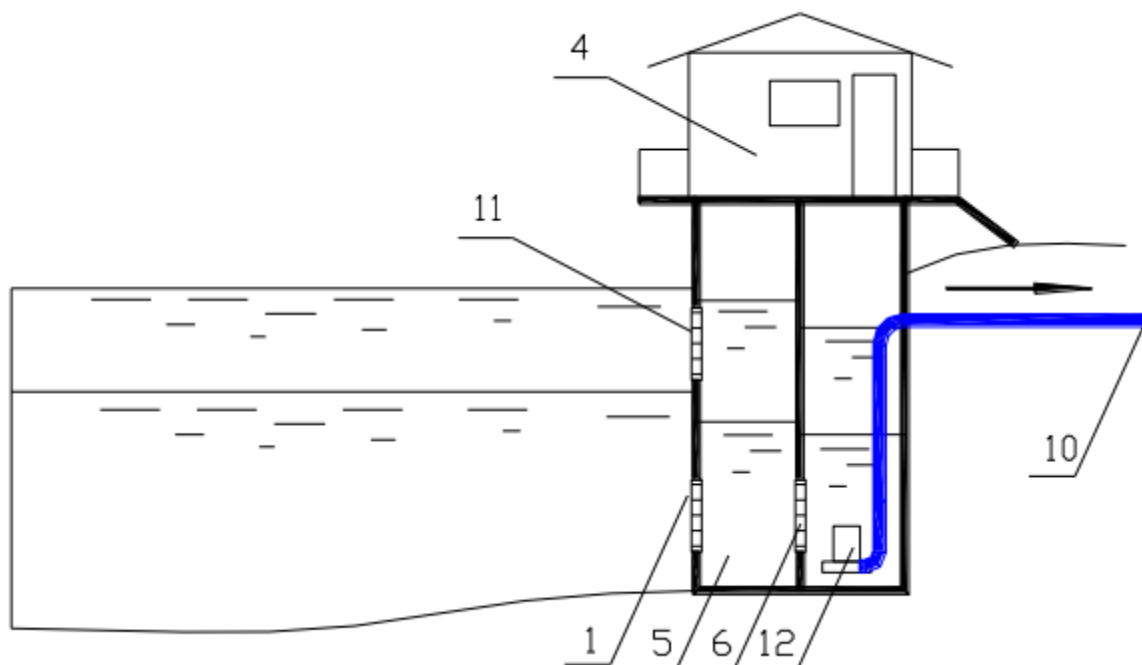
Рисунок 6 – Береговой водозабор совмещенного типа с заглубленной
 насосной станцией первого подъема

При проектировании берегового водозабора совмещенного типа необходимо решить следующие задачи:

- определить расчетную производительность одной секции водозабора;
- выполнить расчет водоприемного отверстия;
- определить размеры сороудерживающей сетки;
- рассчитать размеры берегового колодца;
- вычислить отметки уровней воды в береговом колодце при различных режимах функционирования водозабора;
- определить параметры насосов первого подъема;
- подобрать насосное оборудование.

Решение аналогично расчетам русловых водозаборов совмещенного типа за исключением расчета оголовка и самотечных линий, поскольку, водоприемное отверстие, перекрытое решеткой, расположено непосредственно в стене берегового колодца» [9].

Береговой водозабор с погружными насосами (рисунок 7).



- 1 – водоприемные отверстия с сороудерживающими решетками; 4 – береговой колодец; 5 – водоприемная камера берегового колодца; 6 – сетка; 10 – водоводы первого подъема; 11 – верхние водоприемные отверстия; 12 – погружные насосы первого подъема.

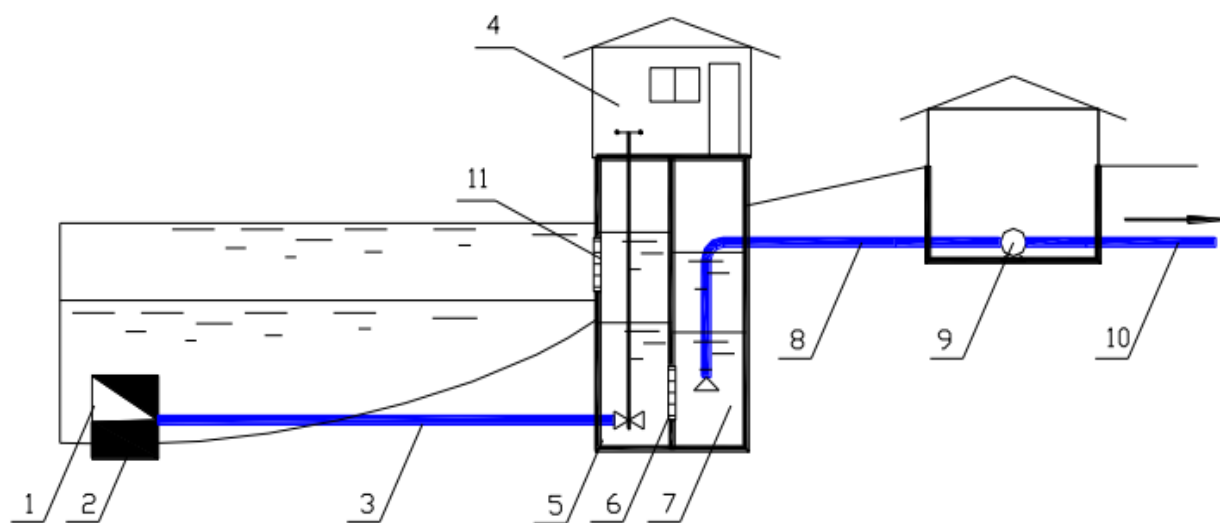
Рисунок 7 – Береговой водозабор с погружными насосами

«Область применения: высокий крутой берег, наличие достаточных глубин у берега, амплитуда колебания уровней воды любая.

При проектировании берегового водозабора совмещенного типа необходимо решить следующие задачи:

- определить расчетную производительность одной секции водозабора;
- выполнить расчет водоприемного отверстия;
- определить размеры сороудерживающей сетки;
- рассчитать размеры берегового колодца;
- вычислить отметки уровней воды в береговом колодце при различных режимах функционирования водозабора;
- определить параметры насосов первого подъема;
- подобрать насосное оборудование» [5].

Комбинированный водозабор с самотечными линиями и водоприемными отверстиями (рисунок 8).



1 – водоприемные отверстия с сороудерживающими решетками; 2 – оголовок; 3 – самотечная линия; 4 – береговой колодец; 5 – водоприемная камера берегового колодца; 6 – сетка; 7 – всасывающая камера берегового колодца; 8 – всасывающие трубопроводы насосов первого подъема; 9 – насосы первого подъема; 10 – водоводы первого подъема; 11 – верхние водоприемные отверстия.

Рисунок 8 – Комбинированный водозабор с самотечными линиями и водоприемными отверстиями

«Область применения: большая амплитуда колебания уровней воды, пологий берег, широкая пойма.

Комбинированный водозабор представляет комбинацию речного и берегового водозабора с самотечными линиями и водоприемными отверстиями в береговом колодце. Применяется при значительной амплитуде колебания уровней воды, пологом берегу, широкой пойме. При проектировании водозабора такого типа следует решить задачи, рассмотренные выше» [6, 16].

Выводы по первой главе:

В результате анализа исходных данных речной воды выявлены основные проблемы по её микробиологическому составу, которые, предстоит устранить путем модернизации и реконструкции очистных сооружений I и II ступени очистки.

Также были выявлены элементы существующий водозаборных сооружений, которые либо полностью, либо частично выведены из эксплуатации, что говорит о непригодности существующих сооружений водоподготовки для доведения до норм речной воды и дальней её подачи потребителям.

Глава 2 Анализ существующих водозаборных сооружений из поверхностных источников в с. Горнозаводск

2.1 Существующая схема водоснабжения

Основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения населения и промпредприятий с. Горнозаводск Невельского района Сахалинской области является р. Лопатинка. Поверхностный подрусловый водозабор на р. Лопатинка расположен в 2 км от восточной окраины с. Горнозаводск, выше по течению реки.

Село Горнозаводск находится на юго-западном побережье Татарского пролива о. сахалин и располагается в долине р. Лопатинки, которая разделяет село на две части.

Водозабор был построен и введен в эксплуатацию в 1965 г. Конструктивно водозабор представляет собой установленный в реку ряжевый оголовок размером 2,0х2,5х1,0 м, заполненный и отсыпанный со всех сторон мелким камнем и гравием. Вода из реки проходит ряжевый оголовок через самотечный водовод Ø250 мм длиной 17,0 м, поступает в установленный на берегу бетонный водозаборный колодец диаметром 2,0 м, глубиной 7,5 м.

«Согласно проектным решениям вода из водоприемного колодца насосами I-го подъема подавалась в горизонтальный отстойник размером 36,0х7,0х2,0 м для предварительного отстаивания и осаждения взвешенных частиц. Далее вода самотеком поступала на 4 медленных фильтра емкостью 500 м³ каждый, загруженный песком и мелким гравием. После прохождения через фильтры чистая вода самотеком поступала в резервуар чистой воды емкостью 500 м³. Из резервуара чистой воды насосами II-го подъема вода по напорному водоводу Ø200 мм протяженностью 2,6 км подавалась в накопительную емкость (напорный контррезервуар) объемом 500 м³, установленную на возвышенном участке с относительными отметками

45-50 м. Из напорного контррезервуара вода самотеком по системе разводящих водопроводов подавалась в село» [21].

В настоящее время горизонтальный отстойник и медленные фильтры выведены из эксплуатации.

В 2014 году было введено в эксплуатацию новое здание водоподготовки, производительностью очистных сооружений 63,00 м³/час, 1512 м³/сут.

«Исходная вода по трубопроводу Ø150 мм предварительно проходит через фильтр предварительной очистки Azurd Helix Automatic 206/6FX (200 мкм), на которых происходит удаление из исходной воды механических примесей крупной фракции до 200 мкм. Далее отфильтрованная от механических примесей исходная вода поступает на напорные фильтры, где происходит осветление воды. В исходную воду перед фильтрами предварительной очистки подаётся гипохлорит натрия через статический смеситель для интенсивного перемешивания исходной воды с реагентом. После фильтров предварительной очистки в исходную воду через второй статический смеситель вводится коагулянт» [26].

Расход гипохлорита натрия с концентрацией по активному хлору 7,0-8,0 г/л приготавливается с помощью электролизной установки САНЕР 5-400-3.

В качестве коагулянта применяется раствор Аква Аурата с концентрацией по Al₂O₃ 7,2%. Дозирование раствора коагулянта осуществляется пропорционально расходу обрабатываемой воды.

Ступень осветления состоит из восьми параллельно включенных фильтров 36x75 дюйма (Ø900 мм) загруженные фильтрующей средой «FILTER AG». Окисленная гипохлоритом натрия огранка, укрупненные механические примеси посредством коагулянта осаждаются в слоях фильтрующего материала и выводятся при промывке фильтра.

Очищенная вода поступает в резервуар чистой воды (РВЧ) и далее насосами II-го подъема подаётся в контррезервуар с последующим распределением по существующим водопроводам потребителям.

«Перед поступлением очищенной воды в РВЧ предусмотрено её обеззараживание гипохлоритом натрия.

В связи с высоким содержанием взвешенных веществ – 1264,6 мг/л, мутности 397,6 мг/л, высокой цветности 968,3 град. существующие водопроводные очистные не удовлетворяют по качеству очистки, в соответствии с, СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения» по данным показателям» [30].

