

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 Разработка систем водоснабжения малых населенных пунктов
Севера РФ (на примере села Караул Красноярского края)

Обучающийся

А.А. Базарова

(инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный

руководитель

канд.техн.наук, доцент, С.Ш. Сайриддинов

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

Тольятти 2024

Оглавление

| | |
|--|----|
| Введение..... | 3 |
| Глава 1 Обзор и анализ систем водоснабжения на Севере РФ | 6 |
| 1.1 Анализ проблем систем водоснабжения на Севере РФ | 6 |
| 1.2 Анализ систем забора, очитки и распределения воды в условиях Севера РФ | 11 |
| 1.2.1 Типы и конструкции водозаборных сооружений..... | 11 |
| 1.2.2 Технологические особенности очистки воды..... | 13 |
| 1.2.3 Особенности водопроводных сетей..... | 14 |
| Глава 2 Выбор элементов системы водоснабжения села Караул | 22 |
| 2.1 Выбор источника водоснабжения | 22 |
| 2.2 Выбор типа и конструкции водозабора | 26 |
| 2.3 Выбор технологической схемы очистки воды..... | 37 |
| 2.4 Выбор технологических решений подачи и распределения воды. | 42 |
| Глава 3 Расчет системы водоснабжения села Караул | 47 |
| 3.1 Расчет расходов воды | 47 |
| 3.2 Гидравлический расчет водопроводной сети | 51 |
| 3.3 Выбор и расчет элементов водозаборного сооружения..... | 57 |
| 3.4 Выбор и расчет водопроводных очистных сооружений..... | 64 |
| Заключение | 70 |
| Список используемых источников..... | 71 |

Введение

«Условия строительства объектов водоснабжения и водоотведения на Севере РФ имеют сильные отличия от условий центральной и южной части нашей страны, и требуют значительно больших финансовых и ресурсных затрат. Себестоимость строительства наружных сетей водоснабжения и водоотведения может достигать до 80% от стоимости в целом всей системы» [11].

Большинство малых населенных пунктов Севера РФ вообще не имеют централизованных систем водоснабжения и водоотведения и используют неочищенную воду из ближайших источников, или привозную воду, или талую из льда и снега.

При использовании известных подходов нужно четко представлять, что применяемые сооружения, как правило, будут значительно изменяться и не должны механически применяться для любых районов без всесторонней оценки условий строительства. Опыт «практического строительства и научные исследования в области систем водоснабжения северных районов показывают сложные условия проектирования, строительства и эксплуатации систем водоснабжения. Суровый климат, сложнейшие мерзлотно-грунтовые и гидрогеологические условия крайне неблагоприятны для строительства водозаборов, очистных сооружений, емкостей для воды, водопроводных сетей и сооружений на них» [11].

Проблема водоснабжения в сельском поселении Караул (Рисунок 1) и прилегающих к нему поселках существует не один год. Люди привыкли пользоваться водой из отопительных труб, делать запасы воды из реки Енисей – зимой вырубается майна, откуда берется ледяная вода, а летом воду набирают из середины реки. Все эти манипуляции требуют вспомогательный инвентарь, транспорт и силы. Отсутствие системы водоснабжения и финансовой поддержки сподвигает разработать такую систему, которая будет удовлетворять климатическим и экономическим факторам, сложившимся в данном регионе.



Рисунок 1 – село Караул Красноярского края

Объектом исследования являются системы водоснабжения малых населенных пунктов Севера РФ.

Предметом исследования является обеспечение питьевой водой малых населенные пункты Севера РФ.

Цель исследования: предложить систему водоснабжения, которая будет удовлетворять экономическим и мерзлотно-климатическим факторам поселка Караул Красноярского края и аналогичных населенных пунктов данного региона.

Гипотеза исследования состоит в том, что в условиях Севера РФ наиболее целесообразно применение инфильтрационных водозаборов для водоснабжения малых населенных пунктов.

Для достижения поставленной цели поставлены следующие задачи:

- Проанализировать проблемы водоснабжения на Севере РФ;
- Рассмотреть существующие технологические решения систем забора, очистки, подачи и распределения вода в северных регионах;
- Выбрать источник водоснабжения для с. Караул;
- Рассмотреть инженерно-мерзлотные свойства и особенности грунтов на рассматриваемом объекте и выбрать способы строительства сооружений и прокладки сетей водоснабжения;

- Обеспечить исключение замерзания какого-либо участка системы от источника водоснабжения до потребителя.