2.2 Предлагаемые решения по модернизации и реконструкции водозаборных сооружений

В состав проектируемой системы водоочистки входят следующие здания и сооружения:

- водоприемный колодец с насосной станцией I-го подъема – реконструкция (забор речной воды из реки Лопатинка);
- водопроводные очистные сооружения I ступени очистки полезной производительностью 1670,00 м³/сут – проектируемые;
- водопроводные очистные сооружения II ступени очистки полезной производительностью 1670,00 м³/сут – существующие;
- резервуары чистой воды – проектируемые.

Проектными решениями предусматривается следующая схема водоснабжения населенного пункта.

«От основного водозабора поверхностных вод (водоприемный колодец на р. Лопатинка) природная вода подается насосной станцией 1-го подъема с постоянным расходом в проектируемое здание I ступени очистки. После I ступени очистки осветленная вода с постоянным расходом в напорном режиме подается на II ступень очистки. В качестве II ступени очистки приняты

существующие восемь параллельно включенных фильтров размером 36х72 дюйма (Ø 900 мм) загруженные фильтрующей средой «FILTER AG».

Очищенная вода подается под остаточным напором в проектируемые резервуары чистой воды (РЧВ) и далее насосами II подъема подается в контррезервуар с последующим распределением по существующим водопроводам потребителям.

Перед поступлением очищенной воды в РЧВ предусмотрено ее обеззараживание гипохлоритом натрия» [31].

В результате реализации настоящих проектных решений будет обеспечено:

- требуемая производительность водопроводных очистных сооружений в соответствии с объемом расчетной водопотребности населенного пункта;
- стабильное качество питьевой воды, подаваемой потребителям, в соответствии с требованиями СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

2.3 Анализ технологических решений системы водоснабжения

Технологическая схема водоподготовки предусматривает следующие стадии очистки:

I ступень очистки:

- дозирование реагентов;
- коагуляция и укрупнение коллоидных и взвешенных веществ воды в камере хлопьеобразования;
- осветление в горизонтальном отстойнике с тонкослойными модулями;

II ступень очистки:

- фильтрация на существующих напорных фильтрах фильтрующей загрузкой «FILTER AG»;
- обеззараживание.

«Исходная водная масса поступает на первичную насосную станцию, откуда она транспортируется в специализированное устройство для образования хлопьев, которое включено в состав горизонтального отстойника с модулями, выполненными по технологии тонкослойного осаждения. В ходе транспортировки воды в данное устройство осуществляют введение разнообразных химических реагентов: коагулянта, гипохлорита натрия, гидроксида натрия и флокулянта. Применение данных химических субстанций обусловлено необходимостью:

- повышения результативности процессов коагуляции и дезактивации водных ресурсов, а также поддержания санитарно-гигиенических норм в инфраструктурных объектах путём предварительного хлорирования поверхностных вод с использованием раствора гипохлорита натрия;
- поддержания коагуляционных реакций путём введения раствора коагулянта;
- ускорения коагуляционных процессов путём применения раствора флокулянта;
- обеспечения стабильности качества воды путём использования раствора гидроксида натрия» [34].

В процессе очистки воды, она первоначально проходит через специализированную камеру, предназначенную для экстракции взвешенных частиц. После этого, очищенная от взвесей вода направляется в горизонтально расположенный отстойник, который оборудован модулями, содержащими тонкие слои фильтрующего материала. Для эффективного сбора осветленной воды применяется система трубопроводов, расположенных горизонтально и оснащенных отверстиями для отвода воды, расположенными под уровнем воды в камере приема. Собранная в этой камере осветленная вода затем перекачивается с помощью промежуточных насосов на следующий этап очистки, после чего подается в напорные фильтры для дальнейшей фильтрации.

В процессе удаления осадков из отстойников применяется гидравлическая методика, основанная на использовании коллекторной системы

трубопроводов с перфорацией. Эта система обеспечивает эффективное удаление осадков в интервале времени от 20 до 30 минут.

Конструкция дна отстойника между трубами коллекторной системы осадка выполнена в призматической форме с углом наклона стенок в 45° .

«Для очистки фильтров, находящихся в эксплуатации, применяется метод промывки под давлением, при котором чистая вода подается в фильтры в направлении снизу вверх» [37].

Дезинфекция очищенной воды осуществляется путем обработки гипохлоритом натрия, который готовится в растворе на месте с применением электролизных установок.

Для мониторинга объемов воды, направляемой на очистку, а также количества отфильтрованной и используемой для промывки воды, на водоподготовительных станциях устанавливаются расходомеры.

Технологическая линия оборудована байпасными трубопроводами, что обеспечивает дополнительную безопасность в процессе эксплуатации.

Проектирование очистных систем предполагает разработку технологической схемы, направленной на достижение стандартизированного уровня очистки жидкости, соответствующего гигиеническим нормативам, установленным в санитарных правилах и нормах (СанПиН 2.1.4.1074-01), а именно «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды в централизованных системах водоснабжения», а также учитывая дополнительные требования, изложенные в СанПиН 2.1.4.2580-10. В ходе реализации разработанной методологии очистки подземных вод, гарантируется достижение соответствия очищенной воды нормативам, прописанным в Санитарно-эпидемиологических правилах и нормативам (СанПиН) 2.1.4.1074-01. Данная методика обеспечивает удаление патогенных микроорганизмов и радионуклидов, что способствует эпидемиологической безопасности водного ресурса. Кроме того, процесс очистки включает в себя устранение токсичных химических веществ, обеспечивая тем самым отсутствие вредных соединений в составе воды. Органолептические характеристики очищенной воды также

находятся на высоком уровне, что предполагает её соответствие требованиям по вкусу, запаху и цвету (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели качества воды источника водоснабжения

Наименование показателей	Единица измерения	ПДК по СанПиН 2.1.4.1074-01	Значение показателей в очищенной воде питьевого качества
Органолептические показатели			
Запах	балл	0	≤ 2
Привкус	балл	0	≤ 2
Цветность	градус	20,0	≤ 20
Мутность	мг/л	1,5	$\leq 1,5$
Обобщенные показатели			
Водородный показатель	ед. pH	6,0÷9,0	6,0÷8,0
Общая минерализация	мг/л	1000	≤ 1000
Жесткость	мг/л	7,0	$\leq 7,0$
Окисляемость перманганатная	мгО/л	5,0	$\leq 5,0$
Нефтепродукты (суммарно)	мг/л	0,1	$\leq 0,1$
Неорганические вещества			
Алюминий (AL)	мг/л	0,5	$\leq 0,5$
Железо (Fe/Fe ²⁺)	мг/л	0,3	$\leq 0,3$
Марганец (Mn)	мг/л	0,1	$\leq 0,1$
Сульфаты	мг/л	500	≤ 500
Хлориды	мг/л	350	≤ 350
Полифосфаты	мг/л	3,5	$\leq 3,5$
Хлор			
– остаточный свободный	мг/л	в пределах 0,3-0,5	$\leq 0,3$
– остаточный связанный	мг/л	в пределах 0,8-1,2	$\leq 0,9$
Аммиак, ионы аммоний	мг/л	2,0	$\leq 2,0$
Нитраты	мг/л	45,0	$\leq 45,0$
Нитриты	мг/л	3,0	$\leq 3,0$
БПК ₅	мг/л	2,0	$\leq 2,0$

В таблице 3 представлены специфические компоненты, для которых установлены максимально допустимые уровни содержания в продуктах. Для ингредиентов, не включенных в данный список, также определены максимально допустимые уровни (МДУ). В контексте эпидемиологической безопасности питьевой воды были определены нормативы, относящиеся к микробиологическим и паразитарным показателям. Эти стандарты зафиксированы в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели качества воды источника водоснабжения

Наименование показателей	Единицы измерения	Значение показателей
Термотолерантные колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	Отсутствие
Общие колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	Отсутствие
Общее микробное число	Число образующих колонии бактерий в 1 мл	Не более 50
Колифаги	Число бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 100 мл	Отсутствие
Споры сульфитредуцирующих клостридий	Число спор в 20 мл	Отсутствие
Цисты лямблий	Число цист в 50 л	Отсутствие

Предотвращение воздействия радиации на воду, предназначенную для потребления, осуществляется в рамках принятых нормативов. Эти стандарты устанавливают допустимые значения альфа- и бета-излучения, зафиксированные в 5 таблице.

Таблица 5 – Показатели качества воды источника водоснабжения

Наименование показателей	Единицы измерения	Значение показателей
Общая альфа-радиоактивность	Бк/л	0,1
Общая бета-радиоактивность	Бк/л	1,0

Выводы по второй главе:

В результате исследований и детального изучения существующих очистных сооружений, органолептических показателей воды было принято технологическое решение в виде следующих очистных сооружений, предусматривающих I и II ступень очистки:

I ступень очистки:

- дозирование реагентов;
- коагуляция и укрупнение коллоидных и взвешенных веществ воды в камере хлопьеобразования;
- осветление в горизонтальном отстойнике с тонкослойными модулями;

II ступень очистки:

- фильтрация на существующих напорных фильтрах фильтрующей загрузкой «FILTER AG»;
- обеззараживание.

Глава 3 Разработка мероприятий по модернизации и реконструкции вышедших из строя старых элементов водозабора. Расчёт новых элементов водозабора в с. Горнозаводск из р. Лопатинка

Предусмотренная проектными решениями технологическая схема очистки природной воды обеспечит качество очистки поверхностных вод до норм, предъявляемых к питьевой воде, согласно СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к питьевой воде централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества», с учётом требования СанПиН 2.1.4.2580-10.

Для обеспечения выполнения процессов в соответствии с принятой технологической схемой очистки природных вод к существующим очистным сооружениям проектом предусмотрена станция водоподготовки I ступени очистки.

«Станция водоподготовки I ступени очистки представляет собой наземное прямоугольное одноэтажное здание в плане, размером в осях 13,0х18,0 м и высотой в коньке – 4,72 м от отметки чистого пола.

Здание водоподготовки I ступени очистки планировочно поделено на 2 части, в одной из которых размещены помещения горизонтальных отстойников, в другой части размещены помещения производственного назначения, включающие в себя:

- подсобное помещение;
- помещение для дозирования реагентов;
- склад реагентов;
- химическая лаборатория;
- помещение хранения посуды и реактивов;
- электрощитовая;
- серверная;
- санузел» [29].

«Предусмотренная проектными решениями станция водоподготовки I ступени очистки обеспечивает реагентную обработку для:

- улучшения хода коагуляции и осветления воды, а также улучшения санитарного состояния сооружений предварительное хлорирования раствором гипохлорита натрия;
- обеспечения процесса коагуляции раствор коагулянта;
- интенсификации процесса коагуляции раствор флокулянта;
- стабилизации воды раствор гидроксида натрия (каустическая сода).
- осветление и обесцвечивание воды в горизонтальных отстойниках с тонкослойными модулями.

Далее осветленная вода поступает на II ступень очистки в существующее здание водоподготовки. В качестве второй ступени очистки используется существующие напорные фильтры. После очистки на напорных фильтрах вода обеззараживается гипохлоритом натрия и поступает под остаточным напором в проектируемые резервуары чистой воды.

В качестве первой ступени очистки для удаления из исходной воды взвешенных веществ, мутности и цветности приняты горизонтальные отстойники с тонкослойными модулями со встроенной камерой хлопьеобразования со слоем взвешенного осадка» [13].

3.1 Расчёт горизонтальных отстойников с тонкослойными модулями

Объем отстойника, оборудованного тонкослойными модулями, определяется исходя из площади занятой тонкослойными блоками, а также размерами, необходимыми для обеспечения заданных скоростей движения воды в различных зонах, согласно СП 31.13330.2012 п.9.53-9.55, а также размеров зон, необходимых для осаждения и уплотнения образовавшегося осадка [24].

Определение расхода воды, поступающей в горизонтальный отстойник.

Летний режим:

«Расход воды, поступающей на горизонтальный отстойник, определяют по формуле:

$$Q_{\text{го}} = Q_{\text{полезн.}} + Q_{\text{пр.ф.}} + Q_{\text{соб.}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{пр.ф.}}$ – расход на промывку фильтров II ступени очистки, м³/сут;

$Q_{\text{соб.}}$ – расход воды на собственные нужды горизонтального отстойника, м³/сут;

$$Q_{\text{соб.}} = k_p \cdot Q_{\text{ф}} \cdot \left(\frac{C_{\text{в}} - m}{\delta} \right), \quad (2)$$

где k_p – коэффициент разбавления осадка, равный 1,5;

$Q_{\text{ф}}$ – расход воды, поступающей на очистку и промывку фильтров II ступени очистки, м³/сут;

$$Q_{\text{ф}} = Q_{\text{полезн.}} + Q_{\text{пр.ф.}}, \quad (3)$$

$$Q_{\text{ф}} = 1670,00 + 22,50 = 1692,5 \text{ м}^3/\text{сут};$$

δ – средняя концентрация уплотненного осадка в зависимости от мутности воды и времени уплотнения, г/м³; принимается по таблице 12 СП 31.13330.2012, равная 140000 мг/л;

m – мутность воды, выходящей из отстойника, $m = 8 - 15$ г/м³;

$C_{\text{в}}$ – максимальная концентрация взвешенных веществ, поступающих в отстойник, г/м³, определяемой по формуле:

$$C_{\text{в}} = M + K_{\text{к}} \cdot D_{\text{к}} + 0,25 \cdot \text{Ц} + \text{И}, \quad (4)$$

где M – количество взвешенных веществ в очищаемой воде, г/м³;

$K_{\text{к}}$ – коэффициент, учитывающий количество нерастворимых веществ, вносимых коагулянтom и образующихся при его гидролизе, принимается для очищенного сернокислого алюминия 0,5;

D_k – расчётная доза безводного коагулянта, по данным моделирования равна 73,64 г/м³;

Ц – цветность исходной воды;

И – количество нерастворимых веществ, вносимых с гидроксидом натрия, г/м³; определяется по формуле:

$$\text{И} = (1 - 0,4) \cdot D_{\text{щ}}, \quad (5)$$

где $D_{\text{щ}}$ – доза подщелачивающего реагента, г/м³;

$$D_{\text{щ}} = K_{\text{щ}} \cdot (D_k / e_k - \text{Щ}_0 + 1), \quad (6)$$

где e_k – эквивалентная масса безводного коагулянта, г/г-экв, равная для $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$ – 29,1;

Щ_0 – минимальная щелочность обрабатываемой воды, г-экв/м³;

$K_{\text{щ}}$ – количество щелочи в мг/л, необходимое для подщелачивания воды, для каустической соды 40 г/м³» [24].

$$D_{\text{щ}} = 40 \cdot (73,64 / 29,1 - 0,49) + 1 = 82,62 \text{ г/м}^3,$$

$$C_v = 1264,60 + 0,5 \cdot 73,64 + 0,25 \cdot 968,3 + 0,6 \cdot 82,62 = 1593,07 \text{ г/м}^3,$$

$$Q_{\text{соб.}} = 1,5 \cdot 1692,5 \cdot ((1593,07 - 12) / 140000) = 28,67 \text{ м}^3/\text{сут},$$

$$Q_{\text{го}} = 1670,00 + 22,50 + 28,67 = 1721,17 \text{ м}^3/\text{сут},$$

$$Q_{\text{го}} = 71,71 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Зимний режим.

$$Q_{\text{го}} = Q_{\text{полезн.}} + Q_{\text{пр.ф.}} + Q_{\text{соб.}}, \quad (7)$$

где $Q_{\text{полезн.}} = 1239,08 \text{ м}^3/\text{сут}, 51,63 \text{ м}^3/\text{ч};$

$Q_{\text{пр.ф.}}$ – расход на промывку фильтров II ступени очистки, равная 20 м³/сут;

D_k – расчётная доза безводного коагулянта, по данным моделирования равна 21,75 г/м³.

$$D_{\text{щ}} = 40 \cdot (21,75/29,1 - 0,49) + 1 = 11,30 \text{ г/м}^3,$$

$$C_b = 169,3 + 0,5 \cdot 21,75 + 0,25 \cdot 84,5 + 0,6 \cdot 11,30 = 208,08 \text{ г/м}^3,$$

$$Q_{\text{соб.}} = 1,5 \cdot 1261,58 \cdot ((208,08 - 12)/15000) = 24,74 \text{ м}^3/\text{сут},$$

$$Q_{\text{го}} = 1239,08 + 22,50 + 24,74 = 1286,32 \text{ м}^3/\text{сут},$$

$$Q_{\text{го}} = 53,60 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Определение площади и размеров отстойника.

Расчёт отстойников производится с учётом годовых колебаний качества обрабатываемой воды, ориентируясь на 2 характерных периода:

- максимальной мутности при наибольшем расходе воды, соответствующем данному периоду (обычно летнему);
- минимальной мутности при минимальном зимнем расходе воды.

Для максимальной мутности $M = 1264,60 \text{ г/м}^3$ и максимальном расходе воды [10].

Согласно СП 31.13330.2012 п.9.50 при установке в зоне осаждения тонкослойных блоков площадь зоны осаждения определяется исходя из удельных нагрузок, отнесенных к площади зеркала воды, занятой тонкослойными блоками: для маломутных и цветных вод, обработанных коагулянтom, 3-3,5 м³/(ч·м²); для средней мутности 3,6-4,5 м³/(ч·м²); для мутных вод 4,6-5,5 м³/(ч·м²).

$$F = Q/v, \tag{8}$$

$$F = 71,71/4,7 = 15,26 \text{ м}^2,$$

Для минимальной мутности $M = 32,40 \text{ г/м}^3$ и минимальном расходе

$$F = 53,60/3,1 = 17,29 \text{ м}^2.$$

Расчётная площадь зоны осаждения должна соответствовать наибольшему значению и равна 17,29 м². Расчётная площадь одной секции отстойника занятой тонкослойными модулями составляет 8,66 м². Ширина одной секции принята 1,30 м, длина 6,80 м. площадь одной секции отстойника занятой тонкослойными модулями составляет 8,84 м², площадь отстойника без тонкослойных модулей составляет 3,26 м². Общая площадь 1-го горизонтального отстойника составляет 12,10 м².

К расчёту принимается противоточная схема работы горизонтального отстойника (осаждённый осадок стекает в направлении, противоположном движению очищаемой воды).

«Длина пластин тонкослойного модуля определена по формуле:

$$l_0 = K_2 \cdot H_0 \cdot \left[\frac{V_H \cdot K_1}{U_0 \cdot \beta \cdot K_{ar}} - 1 \right], \quad (9)$$

где l_0 – длина тонкослойного элемента, м;

K_1, K_2 – обобщенные расчётные коэффициенты;

H_0 – высота тонкослойного элемента, м, принят тонкослойный модуль сотового профиля СТП-50 ПП высотой 0,05 м;

V_H – удельная нагрузка, отнесенная к площади зеркала воды, занятой тонкослойными блоками и равная 4,7 м³/(ч·м²);

U_0 – расчётная скорость осаждения взвеси, м/ч, принята по таблице 11 СП 31.13330.2012 и составляет для мутных вод, обрабатываемых коагулянтом, с учётом применения флокулянтов 0,72 мм/м;

β – коэффициент, учитывающий стесненное осаждение взвеси под тонкослойными элементами;

K_{ar} – коэффициент агломерации, учитывающий влияние осадка, выделяющегося из тонкослойных элементов, на интенсификацию хлопьеобразования.

$$K_1 = \frac{1}{K_{\text{ст}} \cdot K_{\text{ои}} \cdot K_K}, \quad (10)$$

где $K_{\text{ст}}$ – коэффициент, учитывающий стеснение сечения потока в тонкослойном элементе сползающим осадком и равен 0,80;

$K_{\text{ои}}$ – коэффициент, учитывающий гидравлическое совершенство тонкослойного сооружения и степень его объемного использования – отношение фактического к расчётному времени пребывания воды и равный 0,70;

K_K – конструктивный коэффициент, равный отношению фактической открытой для движения воды площади тонкослойных элементов к общей площади зеркала воды отстойного сооружения и равный 0,75.

$$K_2 = \frac{\varphi \cdot K_{\phi} \cdot K_{\text{ст}}}{\sin \alpha \cdot \cos \alpha}, \quad (11)$$

где K_{ϕ} – коэффициент, учитывающий форму поперечного сечения тонкослойных элементов и равный 0,75;

φ – коэффициент, учитывающий влияние гидродинамических условий потока в тонкослойных элементах и равный 1,25;

α – угол наклона тонкослойных элементов к горизонту, град., и равный 60° [24].

$$K_1 = \frac{1}{0,80 \cdot 0,70 \cdot 0,75} = 2,38,$$

$$K_2 = \frac{1,25 \cdot 0,75 \cdot 0,80}{0,50 \cdot 0,866} = 1,73,$$

$$l_0 = 1,73 \cdot 0,05 \cdot \left[\frac{4,7 \cdot 2,38}{0,72 \cdot 1,30} - 1 \right] = 0,95 \text{ м.}$$

Принимаем длину тонкослойных модулей при удельной нагрузке 4,70 м³/(ч·м²) равной 1,0 м (рисунок 9).

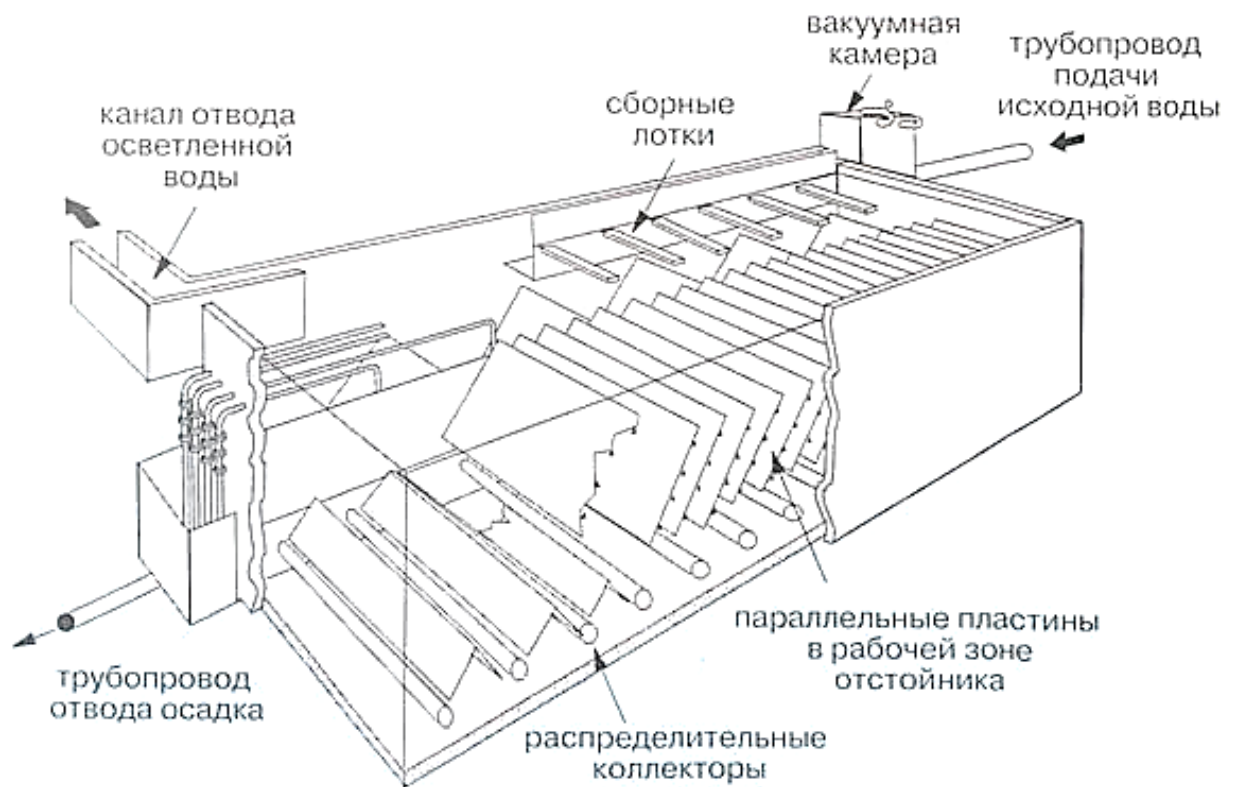


Рисунок 9 – Отстойник с тонкослойными модулями

Определение расхода осадка.