Теоретико-методологической основой работы является комплексный подход. Методы исследования:

- теоретический (анализ научно-методической литературы);
- практический (наблюдение, измерение, сравнение).

Научная новизна исследования заключается в разработке технологических решений забора, очистки, подачи и распределения воды для малых населенных пунктов Севера РФ.

Практическая значимость исследования работы заключается в разработке предложений и рекомендаций для осуществления забора, очистки, подачи и распределения воды для малых населенных пунктов Севера РФ.

Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит в проведении анализа гидрологических условий р. Енисей как источника водоснабжения малых населенных пунктов вдоль его берегов., выборе технологических решений по забору, очистке, подаче и распределению воды в суровых условиях вечной мерзлоты, разработке предложений по их использованию для поселка Караул.

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

- Научно-практическая конференция: «Дни науки ТГУ», Тольятти, 2024. Выступление с докладом «Проблемы и перспективы развития систем водоснабжения на Севере РФ» (с публикацией).

На защиту выносятся:

- Конструкция инфильтрационного водозабора.
- Элементы водопроводной сети.
- Рекомендации выбору элементов систем водоснабжения в суровых климатических условиях севера РФ.

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, 3 глав, заключения, содержит 30 рисунков, 10 таблиц, список использованной литературы (38 источников). Основной текст работы изложен на 74 страницах.

Глава 1 Обзор и анализ систем водоснабжения на Севере РФ

1.1 Анализ проблем систем водоснабжения на Севере РФ

Факторами, определяющими выбор схем водоснабжения, конструкций и типов основных элементов, режим их эксплуатации независимо от района, характера и величины водопотребления на Севере, являются:

- «повсеместное распространение многолетнемерзлых (вечномерзлых), часто высокольдистых грунтов (Рисунок 2), теряющих несущую способность при оттаивании с мощными осадками при этом;



Рисунок 2 – Арктическая зона РФ

- суровый резко континентальный климат с длительными (8...9 и более месяцев) перепадами отрицательных температур, с мощными снегозаносами и ветрами в ряде районов;
- слабая изученность своеобразного гидрологического режима источников (крайне малый зимний сток, длительный период мощного ледового покрова при малом годовом количестве осадков, промерзание и перемерзание рек, мощные ледоходы и др.);

- отсутствие единой научно-технической политики и единого подхода к проектированию, строительству и эксплуатации систем водоснабжения в различных районах Севера;
- повышение требований к охране водных ресурсов от загрязнения при крайне низкой самоочищающей способности поверхностных водоисточников и их промерзании; пионерный характер хозяйственно-экономического развития: недостаточная мощность баз стройиндустрии, сложность завоза материалов и оборудования, отсутствие специализированных строительно-монтажных и пусконаладочных организаций и др.; значительная удаленность районов Севера от промышленных и обжитых регионов страны и друг от друга при ограниченных и периодически прерывающихся транспортных связях;
- низкий уровень индустриализации строительства в целом и, соответственно, строительства систем инженерного оборудования» [10, 11].

«Наряду с особенностями северного региона существуют и проблемы в области водопользования. Среди основных проблем в сфере питьевого водоснабжения и водоотведения на территориях, входящих в АЗРФ, можно выделить следующие:

- неудовлетворительное состояние и повышенный износ систем централизованного водоснабжения [12];
- неразвитость систем водоподготовки;
- не герметичность водопроводных сетей, что приводит ко вторичному загрязнению очищенной воды из окружающей среды, увеличению потери питьевой воды и расходов электроэнергии на ее транспортирование, снижению надежности водоснабжения населения [34];
- несоответствие качества питьевой воды санитарному законодательству [24].

В частности, некоторыми авторами отмечается несоответствие по физико-химическим показателям воды из распределительной сети санитарно-гигиеническим требованиям» [21].

«Также суровые климатические условия, тяжелые мерзлотно-грунтовые и геологические условия крайне неблагоприятны для строительства водопроводных очистных сооружений, в состав которых входят большие емкости для воды, коммуникации, оборудование» [21].

Капитальных систем водоснабжения, отвечающих современным техническим требованиям, на Севере относительно мало.

Построены они в разные годы для обеспечения водой городов, промышленных предприятий, горно-обогатительных комбинатов и поселков при них и др. Водопроводные системы созданы исходя из имеющихся реальных материально-технических возможностей, а не из технических требований.

Сложными и практически не решенными вопросами в организации водоснабжения северных поселений являются очистка и обеззараживание питьевой воды из-за отсутствия квалифицированных кадров, сложности доставки и монтажа оборудования, завоза и использования реагентов. Имеется лишь несколько удовлетворительно работающих водоочистных сооружений во всем регионе. Чрезвычайная сложность эксплуатации водопроводов в зоне вечной мерзлоты, необходимость защиты их от перемерзания наряду со сложностями строительства сдерживают развитие водопроводов, ориентируя на создание местных систем с минимальными наборами сооружений и ограниченной длиной сетей.

Для забора воды применяются всевозможные сооружения, в том числе и временные (плавучие, прицепные, фуникулерные и т.п.), способные брать воду со льда и берега. Подогрев забираемой воды ведут в электробойлерах, водоводяных или пароводяных подогревателях, непосредственным разбавлением забираемой воды нагретой. Подогревают воду непосредственно в емкостях хранения с последующей подачей ее в водопроводы [18].



Рисунок 3 – Плавучая станция водозабора

Типы и конструкции прокладок водопроводов на Севере (виды опор, конструкции теплоизоляции, методы защиты сетей от замерзания и т.д.), а также режим их эксплуатации весьма разнообразны и определяются мерзлотно-геологическими и климатическими условиями, возможностями материально-технического снабжения, наличием строительно-монтажных организаций, опытом эксплуатационного персонала, а главное – мощностью систем.

В последние годы научно-исследовательские и проектные организации страны выполнили исследования для разработки нормативных документов по проектированию водоснабжения на Севере, совершенствованию и внедрению новых типов арматуры, конструкции прокладок водопроводов, методов защиты их от замерзания, рациональных типов водозаборов и др. Но необходима дальнейшая работа по координации и обобщению исследований, ускорению внедрения достижений науки и передового опыта в практику.

Нельзя все недостатки в проектировании и строительстве систем водоснабжения на Севере относить за счет вечной мерзлоты и сурового климата, сложности материально-технического снабжения, недостатка опыта проектирования и строительства.

«На Севере имеются водопроводные системы, бесперебойно эксплуатируемые 40 лет и более, это доказывает возможность создания надежных и экономичных систем водоснабжения в любых мерзлотно-климатических условиях» [21].

Перспективы развития водоснабжения на Севере определяются планами использования запасов природных ресурсов и освоения новых территорий этого региона. Поэтому сравнительно часто здесь проектируются и строятся новые системы водоснабжения промышленных объектов и городов; кроме того, осуществляются расширение и коренная реконструкция действующих систем водоснабжения. Укрепление базы строительства, накопление опыта проектирования местными проектными организациями, правильная оценка имеющегося производственного опыта являются предпосылками и основой совершенствования технологии водоснабжения объектов в северных районах. Важно, что все чаще сооружения водоснабжения рассматриваются как неотъемлемая часть народнохозяйственных комплексов, Известны достаточно крупные районные системы водоснабжения (г. Норильск с комплексом объектов Южно-Якутского ТПК район Норильска, район Тынды и др.).

Уже в ближайшей перспективе возможно улучшить решение проблемы аккумуляции стока перемерзающих рек за счет повышения надежности и удешевления мерзлых грунтовых плотин с замораживающими установками. Разработаны для широкой практики приемы мелиорации озер для водоснабжения с применением средств гидромеханизации; обоснованы способы обводнения пойменных озер и водохранилищ созданием искусственных затворов льда.