Объем зоны накопления и уплотнения осадка рассчитывается на летний и зимний режимы по формуле:

$$W_{\text{ос}} = \frac{24 \cdot q_{\text{ро}} \cdot (C_{\text{в}} - m) \cdot T}{N \cdot \delta}, \quad (12)$$

где T – продолжительность действия отстойника между чистками, сут;

принимается по п. 9.56 СП 31.13330.2012;

N – количество секций отстойника.

Летний режим:

$$W_{\text{ос}} = \frac{24 \cdot 71,71 \cdot (1593,07 - 12) \cdot 0,5}{2 \cdot 140000} = 4,86 \text{ м}^3.$$

Зимний режим:

$$W_{\text{ос}} = \frac{24 \cdot 53,60 \cdot (208,08 - 12) \cdot 0,5}{2 \cdot 15000} = 4,20 \text{ м}^3.$$

Объем зоны накопления на один горизонтальный отстойник принимается 4,86 м³.

Количество удаляемого осадка из одного отстойника определяется по формуле:

$$P_{\text{ос}} = \frac{24 \cdot q_{\text{ро}} \cdot (C_{\text{в}} - m) \cdot T}{N \cdot 10^6}, \quad (13)$$

$$P_{\text{ос}} = \frac{24 \cdot 71,71 \cdot (1593,07 - 12) \cdot 0,5}{2 \cdot 10^6} = 0,68 \text{ т (летний режим)},$$

$$P_{\text{ос}} = \frac{24 \cdot 53,60 \cdot (208,08 - 12) \cdot 0,5}{2 \cdot 10^6} = 0,07 \text{ т (зимний режим)}.$$

Расход воды, сбрасываемой из одного отстойника, определяем по формуле:

$$q_{\text{ос}} = k_p \cdot P_{\text{ос}} \cdot \frac{100}{P_m} \cdot \frac{1}{t_{\text{ос}}}, \quad (14)$$

где P_m – среднее содержание твёрдого вещества в осадке, равное 5%;

$t_{\text{ос}}$ – продолжительность удаления осадка, 30 мин.

$$q_{\text{ос}} = 1,5 \cdot 0,68 \cdot \frac{100}{5} \cdot \frac{1}{30} = 0,68 \frac{\text{м}^3}{\text{мин}} \text{ (летний режим)}.$$

$$q_{\text{ос}} = 1,5 \cdot 0,07 \cdot \frac{100}{5} \cdot \frac{1}{30} = 0,07 \frac{\text{м}^3}{\text{мин}} \text{ (зимний режим)}.$$

При зимнем режиме работы отстойников осадок из отстойника сбрасывается 1 раз в 5 суток.

Для удаления осадка и промывной воды из камеры осадка горизонтальных отстойников приняты погружные насосы NP 3085 МТ 3 производительностью 40,8 м³/час и напором 5,92. Осадок с промывной водой подаётся в ёмкость накопления осадка.

Определение высоты отстойника.

Высота отстойника определяется как сумма высот зоны осаждения осадка с тонкослойными модулями, зоны накопления и уплотнения осадка и величины строительной высоты над расчётным уровнем воды 0,3 м

Определяем высоту зоны накопления и уплотнения осадка по формуле:

$$h_{oc} = \frac{W_{oc}}{f_{1отс}} \quad (15)$$
$$h_{oc} = \frac{4,86}{12,10} = 0,40 \text{ м}$$

Тогда высота отстойника составит:

$$h_{го} = h_{cp} + h_{oc} + 0,3 \quad (16)$$
$$h_{го} = 2,30 + 0,41 + 0,30 = 3,00 \text{ м}$$

Расчёт трубопроводов для удаления осадка.

Для гидравлического удаления осадка предусматривается система перфорированных труб. Расход осадка с водой q_{oc} , сбрасываемой по перфорированной трубе, уложенной в каждом коридоре отстойника равен 0,34 м³/мин; 0,006 м³/с.

Диаметр дырчатых труб для удаления осадка определяется по формуле:

$$D_{тр} = \sqrt{4 \cdot q_{oc} / \pi \cdot v}, \text{ м} \quad (17)$$

где v – скорость движения осадка в конце труб, принимается равной 1,0 м/с

$$D_{\text{тр}} = \sqrt{4 \cdot 0,006 / 3,14 \cdot 1,0} = 0,087 \text{ м.}$$

Принимаем условный диаметр дырчатых труб – 100 мм.

Отверстия в трубах для удаления осадка располагают в шахматном порядке вниз под углом 45° к оси трубы. Отношения суммарной площади отверстий к площади сечения трубы принимаем 0,7 (k_n – коэффициент перфорации). Диаметр одного отверстия d_0 – 25 мм.

Площадь всех отверстий определяется по формуле:

$$\sum f_0 = k_n \cdot f_{\text{тр}}, \quad (18)$$

где $f_{\text{тр}}$ – площадь поперечного сечения трубопровода, м^2 , равная $0,0079 \text{ м}^2$

$$\sum f_0 = 0,70 \cdot 0,0079 = 0,00553 \text{ м}^2,$$

Количество отверстий на трубе определяется по формуле:

$$n_0 = \sum f_0 / f_0, \quad (19)$$

где f_0 – площадь отверстия диаметром 25 мм, равная $0,00049 \text{ м}^2$

$$n_0 = \frac{0,00553}{0,00049} = 14 \text{ отв.}$$

Шаг оси отверстий, которые размещаются в два ряда в шахматном порядке вниз под углом 45° к оси трубы – 500 мм.

При общем расходе осадка из каждого отстойника диаметра сборного трубопровода для удаления осадка составит:

$$D_{\text{тр}} = \sqrt{4 \cdot 0,012 / 3,14 \cdot 1,0} = 0,124 \text{ м.}$$

Принимаем условный диаметр сборного трубопровода – 125 мм.

Расчёт системы для сбора осветлённой воды.

Сбор осветлённой воды из отстойника предусмотрен системой горизонтально расположенных дырчатых труб с затопленными отверстиями, расположенных в секции с тонкослойными модулями.

Скорость движения осветлённой воды в конце труб принимается равной 0,6-0,8 м/с, в отверстиях – 1,0 м/с. Отверстия в трубах располагаются горизонтально по оси. Диаметр отверстий принимается 25 мм.

Расход осветлённой воды, проходящей через одну сборную трубу, определяется по формуле:

$$Q_{\text{о.в.}} = \frac{Q_{\text{го}}}{3600 \cdot N \cdot n}, \quad (20)$$

где $Q_{\text{го}}$ – расход воды, поступающей на очистку с учётом нужд станции и равен 71,61 м³/час;

N – количество отстойников – 2 шт;

n – количество отводящих труб в отстойнике – 2 шт.

$$Q_{\text{о.в.}} = \frac{71,71}{3600 \cdot 2 \cdot 2} \text{ м}^3/\text{м}.$$

Диаметр дырчатых труб для сбора осветлённой воды, определяется по формуле:

$$D_{\text{тр}} = \sqrt{4 \cdot q_{\text{ос}} / \pi \cdot v}, \text{ м} \quad (21)$$

где v – скорость движения осветлённой воды в конце труб, принимается равной 0,6 м/с

$$D_{\text{тр}} = \sqrt{4 \cdot 0,005 / 3,14 \cdot 0,6} = 0,103 \text{ м}.$$

Принимаем условный диаметр дырчатых труб – 100 мм

Необходимая площадь отверстий в трубах принимается по формуле:

$$\sum f_0 = Q_{\text{о.в.}} / v_{\text{отв}}, \quad (22)$$

где $v_{\text{отв}}$ – скорость движения воды в отверстиях, равная 1,0 м/с.

$$\sum f_0 = 0,005 / 1 = 0,005 \text{ м}^2.$$

Количество отверстий на трубе определяется по формуле:

$$n_0 = \frac{\sum f_0}{f_0} \quad (23)$$
$$n_0 = \frac{0,005}{0,00049} = 10 \text{ отв.}$$

Отверстия располагаются с шагом 270 мм.

Время пребывания воды в отстойнике. Время пребывания воды в отстойнике определяется по формуле:

$$t = \frac{W_1 \cdot N_0}{q_{\text{ч}}}, \quad (24)$$

где W_1 – рабочий объем одного отстойника, м³;

$$W_1 = W_{\text{з.о.}} + W_{\text{ос}},$$

где $W_{\text{з.о.}}$ – объем зоны осаждения одного отстойника, м³;

$W_{\text{ос}}$ – объем зоны накопления и уплотнения осадка одного отстойника, м³;

N_0 – количество рабочих отстойников;

$q_{\text{ч}}$ – часовой расход воды, поступающей на очистку;

$$t = \frac{((12,10 \cdot 2,30) + 4,68) \cdot 2}{71,71} = 0,91 \text{ч} = 55 \text{ мин.}$$

3.2 Расчёт камеры хлопьеобразования со слоем взвешенного осадка в горизонтальный отстойник с тонкослойными модулями

Определение площади и размеров одной камеры хлопьеобразования в плане.

Площадь камеры хлопьеобразования определяют по формуле:

$$f_{\text{кх1}} = Q_{\text{го}} / \vartheta_{\text{кх}} \cdot N_{\text{го}}, \quad (25)$$

где $Q_{\text{го}}$ – расход воды, поступающей на очистку с учётом нужд станции и равен $71,71 \text{ м}^3/\text{час}$, $0,02 \text{ м}^3/\text{с}$;

$\vartheta_{\text{кх}}$ – скорость восходящего потока воды в верхнем сечении встроенной камеры хлопьеобразования, 2 мм/с ;

$N_{\text{го}}$ – количество отстойников.

$$f_{\text{кх1}} = 0,02 / 0,0021 \cdot 2 = 4,82 \text{ м}^2.$$

При ширине камеры $b_{\text{кх}} = 1,3 \text{ м}$ равной ширине секции отстойника длина камеры составит:

$$L_{\text{кх}} = \frac{f_{\text{кх}}}{b_{\text{кх}}} \quad (26)$$

$$L_{\text{кх}} = \frac{4,82}{1,3} = 3,71 \text{ м}$$

Высоту камеры принимаем равной рабочей высоте отстойника с учётом потерь напора в камере хлопьеобразования:

$$h_{\text{кх}} = h_{\text{отс.}} + h_{\text{п.}} \quad (27)$$

$$h_{\text{кх}} = 2,70 + 0,10 = 2,80 \text{ м.}$$

Время пребывания воды в камере определяется по формуле:

$$t = h_{\text{кх}} / \vartheta_{\text{кх}} \cdot 60, \text{ мин} \quad (28)$$

$$t = 2,8 / 0,0021 \cdot 60 = 22 \text{ мин}$$

Определение диаметра трубопровода, подающего воду в камеру хлопьеобразования.