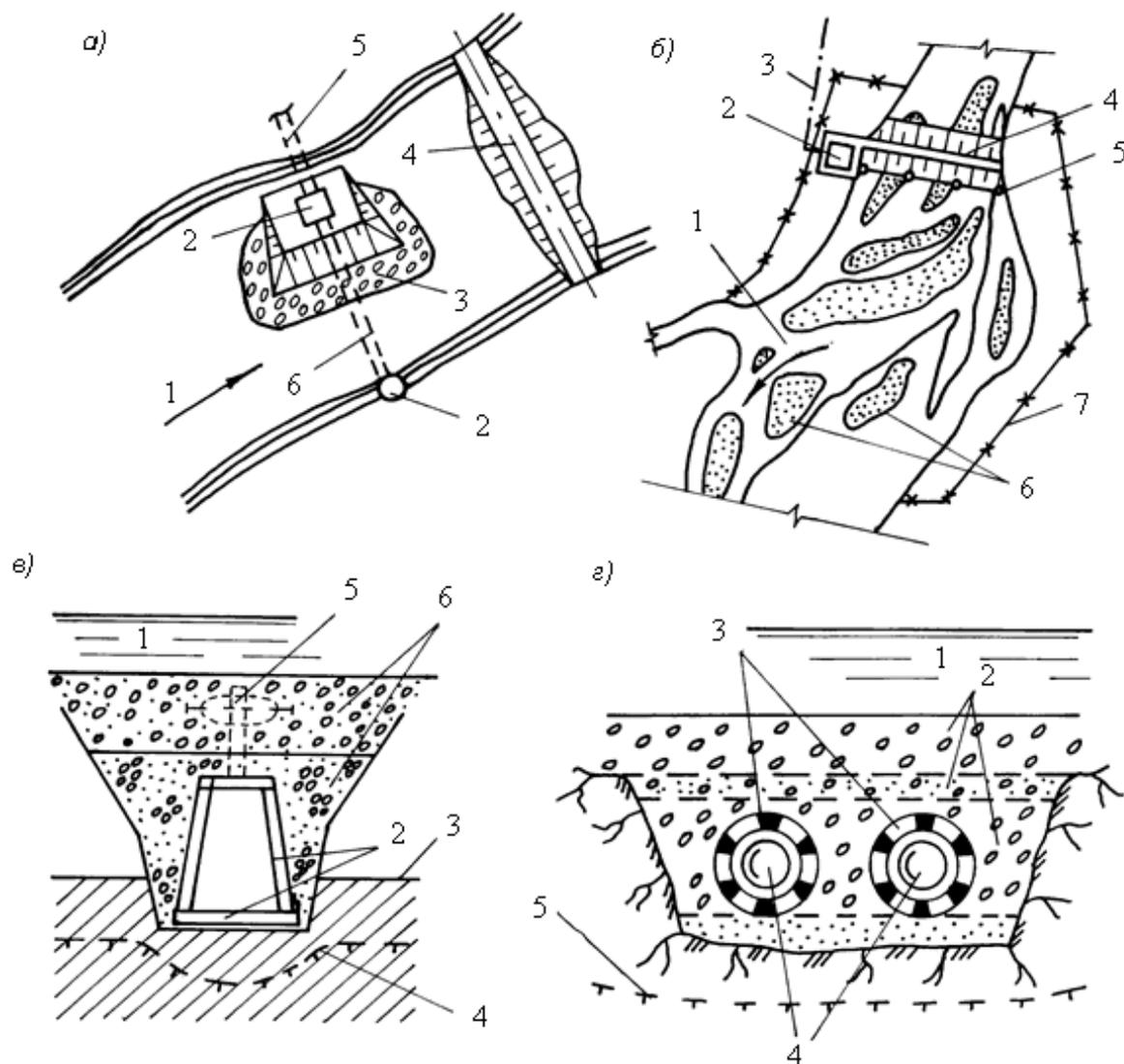
1.2 Анализ систем забора, очитки и распределения воды в условиях Севера РФ

1.2.1 Типы и конструкции водозаборных сооружений

«Опыт применения и очистки воды, исследования и эксплуатация водоприёмников-водоочистителей показали, что наиболее надёжными и подходящими для водозаборов зоны мерзлоты являются водозаборы с фильтрующими элементами. Инфильтрационные водоприёмники не предусматривают возможность восстановления пропускной способности фильтрующих элементов в процессе использования. Фильтрующие водоприёмники позволяют восстанавливать фильтры при засоре или забивке» [23]. Фильтрующие водозаборы занимают до 60% всех водоприёмников и обеспечивают качественную очистку воды непосредственно при заборе. Технологии водоприёма и очистки воды на Севере должны учитывать условия максимального упрощения эксплуатации и обеспечения нужного качества воды в любое время года.

В связи с трудностями в очистке воды на Севере, необходимо совершенствовать технологии водоприема для улучшения качества воды при ее отборе. Фильтрующий водоприем является наиболее эффективным способом решения проблемы. Очистные сооружения на Севере играют ключевую роль в обеспечении чистоты питьевой и технической воды, а также определяют эффективность работы систем водоснабжения. Усовершенствование технологий водоочистки направлено на обеспечение более удобной эксплуатации систем водоснабжения, особенно в условиях Севера, где получение качественной воды в достаточных объемах представляет серьезные трудности. Важным аспектом является также соответствие сооружений местным условиям и требованиям эксплуатации. При проектировании необходимо учитывать как капитальные вложения, так и операционные расходы на материалы и реагенты. Поскольку условия мерзлоты и климата различаются в разных районах Севера, критерии оценки этих факторов должны быть адаптированы к местным особенностям [5].

Одним из направлений забора воды на Севере являются инфильтрационно-фильтрующие водоприемники (Рисунок 4).



«а – фильтрующей плотиной:

1 – ручей; 2 – водоприемный колодец; 3 – фильтр; 4 – фильтрующая дамба; 5 – самотечно-всасывающие трубы; 6 – дрены;

б – глухой плотиной:

1 – река; 2 – водозабор-насосная; 3 – водоводы; 4 – глухая плотина; 5 – водосборная дрена; 6 – острова; 7 – ограда;

в – галерея:

1 – источник; 2 – элементы деревянных галерей; 3 – грунт; 4 – граница мерзлоты; 5 – экран; 6 – фильтр;

г – фильтрующая траншея: 1 – источник; 2 – фильтр; 3 – дрены; 4 – паропровод; 5 – граница мерзлоты» [23].

Рисунок 4 – Инфильтрационно-фильтрующие водоприемники

1.2.2 Технологические особенности очистки воды

В связи с особой дороговизной и сложностью очистки воды на Севере необходимы технологии водоприема, которые повысят качество воды на водозаборах. Более широкое использование фильтрующих и инфильтрационных водозаборов позволяет получать очень чистую воду [40]. Особое значение имеет возможность улучшения качества воды как на водозаборе, так и непосредственно в источнике. Степень очистки выбираемой воды зависит от ее качества в источнике, конструкции водозаборов, степени загрязнения, технологий водоотбора и т.д.

Очистка воды на водозаборах на Севере является единственной реальной технологически доступной возможностью обеспечения необходимого качества и санитарной безопасности питьевой воды [41]. Прогрессивное движение в сторону улучшения технологий водоприема и водозаборов может обеспечить определенную степень очистки воды при ее отборе. С увеличением антропогенной нагрузки на источники воды, росте стоимости энергии, материалов, реагентов, трудностях утилизации и обработки осадков использование сооружений для водозабора и водоочистки становится оправданным и перспективным [7].

Процессы улучшения качества воды в традиционных сооружениях аналогичны процессам очистки в более теплом климате. Необходимо учитывать низкие температуры воды, так как скорость процессов и реакций в воде изменяется в зависимости от температуры. Недостаточное внимание к этому аспекту приводит к недостаточной эффективности очистных сооружений. Например, очистка мутных, но высокоцветных вод при низких температурах неэффективна из-за низкой скорости коагуляции. С повышением температуры вязкость воды уменьшается, что улучшает процесс обработки. Зависимость вязкости воды от температуры представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость вязкости воды от температуры

| $t, ^\circ\text{C}$ | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Вязкость, 10^{-3} Па·с | 1,797 | 1,523 | 1,301 | 1,138 | 1,007 | 0,895 | 0,800 | 0,723 |

С другой стороны, вязкость увеличивается с повышением содержания растворенных солей (таблица 2).

Таблица 2 – Зависимость вязкости воды от содержания растворенных солей

| Солесодержание по иону Cl^- , г/л | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Вязкость при 20°C , 10^{-3} , Па·с | 1,007 | 1,021 | 1,035 | 1,052 | 1,068 | 1,085 |

Неэкономичность добычи подмерзлотных и межмерзлотных вод и необходимость сложной их обработки повышают реальность водоснабжения большинства объектов за счет поверхностных. Трудности обработки их по традиционным технологиям требуют УКВ в источниках и соответствующих технологий водозабора. Для улучшения качества отбираемой воды на водозаборном узле необходимо применять водоемы, отстойники, фильтрационные устройства и бассейны [42]. На основе опыта водоснабжения на Севере было выявлено, что возможно повысить качество воды без очистных сооружений. Использование инфильтрационно-фильтрующих способов позволяет добиться значительно более высоких параметров воды, чем в самой реке [17].

1.2.3 Особенности водопроводных сетей

При проектировании трубопроводных сетей «необходимо учитывать изменение физико-механических свойств мерзлых грунтов при оттаивании, а также температурный режим окружающей среды и сооружений на трассе. Для использования вечномерзлых грунтов как оснований существуют два принципа: I – использовать их в мерзлом состоянии, сохраняемом в процессе

строительства и эксплуатации, и II – использовать в оттаивающем и оттаявшем состоянии.