Расход воды, приходящийся на каждую камеру, составит:

$$q_{\text{кх}} = Q_{\text{го}} / 3,6 \cdot N_{\text{го}}, \text{ л/с} \quad (29)$$

$$q_{\text{кх}} = 71,71 / 3,6 \cdot 2 = 9,95 \text{ л/с}$$

Диаметр трубы, подающей воду в камеру хлопьеобразования, определяется по формуле:

$$D_{\text{тр}} = \sqrt{4 \cdot q_{\text{кх1}} / \pi \cdot \vartheta_{\text{вх}}}, \text{ м} \quad (30)$$

где $q_{\text{кх1}}$ – расход воды, поступающей на одну камеру хлопьеобразования $0,01 \text{ м}^3/\text{с}$;

$\vartheta_{\text{вх}}$ – скорость движения воды при входе в камеру хлопьеобразования, $0,50 \text{ м/с}$

$$D_{\text{тр}} = \sqrt{4 \cdot 0,01 / \pi \cdot 0,50} = 0,16 \text{ м.}$$

Принимаем стандартный диаметр трубы, подающей воду в камеру хлопьеобразования равным 150 мм.

Фактическая скорость воды на входе в камеру:

$$\vartheta_{\text{вх}}^{\phi} = \frac{4 \cdot q_{\text{кх1}}}{\pi \cdot D_{\text{тр}}^2}, \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (31)$$

$$v_{\text{вх}}^{\phi} = \frac{4 \cdot 0,01}{3,14 \cdot 0,15^2} = 0,57 \text{ м/с}$$

Что соответствует рекомендуемому пределу 0,50–0,60 м/с.

Распределение воды в камере хлопьеобразования предусмотрено перфорированными трубами с отверстиями, направленными вниз под углом 45°.

Расход воды по каждой распределительной трубе камеры хлопьеобразования составит:

$$q_p = \frac{q_{\text{кх}}}{2}, \text{ л/с} \quad (32)$$

$$q_p = \frac{9,95}{2} = 4,975 \text{ л/с} (0,004975 \text{ м}^3/\text{с})$$

Определяем диаметр перфорированной входной трубы при входящей скорости $v_{\text{кх}} = 0,50 \text{ м/с}$:

$$D_{\text{подв.1}} = \sqrt{4 \cdot 0,004975 / 3,14 \cdot 0,50} = 0,11 \text{ м.}$$

Принимаем стандартный диаметр перфорированной входной трубы равным 100 мм.

Фактическая скорость воды на входе:

$$v_{\text{вх}}^{\phi} = \frac{4 \cdot 0,004975}{3,14 \cdot 0,10^2} = 0,60 \text{ м/с}$$

Что соответствует рекомендуемому пределу 0,50–0,60 м/с.

Площадь отверстий в стенках перфорированной трубы составляет 35% площади её поперечного сечения, таким образом, суммарная площадь отверстий в перфорированной входной трубе составит:

$$\sum f_0 = \frac{\pi \cdot D_{\text{подв.1}}^2}{4} \cdot 0,35, \text{ м}^2 \quad (33)$$

$$\sum f_0 = \frac{3,14 \cdot 0,1^2}{4} \cdot 0,35 = 0,00275 \text{ м}^2$$

Принимаем диаметр одного отверстия $d_0 = 25$ мм, тогда площадь одного отверстия составит:

$$\sum f_0 = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4}, \text{ м}^2 \quad (34)$$

$$\sum f_0 = \frac{3,14 \cdot 0,025^2}{4} = 0,00049 \text{ м}^2$$

Общее количество отверстий в перфорированной входной трубе составит:

$$n_0 = \frac{\sum f_0}{f_0}, \text{ отв} \quad (35)$$

$$n_0 = \frac{0,00275}{0,00049} = 5,6 \approx 6 \text{ отв.}$$

Расстояние между отверстиями:

$$l_0 = \frac{l_{\text{кк}}}{n_0}, \text{ м} \quad (36)$$

$$l_0 = \frac{1,20}{6} = 0,20 \text{ м (200 мм).}$$

Исходя из вышеприведённых расчётов, габаритные размеры одной секции горизонтального отстойника, занятой тонкослойными модулями, составляют 1,30х6,80х3,00 м. Габаритные размеры одной секции ГО без установки тонкослойных модулей составляют 1,30х2,54х3,00 м. Габаритные размеры камеры хлопьеобразования составляют 1,30х3,71х3,00 м. Габаритные размеры общей камеры осветлённой воды составляют 2,90х1,00х1,90 м.

Габаритные размеры камер осадка в плане 2,90x1,00 м, высота переменная – 1,80 м; 4,00 м [14].

Общие габариты сооружения горизонтальных отстойников со встроенными камерами хлопьеобразования в плане, с учётом строительных конструкций, составляют 6,70×8,70 м.

3.3 Расчёт оборудования для приготовления и дозирования реагентов

Для интенсификации процесса осветления поступающих на очистку вод предусматривается дозирование реагентов. Необходимые дозы реагентов приняты на основании максимальных показателей анализа воды.

Расчёт дозы коагулянта и подщелачивающего реагента. В качестве коагулянта принимаем оксихлорид алюминия ($\text{Al}_2(\text{OH})_n\text{Cl}_{6-n}$) (Polyaluminium Chloride) PAC-02. Оксихлорид алюминия – коагулянт современного поколения. Благодаря инновационным технологиям, оксихлорид алюминия обладает свойствами, которые позволяют обеспечить высокое качество очистки воды от загрязнений ещё при первоначальной стадии очищения.

Свойства и преимущества оксихлорида алюминия:

- экономичность для очистки одинакового количества воды требуется в 4-5 раз меньше вещества, чем при очистке с использованием сернокислого алюминия;
- pH воды при использовании оксихлорида алюминия не меняется, что позволяет не применять дополнительные средства для нейтрализации;
- скорость очистки выше благодаря повышенной способности к полимеризации;
- оксихлорид алюминия можно использовать даже при низких температурах воды;
- низкое остаточное содержание алюминия, низкий уровень содержания солей, небольшая кислотность;

- обладает противомикробными и бактерицидными свойствами;
- удобство хранения: длительный срок использования позволяет хранить вещество практически неограниченное количество времени, оксихлорид алюминия не слеживается и не портится. Срок хранения вещества в растворе 6 месяцев, в твёрдом виде 3 года;
- простота в использовании: легко смешивается и разбавляется до необходимой концентрации.

Доза коагулянта определена на основе данных максимальных показателей воды.

Исходя из предоставленных анализов воды из реки «Лопатинка» за последние три года принимаем наибольшие значения цветности, мутности, взвешенных веществ. На основе этих данных получаем максимальные значения расхода реагентов. Данные сведены в таблицу 6.

Таблица 6 – Максимальные значения расхода реагентов

Наименование	Цветность	Мутность	Взвешенные вещества
Максимальное значение исходя из предоставленных анализов воды	968,30	397,00	1264,60
Значения в период проведения пробного моделирования	220	77	
Оптимальная концентрация в воде во время технологического моделирования осаждения (в пересчёте на товарный продукт)	NaOH – 66,5 г/м ³ Оксихлорид алюминия – 34,097 г/м ³		
Оптимальная доза оксихлорида алюминия по цветности	$D_K = 4 \cdot D_{\text{мод.}} \cdot \sqrt{C_{\text{макс}} / (4 \cdot \sqrt{C_{\text{мод.}}})}$ $D_K = 34,097 \cdot \sqrt{\frac{968,3}{\sqrt{220}}} = 34,097 \cdot \frac{31,12}{14,83} = 73,64 \text{ г/м}^3$		
Оптимальная доза подщелачивающего реагента – гидроксид натрия NaOH	$D_{\text{щ}} = K_{\text{щ}} \cdot \left(\frac{D_K}{E_K} - \text{Щ}_0 \right) + 1$ $D_{\text{щ}} = 40 \cdot \left(\frac{73,64}{29,1} - 0,49 \right) + 1 = 82,62 \text{ г/м}^3$		

Расчёт дозы флокулянта.

Согласно п.6.17 таблицы 17 СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Нарудные сети и сооружения» доза флокулянта ПАА при мутности свыше 100 мг/л до 500 мг/л принята 0,5 мг/л

Расчёт дозы гипохлорита натрия.

Для предварительного хлорирования и улучшения хода коагуляции, а также улучшения санитарного состояния сооружения, принимаем дозу хлора для первичного хлорирования $D_{Cl}^1 = 10 \text{ г/м}^3$. Реагент вводится за 1 минуту до воода коагулянта. Для получения необходимого количества гипохлорита натрия, проектом предусмотрена электролизная установка производительностью 16,70 кг/сут (в пересчёте на Cl).

Для обеззараживания (вторичное хлорирование) доза хлорирующего агента принимается $D_{Cl}^2 = 3 \text{ г/м}^3$. Вторичное хлорирование осуществляется от существующей установки приготовления гипохлорита «САНЕР 5-400-3», расположенной в существующем здании водоподготовки. Реагент вводится перед подачей в РЧВ. Необходимое количество гипохлорита натрия составляет 5,01 кг/сут (в пересчёте на Cl).

Основные технологические характеристики станции водоподготовки приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Основные технологические характеристики станции водоподготовки

Наименование показателей	Значение показателей
Производительность по очищенной воде, м ³ /сут	1670
Производительность с учётом собственных нужд ВОС, м ³ /сут	1721,17 ¹
Часовая производительность станции по очищенной воде м ³ /ч	до 69,55
Примечание 1 Количество промывных вод, расход реагентов зависит от качества исходной природной воды, определяется при пусконаладочных работах и уточняется в процессе эксплуатации. Приведённые характеристики рассчитаны для режима работы станции с максимальной технологической нагрузкой.	

Продолжение таблицы 7

Наименование показателей	Значение показателей
Часовая производительность станции с учётом собственных нужд м ³ /ч	71,71*
Количество возвратных вод, используемых повторно, м ³ /сут	40,80*
Напор на входе в станцию, бар	0,7
Напор на выходе из станции, не мене, бар	3,1
Расчётные (предварительные) дозы реагентов:	
– гипохлорита натрия, по активному хлору, в т.ч.:	
– на первичное хлорирование, мг/л	10,0
– на вторичное хлорирование, мг/л	3,0
– коагулянта (оксихлорид алюминий), мг/л	73,64*
– флокулянта (ПАА), мг/л	0,5*
– гидроксида натрия (NaOH), мг/л	82,62
Потребление соли поваренной (для приготовления гипохлорита натрия):	-
– в сутки, кг/сут.	111,11
– в месяц, т/мес	3,33
Потребление коагулянта:	
– в сутки, кг/сут	126,75*
– в месяц, т/мес	3,80*
Потребление флокулянта:	
– в сутки, кг/сут.	0,861*
– в месяц, т/мес	0,026*
Потребление гидроксида натрия (NaOH):	
– в сутки, кг/сут.	142,20*
– в месяц, т/мес	4,27*

Тип, дозы и расходы реагентов будут уточняться при выполнении технологической накладки и эксплуатации сооружений, по результатам контроля качества очищенной воды из условия обеспечения нормативных требований СанПиН 2.1.4.1074-01.

Блок дозирования окислителя.

В качестве окислителя используется низко-концентрированный (0,8%) раствор гипохлорита натрия, полученный электролизным способом из пищевой соли.