Выбор принципа должен зависеть от осадок при оттаивании, влияния оттаивания на устойчивость сооружений и расположение последних от трубопровода» [4].

При «проектировании сетей необходимо учитывать предохранение трубопроводов от замерзания при отклонении теплового режима и аварийных ситуациях, обеспечение устойчивости трубопроводов и близко расположенных сооружений, а также увеличение надежности систем водоснабжения и канализации и эксплуатационный комфорт.

Размещение сетей на плане следует осуществлять на основе максимального совмещения инженерных коммуникаций, сокращения протяженности сетей, блокировки зданий для прокладки сетей на подвесках в проветриваемых подпольях, а также сокращения числа подключений к сети водопровода [6].

Для прокладки водопроводов и коллекторов за пределами населенных пунктов рекомендуется выбирать близлежащие дороги в качестве трассы. Стандартно трубопроводы следует прокладывать вдоль улиц, на специально отведенных разделительных полосах между проезжими частями» [29].

«При трассировке сетей канализации следует действовать в зависимости от возможности присоединения объектов с постоянным выпуском сточных вод к начальным участкам сети. Кроме того, необходимо обеспечить комбинированную изоляцию труб на выпусках из зданий (теплоаккумулирующую и тепловую). Для обеспечения безопасности необходимо принимать во внимание расстояние от центра смотровых колодцев до зданий и сооружений [33]. Оно не должно быть менее 10 м, если построение объектов ведется по первому принципу строительства.

Следует учитывать требования глав СП [27], когда дело касается проектирования наружных сетей и сооружений водоснабжения и канализации в районах распространения вечномёрзлых грунтов. Водоводы и сети

водопровода необходимо прокладывать с использованием стальных и пластмассовых труб. Чугунные трубы можно применять при подземной прокладке в проходных каналах, но оптимально выбрать материал для напорных сетей канализации такой же, как и для труб водопроводных сетей. Чтобы обеспечить надежность, для самотечных сетей канализации рекомендуется применение труб полиэтиленовых и чугунных с резиновой уплотнительной манжетой» [29].

Надземная прокладка (Рисунок 5).

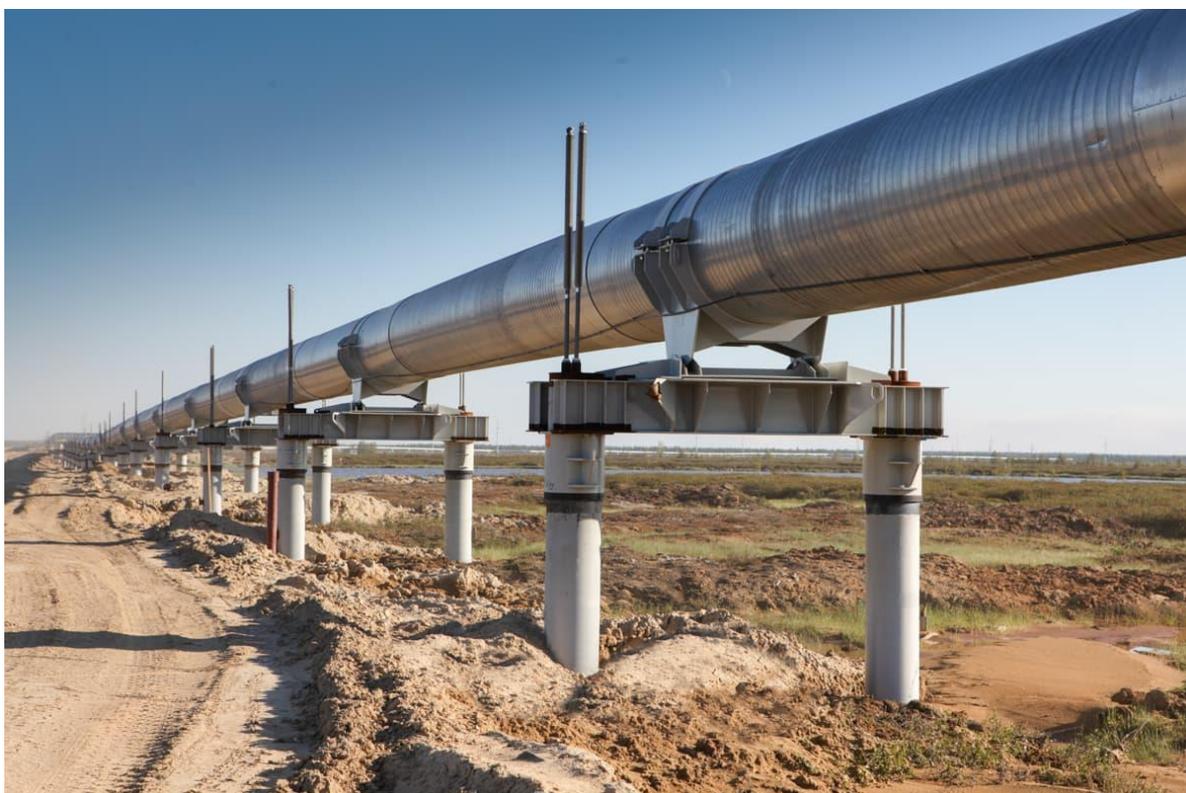


Рисунок 5 – Надземная прокладка

При проектировании вводов в здание необходимо учитывать возможность изменения мерзлотно-грунтовых условий и температурного режима вечномёрзлых грунтов, которые могут произойти в результате строительства и эксплуатации запроектированных сооружений, а также предусматривать исключение теплового воздействия на грунты оснований соседних зданий и сооружений, что может привести к недопустимым

деформациям зданий и сооружений в нормальных эксплуатационных и аварийных режимах работы трубопроводов [8].

При прокладке трубопроводов следует принимать меры, обеспечивающие исключение или ограничение механического воздействия вечномёрзлых грунтов на конструкции трубопроводов. Прокладку вводов следует предусматривать надземной или в вентилируемых каналах, совмещая с прокладкой различных инженерных сетей. Следует максимально применять прокладку трубопроводов в подпольях зданий.

Наземную прокладку вводов следует проводить в случаях, когда требуется исключить тепловое воздействие трубопроводов на грунты оснований, учитывая ее относительно низкую стоимость и удобство в эксплуатации. Наземную прокладку трубопроводов следует предусматривать на мачтах, эстакадах и по конструкциям зданий, при этом специальные устройства для обслуживания трубопроводов должны быть спроектированы с учетом эксплуатации в условиях низких температур, сильных зимних ветров и полярной ночи. Кроме того, наземную прокладку следует предусматривать в проветриваемых подпольях зданий высотой не менее 1,2 м, предусматривая водоотводящие лотки.

В сложных грунтовых условиях и при сейсмической активности вне населенных пунктов следует предусматривать подвесную зигзагообразную прокладку трубопроводов. При надземной прокладке трубопроводов надлежит принимать кольцевую тепловую изоляцию из нестареющего теплоизоляционного материала с гидроизоляцией и защитой от механических повреждений. Водоводы и сети, прокладываемые надземно, при любых способах компенсации температурных деформаций трубопроводов надлежит прокладывать ближе к поверхности земли в слое снежного покрова.

Подземную прокладку трубопроводов следует производить только в случаях, когда наземная и надземная прокладка недопустима. Подземную прокладку трубопроводов следует производить только в каналах или тоннелях

и предусматривать меры, чтобы ограничить влияние грунта на конструкции трубопроводов.

Подземная бесканальная прокладка (Рисунок 6).