Производительность электролиза 16,7 кг/сут по активному хлору (без учёта обеззараживания дозой 3 мг/л перед РЧВ). Расход соли составляет 83,5 кг/сут. В проекте принята электролизная установка заводского изготовления

«САНЕР 5-400-3» (рисунок 10) производительностью 23 кг/сут по активному хлору. Дозирование гипохлорита натрия осуществляется с помощью насосов дозаторов в трубопровод подачи воды в камеру хлопьеобразования горизонтальных отстойников. Принятая доза для первичного хлорирования по активному хлору составляет 10 мг/л.



Рисунок 10 – Электролизная установка заводского изготовления
«САНЕР 5-400-3»

Подбор насоса дозатора.

Часовой расход реагента составляет 0,717 л/ч.

При концентрации активного хлора 8 мг/л насос-дозатор должен подавать $0,717:8=90$ л/ч рабочего раствора гипохлорита натрия, получаемого на электролизной установке «САНЕР 5-400-3». К установке принят дозирующий насос марки Etatron D-BA 135/10; 400/3/50; 0,25 кВт; (до 135 л/ч, 10 бар) (рисунок 11).



Рисунок 11 – Дозирующий насос марки Etatron D-BA 135/10

Дозирование гипохлорита натрия для обеззараживания перед РЧВ осуществляется в существующем здании водоподготовки в трубопровод очищенной воды. Доза гипохлорита натрия для обеззараживания очищенной воды принята 3 мг/л. Производительность существующей электролизной установки обеспечивает приготовление гипохлорита натрия по активному хлору 5,01 кг/сут. Расход соли составляет 25,05 кг/сут. Дозирование гипохлорита натрия осуществляется с помощью насоса дозатора в трубопровод очищенной воды [11].

Блок приготовления и дозирования коагулянта

Для осветления воды в неё дозируется раствор коагулянта. Дозирование раствора коагулянта осуществляется в трубопровод подачи воды в камеру хлопьеобразования.

Коагулянт – оксихлорид алюминия хранят на складе в сухом виде. По мере необходимости его загружают в реакгентные баки, где его разбавляют до концентрации 20% и дозируют в обрабатываемую воду. Исходя из того, что максимальный суточный расход коагулянта – оксихлорид алюминия, составляет 126,75 кг/сут. Определяем объем растворных баков коагулянта, м³ исходя из времени заготовления 24 часов, 20% раствора.

$$W_{\text{раст}} = \frac{D_{\text{к}} \cdot Q \cdot T_{\text{р}}}{10000 \cdot b_{\text{р}} \cdot \gamma}, \text{ м}^3 \quad (37)$$

где $D_{\text{к}}$ – доза коагулянта;

Q – суточный расход воды, поступающий на очистку;

$T_{\text{р}}$ – время на которое создаётся запас рабочего раствора, сут;

$b_{\text{р}}$ – концентрация коагулянта в растворном баке;

γ – объемный вес коагулянта.

$$W_{\text{раст}} = \frac{73,64 \cdot 1721,17 \cdot 1}{10000 \cdot 20 \cdot 1,30} = 0,487 \text{ м}^3$$

Принимаем две ёмкости приготовления коагулянта по 500 л (1 рабочая, 1 резервная).

Подбор насоса дозатора.

Производительность насоса дозатора определяется по формуле:

$$Q_{\text{н}} = \frac{W_{\text{раст}}}{24 \cdot T_{\text{р}}}, \text{ л/ч} \quad (38)$$

$$Q_{\text{н}} = \frac{487}{24 \cdot 1} = 20,30 \text{ л/ч}$$

К установке приняты по два дозирующих насоса марки Etatron ВТ (до 20 л/ч, 5 бар) $N = 0,111$ кВт на каждую емкость.

Для перемешивания раствора коагулянта предусмотрен миксер Etatron AGR-V 90 $N=0,25$ kW, 80CM, н/ст, 3ф [11].

Блок приготовления и дозирования флокулянта.

Для интенсификации процесса осветления воды в неё дозируются раствор флокулянта. Дозирование раствора флокулянта осуществляется в трубопровод подачи воды перед входом в камеру хлопьеобразования. В качестве флокулянта предусмотрен полиакриламид – ПАА. Флокулянт хранят на складе в сухом виде.

По мере необходимости его загружают в реакгентные баки, где его разбавляют до концентрации 0,2% и дозируют в обрабатываемую воду. Исходя из того, что максимальный суточный расход флокулянта – ПАА, составляет 0,861 кг/сут. Определяем объем растворных баков флокулянта, м³ исходя из времени заготовления 12 часов, 0,2% раствора.

$$W_{\text{раст}} = \frac{D_{\text{ПАА}} \cdot Q \cdot T_p}{10000 \cdot b_p \cdot \gamma}, \text{ м}^3 \quad (39)$$

где $D_{\text{ПАА}}$ – доза флокулянта;

Q – суточный расход воды, поступающий на очистку;

T_p – время на которое создаётся запас рабочего раствора, сут;

b_p – концентрация флокулянта в растворном баке;

γ – объемный вес флокулянта.

$$W_{\text{раст}} = \frac{0,5 \cdot 1721,17 \cdot 0,5}{10000 \cdot 0,2 \cdot 1,13} = 0,190 \text{ м}^3$$

Принимаем две емкости приготовления коагулянта по 200 л (1 рабочая, 1 резервная).

Подбор насоса дозатора.

Производительность насоса дозатора определяется по формуле:

$$Q_n = \frac{W_{\text{раст}}}{24 \cdot T_p}, \text{ л/ч} \quad (40)$$

$$Q_n = \frac{190}{24 \cdot 0,5} = 15,83 \text{ л/ч}$$

К установке приняты по два дозирующих насоса марки Etatron DLX (до 8 л/ч, 10 бар) N=0,058 кВт на каждую емкость.

Для перемешивания раствора коагулянта предусмотрен миксер Etatron AGR-V 90 N=0,25 kW, 80 CM, н/ст, 3ф [11].

Блок приготовления и дозирования гидроксида натрия (NaOH). Для стабилизации воды в неё дозируется раствор гидроксида натрия. Дозирование раствора подщелачивающего реагента осуществляется в трубопровод подачи воды в трубопровод подачи воды в камеру хлопьеобразования.

В качестве подщелачивающего реагента предусмотрен в гидроксид натрия – NaOH. Подщелачивающий реагент хранят на складе в сухом виде.

По мере необходимости его загружают в реагентные баки, где его разбавляют до концентрации 6% и дозируют в обрабатываемую воду. Исходя из того, что максимальный суточный расход гидроксида натрия – NaOH, составляет 142,20 кг/сут. Определяем объем растворных баков подщелачивающего реагента, м³, исходя из времени заготовления 12 часов, 6% раствора.

$$W_{\text{раст}} = \frac{D_{\text{NaOH}} \cdot Q \cdot T_p}{10000 \cdot b_p \cdot \gamma}, \text{ м}^3 \quad (41)$$

где D_{NaOH} – доза подщелачивающего реагента;

Q – суточный расход воды, поступающий на очистку;

T_p – время на которое создаётся запас рабочего раствора, сут;

b_p – концентрация подщелачивающего реагента в растворном баке;

γ – объемный вес подщелачивающего реагента.

$$W_{\text{раст}} = \frac{82,62 \cdot 1721,17 \cdot 0,5}{10000 \cdot 6 \cdot 1,0648} = 1,113 \text{ м}^3$$

Принимаем две емкости приготовления коагулянта по 1500 л (1 рабочая, 1 резервная.)

Подбор насоса дозатора.

Производительность насоса дозатора определяется по формуле:

$$Q_n = \frac{W_{\text{раст}}}{24 \cdot T_p}, \text{ л/ч} \quad (42)$$

$$Q_n = \frac{1113}{24 \cdot 0,5} = 92,75 \text{ л/ч}$$

К установке приняты по два дозирующих насоса марки Etatron DLX (до 50 л/ч, 3 бар) N=0,124 кВт на каждую емкость.

Для перемешивания раствора коагулянта предусмотрен миксер Etatron AGR-V N=0,55 kW, 100 CM, н/ст, 3ф [11].

3.4 Склад реагентов

На складе реагентов для здания водоподготовки I ступени предусматривается хранение запасов реагентов на 15 дней. Основной запас реагентов хранится в бывшей насосной станции II-го подъема. Основные расчётные данные по складу реагентов приведены в таблицу 8.

Таблица 8 – Основные расчётные данные по складу реагентов

Наименование показателей	Значение показателей
Требуемое количество реагентов для хранения по массе:	-
Для водоподготовки:	-
– соли поваренной (для приготовления гипохлорита натрия), т/0,5 мес	1,67
– коагулянта, т/0,5 мес	1,90
– флокулянта, т/0,5 мес	0,013
– гидроксида натрия, т/0,5 мес	2,13
Требуемое количество реагентов для хранения по объему:	-
Для водоподготовки:	-
– соли поваренной, насыпным весом 1,2 т/м ³ , м ³ /0,5 мес	1,39
– коагулянта, насыпным весом 1,25 т/м ³ , м ³ /0,5 мес	1,52
– флокулянта, насыпным весом 1,13 т/м ³ , м ³ /0,5 мес	0,011
– гидроксида натрия, насыпным весом 2,13 т/м ³ , м ³ /0,5 мес	1,00

Высота слоя складирования реагентов принята 1,5 м. площадь склада составит 3,00 м².

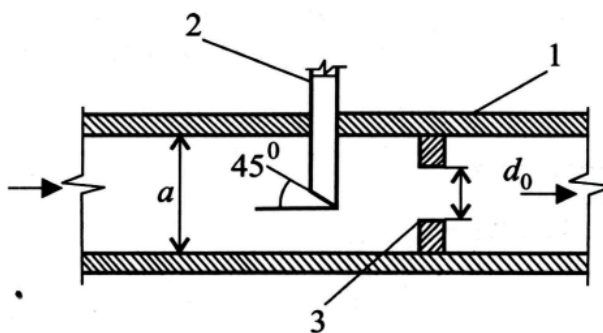
Предусмотренные к использованию реагенты не горючи, взрывопожаробезопасны, разрешены к транспортированию всеми видами транспорта.

«Хранение реагентов предусматривается в соответствии с требованиями инструкций производителей. Реагенты должны храниться на складе в исправной герметичной упаковке. После вскрытия упаковки продукт следует полностью использовать для приготовления раствора или же его остатки должны быть вновь герметично упакованы. Тара от реагентов – полипропиленовые мешки сбрасываются в сетчатый передвижной контейнер и транспортируется из здания для последующего вывоза в согласованные места» [25].

Расчёт шайбового смесителя.

«Смесители служат для равномерного распределения реагентов в массе обрабатываемой воды, что способствует более благоприятному протеканию последующих реакций, происходящих затем в камерах хлопьеобразования. Наиболее удобный способ ввода растворов реагентов в напорный трубопровод достигается при помощи шайбового смесителя, то есть вставки-диафрагмы, в которой создается пониженное давление. Шайбовый смеситель пригоден к установке на водоочистных станциях любой производительности.

Для обеспечения достаточного надежного смешения воды с реагентами соотношение диаметров проходного отверстия диафрагмы и трубопровода принято в таком образом, чтобы потери напора в диафрагме были 0,2-0,3 м» [12] (рисунок 12).



1 – трубопровод, 2 – трубка для ввода реагента, 3 – шайба

Рисунок 12 – Шайбовый смеситель

Исходя из этого производится расчёт смесителя, в результате которого определяется необходимый размер шайбы (диафрагмы).

Потери напора в шайбовом смесителе определяют по формуле:

$$h = \left(\frac{\omega}{\omega_0 \cdot \varepsilon} - 1 \right)^2 \cdot \frac{\vartheta^2}{2g}, \text{ м} \quad (43)$$

где h – потери напора в смесителе, $h = 0,2-0,3$ м;

ω – площадь живого сечения трубопровода Ø150 мм – 0,0176625 м²;

ω_0 – площадь отверстия шайбы, м²;

ϑ – скорость в трубопроводе – 1,13 м/с;

ε – коэффициент сжатия струи, который зависит от отношения ω_0/ω ;

$\omega_0/\omega = 0,5$, $\varepsilon = 0,642$;

Диаметр отверстия шайбы определяется по формуле:

$$d_0 = d \sqrt{\omega_0/\omega}, \text{ м} \quad (44)$$

$$d_0 = 0,15 \sqrt{0,5} = 0,106 \text{ м}$$

Потери напора в шайбе составят:

$$h = \left(\frac{0,0176625}{0,00882 \cdot 0,642} - 1 \right)^2 \cdot \frac{1,13^2}{2 \cdot 9,81} = 0,29 \text{ м}$$

Принимаем диаметр отверстия шайбы 106 мм, при этом потери в шайбе составят 0,29 м, что не противоречит условию $h = 0,2-0,3$ м.

3.5 Резервуары чистой воды

Системы водоснабжения для обеспечения водой потребителей оборудуются резервуарами чистой воды (РЧВ). РЧВ включает регулирующий,

пожарный, аварийный объемы воды, а также запас чистой воды для промывки станции водоподготовки [27].

Общий объем резервуара составит:

$$W_{\text{рез.}} = W_{\text{рег.}} + W_{\text{нпз.}} + W_{\text{ав.}}, \text{ м}^3 \quad (45)$$

где $W_{\text{рег.}}$ – регулирующий объем, м^3 ;

$W_{\text{нпз.}}$ – неприкосновенный пожарный запас, м^3 ;

$W_{\text{ав.}}$ – аварийный объем воды, м^3 .

Определение регулирующего объема воды

Расчёт регулирующего объема воды $W_{\text{рег.}}$, м^3 , определяется по формуле:

$$W_{\text{рег.}} = Q_{\text{сут. max}} \cdot [1 - K_{\text{н}} + (K_{\text{ч}} - 1) \cdot (K_{\text{н}}/K_{\text{ч}})^{K_{\text{ч}}/K_{\text{ч}}-1}], \text{ м}^3 \quad (46)$$

где $Q_{\text{сут. max}}$ – расход воды в сутки максимального водопотребления $1669,28 \text{ м}^3/\text{сут}$;

$K_{\text{н}}$ – отношение максимальной часовой подачи воды в регулируемую емкость при станциях водоподготовки, насосных станциях или в сети водопровода с регулирующей емкостью к среднему часовому расходу в сутки максимального водопотребления, равное 1;

$K_{\text{ч}}$ – коэффициент часовой неравномерности отбора воды из регуливаемой емкости или сети водопровода с регулирующей емкостью, определяемый как отношение максимального часового отбора ($q_{\text{max час}}$) к среднему часовому расходу в сутки максимального водопотребления ($Q_{\text{ср.ч.сут. max}}$), равный 1,96.

$$W_{\text{рег.}} = 1669,28 \cdot [1 - 1 + (1,96 - 1) \cdot \left(\frac{1}{1,96}\right)^{\frac{1,96}{1,96}-1}] = 405,52 \text{ м}^3$$

Определение неприкосновенного пожарного запаса воды. Расход воды на наружное пожаротушение в поселении при числе жителей до 5 тысяч человек составит 10 л/с.

Согласно письму №402 от 16.07.2019г. МУП «Горнозаводская Управляющая Компания» в с. Горнозаводск имеется существующее жилое здание строительным объемом 15817 м³. Согласно п.1 Приложения к таблице 1 СП 8.13330.2009 расход воды на наружное пожаротушение в поселении должен быть не менее расхода воды на пожаротушение зданий, указанных в таблице 2 СП 8.13330.2009.

Таким образом, расход воды на наружное пожаротушение в поселении составит 15 л/с.

В связи с отсутствием информации по зданиям производственного и складского назначения в с. Горнозаводск расход воды на внутреннее пожаротушение принимаются условно. Согласно СП 10.13130.2009 таблица 2, число пожарных стволов и минимальный расход воды на внутреннее пожаротушение в производственных и складских зданиях объемом от 0,5 тыс. м³ до 5,0 тыс. м³ включительно принимается категория зданий по пожарной опасности А, Б, В и степени огнестойкости зданий II составляет – 2 ствола (струи) по 2,5 л/с., итого – 5 л/с.

Диаметр spryska принимается 13 мм, высота компактной части струи – 12 м. Тогда расход воды на внутреннее пожаротушение с учетом таблицы 3 СП 10.13130.2009 составляет 5,2 л/с (2 струи по 2,6 л/с).

Расчётный расход воды на наружное и внутреннее пожаротушение в поселении составит 20,20 л/с.

Количество одновременных пожаров принимается по таблице 1 с учётом п. 11.3 СП 8.13330.2009 и составляет 1 пожар.

Продолжительность тушения пожара принимается 3 ч.

Расчёт объема воды на пожаротушение:

$$W_{\text{пож}} = N \cdot q \cdot T, \text{ м}^3 \quad (47)$$

где N – количество пожаров;

q – расход воды для тушения 1 пожара, л/с;

T – время тушения пожара, ч.

$$W_{\text{пож}} = 20,20 \cdot 3 \cdot 3,6 = 218,16 \text{ м}^3$$

Неприкосновенный пожарный запас воды $W_{\text{нпз}}$, м³ определяется в соответствии с п.9.3 с учётом примечания к п.9.4 СП 8.13330.2009, и составляет:

$$W_{\text{нпз}} = W_{\text{пож}} + 3 \cdot Q_{\text{х-п}} - 3 \cdot Q_{\text{нс.1}}, \text{ м}^3 \quad (48)$$

где $3 \cdot Q_{\text{х-п}}$ – максимальная сумма потребления воды за три часа подряд;

$3 \cdot Q_{\text{нс.1}}$ – подача насосной станции первого подъема в м³/ч в течение 3-х часов

$$Q_{\text{нс.1}} = q_{\text{ч.ср.}} = 69,55 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

$$Q_{\text{х-п}} = q_{\text{ч.макс}} = 136,62 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Согласно п.11.2 СП 8.13330.2009 в РВЧ предусматривается двойной объем воды на пожаротушение

$$W_{\text{нпз}} = 2 \cdot (218,16 + 3 \cdot 136,62 - 3 \cdot 69,55) = 838,74 \text{ м}^3.$$

Определение аварийного запаса воды.

Согласно п.16.3 СП 31.13330.2012 в системах водоснабжения при использовании одного источника водоснабжения (в том числе поверхностного при заборе воды в одном створе) в районах с сейсмичностью 9 баллов в ёмкостях следует предусматривать аварийный объем воды, обеспечивающий хозяйственно-питьевые нужды в размере 70% расчётного расхода не менее 12 часов.

Аварийный объем воды составит:

$$W_{\text{ав.}} = q_{\text{ч.ср.}} \cdot 12 \cdot 70\%, \text{ м}^3 \quad (49)$$

$$W_{\text{ав.}} = 69,55 \cdot 12 \cdot 0,7 = 584,22 \text{ м}^3.$$

Таким образом, объем резервуаров чистой воды равен:

$$W_{\text{рез}} = 405,52 + 838,74 + 584,22 = 1828,48 \text{ м}^3.$$

Проектом предусматривается два резервуара общим рабочим объемом 2000 м³.

Рабочий объем каждого резервуара составляет 936 м³.

Проектируемые резервуары чистой воды представляют собой полузаглубленные железобетонные емкости.

Габариты каждого резервуара составляют:

- 1) длина 18,00 м (18,00 внутренний размер);
- 2) ширина 9,00 м (9,00 внутренний размер);
- 3) рабочей высотой 5,80 м;
- 4) общей высотой (от днища до перекрытия) 6,50 м.
- 5) Полный объем одного резервуара составляет 1050 м³.

В резервуаре предусмотрены:

- 6) подводящий трубопровод;
- 7) отводящий трубопровод;
- 8) спускной и переливной трубопроводы;
- 9) вентиляционный трубопровод;
- 10) камера датчиков уровня;
- 11) камера лаза;
- 12) внутренняя лестница.

В ёмкостях для хранения питьевой воды должен быть обеспечен обмен всего запаса воды в срок не более 48 ч., фактически обмен осуществляется за:

$$T_{\phi} = W_{\text{рез}} / Q_{\text{сут.срадн.персп, сут}} \quad (50)$$

$$T_{\phi} = \frac{1828,48}{1669,28} = 1,1 \text{сут.}$$

Категория резервуаров по степени обеспеченности подачи воды при их количестве не более 2 – II, и класс ответственности конструкций резервуара II и степень огнестойкости – не нормируется.

Переливное устройство гарантирует защиту резервуара от переполнения и выполнено в виде трубопровода, введенного в резервуар через стену. Отметка верх переливной трубы на 55 см ниже верха резервуара.

Спускной трубопровод предназначен для спуска минимального объема воды при опорожнении резервуара, а также для отвода грязевых вод при профилактической чистке.

Резервуары чистой воды оборудованы уровнемерами, с помощью которых контролируются следующие уровни:

+5,800 – включение промежуточных насосов в здании водоподготовки I ступени очистки;

+5,600 – включение промежуточных насосов в здании водоподготовки I ступени очистки;

+4,550 – аварийный уровень;

+2,750 – неприкосновенный пожарный запас.

Для обеспечения равномерности обмена воды в резервуаре и для предотвращения образования застойных зон, предусматривается размещение подающего и отводящего трубопроводов в противоположных сторонах резервуара.

При выполнении профилактических работ, обмыв резервуаров осуществляется рукавами, подключенными к пожарным гидрантам в непосредственной близости у резервуаров.

В резервуарах предусмотрен контроль максимального уровня (отм. +5,800), аварийного уровня (отм. +4,550), и уровня неприкосновенного

пожарного запаса (отм. +2,750) с передачей сигнала на пульт управления, расположенного в операторной ВОС.

При понижении уровня воды до отметки аварийного и пожарного запаса на пульт управления подается звуковой сигнал и производится автоматическое блокирование насосов II-го подъема.

Разблокирование аварийного и (или) неприкосновенного пожарного запаса осуществляется с пульта оператора при поступлении сигнала о пожаре или аварии. При этом блокировка неприкосновенного пожарного запаса от максимального уровня воды в РЧВ составит (-2,750 м).

При наполнении резервуара и повышении уровня воды до отметки +5,600 предусмотрено автоматическое включение промежуточных насосов в здании водоподготовки I ступени очистки [28].

3.6 Емкость накопления осадка. Насосная станция перекачки отстаиваемых промывных вод

В процессе работы станции водоподготовки I ступени очистки образуются промывные воды с осадком от горизонтальных отстойников.

Промывные воды с осадком, поступающие из зоны накопления осадка отстойника в камеру осадка отстойника, из станции водоподготовки I ступени очистки перекачивается в ёмкость накопления осадка с помощью погружных насосов NP 3085 MT 3 $Q=40,8 \text{ м}^3/\text{час}$, $H=5,92 \text{ м}$, $N=1,6 \text{ кВт}$. Расход промывной воды с осадком составляет $20,4 \text{ м}^3$. Сброс осадка из горизонтального отстойника принят 30 минут. Сброс осадка из 2-го отстойника принят с интервалом в 6 часов после сброса осадка из первого отстойника. Интервал сброса осадка между отстойниками принят 12 часов. Сброс осадка из отстойников принят 1 раз в сутки.

Ёмкость накопления осадка принята $V=50 \text{ м}^3$. Ёмкость накопления осадка разделена перегородкой на камеры. I камера – усреднение стоков, II камера – отстаивание.

Очистка промывной воды предусматривает следующие стадии технологического процесса:

- 13) усреднение расхода в камере усреднения стоков;
- 14) отстаивание;
- 15) накопление осветлённых промывных вод в резервуаре и подача в самотечном режиме в насосную станцию перекачки отстаиваемых промывных вод и далее в напорном режиме в голову сооружений равномерным расходом.

Загрязненная промывная вода вместе с осадком поступает в усреднитель емкости накопления осадка и далее с помощью погружных насосов СР 3045 НТ 3 $Q=3,65 \text{ м}^3/\text{час}$, $H=8,80 \text{ м}$ с равномерным расходом подаётся в камеру отстаивания.

После отстаивания промывная вода поступает в насосную станцию перекачки отстаиваемых промывных вод, и далее погружными насосами СР 3045 НТ 3 $Q=3,65 \text{ м}^3/\text{час}$, $H=8,80 \text{ м}$ с равномерным расходом в голову сооружений I ступени очистки.

Отделенный в результате отстаивания осадок периодически вывозится в места, предназначенные для утилизации и складирования осадка.

Выводы по третьей главе:

По итогам 3 главы данного исследования были рассчитаны и подобраны:

- 16) горизонтальные отстойники с тонкослойными модулями;
- 17) камера хлопьеобразования;
- 18) расчёт оборудования для приготовления и дозирования реагентов;
- 19) блок дозирования окислителя;
- 20) подбор насоса дозатора для блока дозирования окислителя;
- 21) блок приготовления и дозирования флокулянта;
- 22) подбор насоса дозатора для блока приготовления и дозирования флокулянта;
- 23) блок приготовления и дозирования гидроксида натрия (NaOH);

- 24) подбор насоса дозатора для блока приготовления и дозирования гидроксида натрия (NaOH);
- 25) склад реагентов;
- 26) шайбовый смеситель;
- 27) резервуары чистой воды;
- 28) определен неприкосновенный пожарный запас воды в РЧВ;
- 29) определен аварийный запас воды в РЧВ;
- 30) емкость накопления осадка;
- 31) насосная станция перекачки отстоянных промывных вод.

Данные очистные сооружения будут обеспечивать оптимальное качество, подаваемой бесперебойно потребителю, воды. Данные мероприятия направлены на обеспечение качества воды, согласно СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

Заключение

В результате анализа исходных данных речной воды выявлены основные проблемы по её микробиологическому составу, которые, предстоит устранить путем модернизации и реконструкции очистных сооружений I и II ступени очистки.

Также были выявлены элементы существующий водозаборных сооружений, которые либо полностью, либо частично выведены из эксплуатации, что говорит о непригодности существующих сооружений водоподготовки для доведения до норм речной воды и дальней её подачи потребителям.

В результате исследований и детального изучения существующих очистных сооружений, органолептических показателей воды было принято технологическое решение в виде следующих очистных сооружений, предусматривающих I и II ступень очистки:

а) I ступень очистки:

- 1) дозирование реагентов;
- 2) коагуляция и укрупнение коллоидных и взвешенных веществ воды в камере хлопьеобразования;
- 3) осветление в горизонтальном отстойнике с тонкослойными модулями;

б) II ступень очистки:

- 1) фильтрация на существующих напорных фильтрах фильтрующей загрузкой «FILTER AG»;
- 2) обеззараживание.

По итогам данного исследования были рассчитаны и подобраны:

- 1) горизонтальные отстойники с тонкослойными модулями;
- 2) камера хлопьеобразования;
- 3) расчёт оборудования для приготовления и дозирования реагентов;
- 4) блок дозирования окислителя;

- 5) подбор насоса дозатора для блока дозирования окислителя;
- 6) блок приготовления и дозирования флокулянта;
- 7) подбор насоса дозатора для блока приготовления и дозирования флокулянта;
- 8) блок приготовления и дозирования гидроксида натрия (NaOH);
- 9) подбор насоса дозатора для блока приготовления и дозирования гидроксида натрия (NaOH);
- 10) склад реагентов;
- 11) шайбовый смеситель;
- 12) резервуары чистой воды;
- 13) определен неприкосновенный пожарный запас воды в РЧВ;
- 14) определен аварийный запас воды в РЧВ;
- 15) емкость накопления осадка;
- 16) насосная станция перекачки отстоянных промывных вод.

Данные очистные сооружения будут обеспечивать оптимальное качество, подаваемой бесперебойно потребителю, воды. Данные мероприятия направлены на обеспечение качества воды, согласно СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

Список используемой литературы и используемых источников

1. Боброва, Д. А. Гидрологический режим рек водосборного бассейна оз. Тунайча (о. Сахалин) / Д. А. Боброва // Экологические системы и приборы. – 2023. – № 6. – С. 84-97. – DOI 10.25791/esip.6.2023.1382. – EDN RVDXSM.
2. Боронина Л.В. Водозаборные сооружения из поверхностных источников. – Астрахань, 2002 – 51 с. Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/5725398/page:11/>
3. Вдовин Ю.И. Совершенствование технологий водоприема и водозаборных сооружений для систем водоснабжения на Севере: Дис. д. – ратехн. Наук. – М., 1996. Режим доступа: <http://tekhnosfera.com/sovershenstvovanie-tehnologiy-vodopritma-i-vodozabornyh-sooruzheniy-dlya-sistem-vodosnabzheniya-na-severe#1>
4. Водвин Ю.И. фильтрующие водозаборы // Водоснабжение и санитарная техника. – 1970. – №5. – С. 3-10.
5. Водозаборные сооружения из поверхностных источников: учеб. Пособие / Б.М. Гришин [и др.]. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 196 с. Режим доступа: <https://docplayer.ru/60799740-Vodozabornye-sooruzheniya-iz-poverhnostnyh-istochnikov.html>
6. Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения: справочник / Б.Н. Репин, С.С. Запорожец, В.Н. Ереснов и др./ под ред. Б.Н. Репина. – М.: Высш. шк., 1995. – 431 с.
7. Водоочистка. Средства и методы. М.: ИПК «Издательство стандартов».
8. ГН 2.1.5.689-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Минздрав России, Москва, 1998.
9. Журба М.Г., Мезенева Е.А., Чудновский С.М. Очистка в водозаборном узле // Метроном, 1996. – №6. – С. 43-46.
10. Замалеев, З.Х. Основы гидравлики и теплотехники [Электронный ресурс]: учебное пособие / З.Х. Замалеев, В.Н. Посохин, В.М. Чефанов. –

Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2014 – Режим доступа: <https://e.lanbook.com>.

11. Карелин В.Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции. М.: Стройиздат, 1986.;

12. Крестин, Е. А. Задачник по гидравлике с примерами расчетов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е. А. Крестин, И. Е. Крестин. 72 Электрон. дан. — Санкт Петербург: Лань, 2018. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/>

13. Мезенева Е.А. Совершенствование водозаборно-очистных сооружений фильтрующего типа: Автор. дис. канд. техн. наук. – Н.Новгород, 1993

14. НИИСФ РААСН под руководством Д.Б. Фрога Методическое пособие «Классификатор тонкослойных модулей для наружных сетей водоснабжения» Москва 2015г.

15. Образовский А.С., Ереснов Н.В., Казанский Е.А., Ереснов В.Н. Водозаборные сооружения для водоснабжения из поверхностных источников. – М.: стройиздат, 1976. Режим доступа: <https://miemigration.ru/?sunglepage=1#3>.

16. Образовский А.С. Гидравлика затопленных водоприёмных оголовков. – М.: Стройиздат, 1963. – 104с.

17. Павлинова, И.И. Водоснабжение и водоотведение: учебник и практикум для вузов / И.И. Павлинова, В. И. Баженов. — 6-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 462 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-2899-0. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/559888> (дата обращения: 08.06.2025). Водные ресурсы России и их использование. С-Пб, Гос. Гидрол.ин-т, 2008. 599 с

18. Порядин А.Ф. Водозаборы в системах централизованного водоснабжения. – М.: Изд. НУМЦ Госэкологии РФ, 1999.

19. Порядин А.Ф. устройство и эксплуатация инфильтрационных водозаборов. – М.: Стройиздат, 1984.

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

21. Протокол совещания по вопросу утверждения Справочника перспективных технологий водоподготовки и очистки воды с использованием технологий, разработанных организациями оборонно-промышленного комплекса и учётом оценки риска здоровью населения [Электронный ресурс]: URL: <https://raww.ru/assets/modckeditor/moddocument/1141/protokol-soveshhaniya.pdf> (дата обращения: 13.12.20).

22. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»;

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

24. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84* (с Изменениями N 1, 2, 3).

25. Справочное пособие к СНиП 2.04.02-84. Проектирование сооружений для забора поверхностных вод – М.: Стройиздат, 1990.

26. Справочник перспективных технологий водоподготовки и очистки воды с использованием технологий, разработанных организациями оборонно-промышленного комплекса и учётом оценки риска здоровью населения [Электронный ресурс]: URL: <https://raww.ru/assets/modckeditor/moddocument/1141/spravochnik-perspektivnyix-tehnologij.pdf> (дата обращения: 13.12.20).

27. Сурин А.А. Водоснабжение. – Ч.1. Вода и водосборные сооружения. – М.-Л.: ОНТИ, 1932. – 288 с.

28. Усаковский В.М. Водоснабжение и водоотведение в сельском хозяйстве. М.: Колос, 2002. - 328 с.;

29. Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 N 384-ФЗ (последняя редакция).

30. Федеральный проект «Чистая вода» [Электронный ресурс]: URL: https://xn--80aapampemcchfmo7a3c9ehj.xn--p1ai/projects/zhile-i-gorodskaya-sreda/chistaya_voda/ (дата обращения: 13.12.20).

31. Филенков В.М., Лушкин И.А., Кучеренко М.Н. Повышение надежности систем водоснабжения: учебное пособие. – Тольятти: ТГУ, изд-во типография ООО «Форум», 2017. – 191 с.

32. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Водозаборные сооружения» для специальности: 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» [Электронный ресурс] / Брестский государственный технический университет, Факультет инженерных систем и экологии, Кафедра водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов; сост.: Б. Н. Житенев. – Брест: БрГТУ, 2022.

33. Bakhtiyor Uralov, Norkobul Rakhmatov, Sanatjon Khidirov, Gayrat Safarov, Farokhiddin Uljaev and Ikboloy Raimova. – Hydraulic modes of damless water intake. – IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2021

34. Butko D., Lazareva Y., Sharkova M. – Investigation of factors of the appearance of odor in river water at the water intake of Rostov-On-Don. – IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2021

35. Cîrciumaru, G.; Chihaia, R.-A.; Voina, A.; Gogoas, e Nistoran, D.-E.; Simionescu, S.-M.; El-Leathay, L.-A.; Mândrea, L. Experimental Analysis of a Fish Guidance System for a River Water Intake. Water 2022, 14, 370. <https://doi.org/10.3390/w14030370>

36. Heba Mohamed; Hossam ElSersawy. – INNOVATIVE APPROACH FOR DELINEATION OF WATER INTAKE PROTECTION ZONE AT RIVER NILE. – Cairo water week. – 2021.

37. Markus Boller. – Particle Removal by Horizontal-Flow Roughing Filtration. – Aqua.– N 2. – 1987.