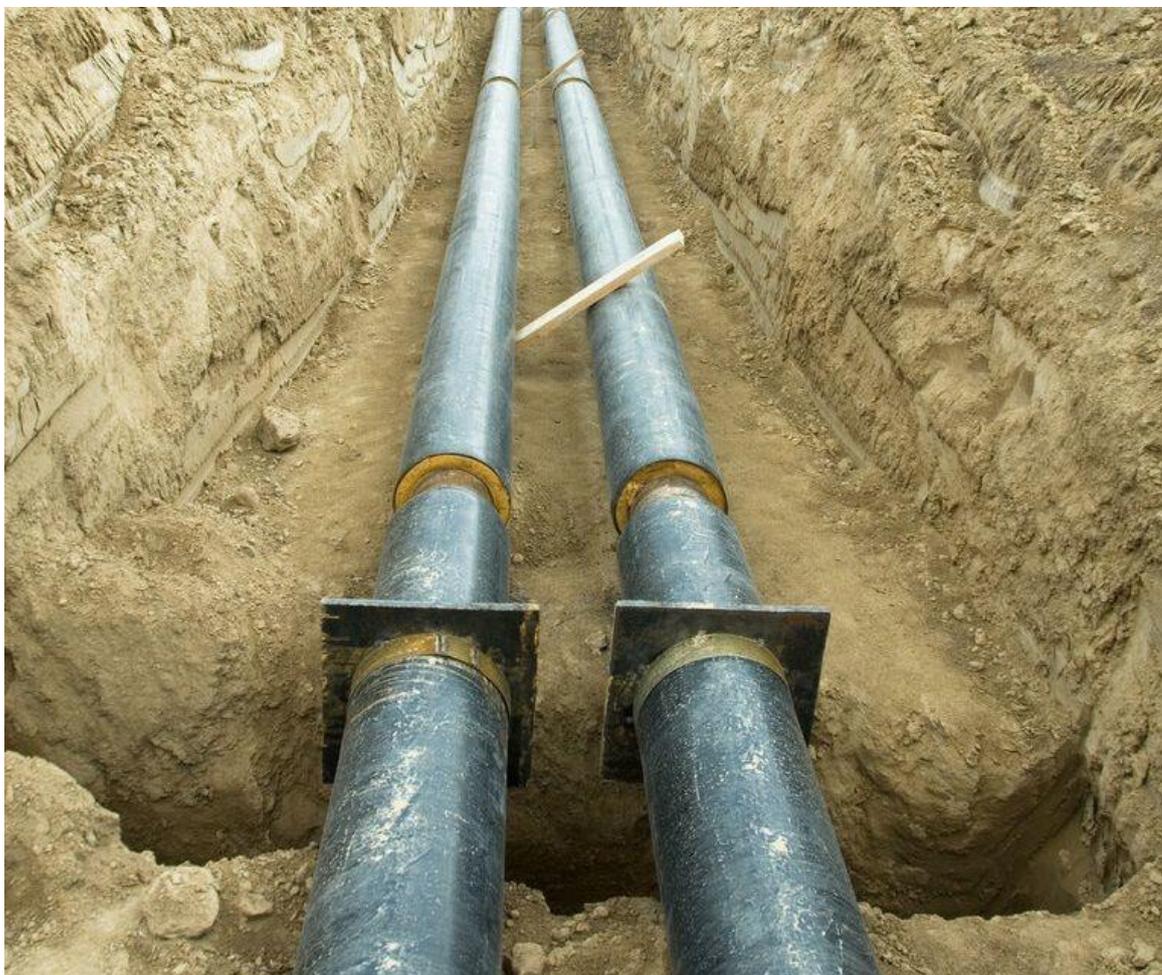


Рисунок 6 – Подземная бесканальная прокладка

При проектировании и прокладке трубопроводов необходимо учитывать различные факторы, основным из которых является сохранение транспортируемой жидкости от замерзания. Для этого необходимо принимать во внимание теплотехнические расчеты, особенно в летнее время, когда зона протаивания грунта вокруг трубы не должна влиять на устойчивость оснований трубопроводов и близрасположенных зданий и сооружений, а в зимнее время должна предохранять транспортируемую жидкость от замерзания.

При защите водопроводных труб от замерзания возможна прокладка автоматических выпусков воды или греющих электрических кабелей в слое сезонного промерзания грунта. Расстояния между подземными трубопроводами и фундаментами или сооружениями также следует принимать по теплотехническому расчету, но не менее 6 м при бесканальной прокладке трубопроводов. Каналы допускается предусматривать на коротких участках сети, а тоннели – при совмещенной прокладке водопровода с другими инженерными коммуникациями. Вводы трубопроводов в здания, сооружаемые по принципу сохранения мерзлоты в основании фундаментов, надлежит предусматривать надземные, в вентилируемых каналах или подвесными к цокольному перекрытию в подпольях зданий [9].

Для предохранения транспортируемой воды от замерзания при проектировании трубопроводов можно использовать различные методы, такие как тепловая изоляция трубопроводов, подогрев воды и трубопроводов, непрерывное движение воды в трубопроводах, повышение гидродинамического трения и применение стальной арматуры в исполнении, устойчивом против замерзания. Кроме того, установка автоматических выпусков воды также является эффективным способом предотвращения замерзания. Минимальная температура воды в водоводах и сетях определяется теплотехническими расчетами, при этом допускается некоторое колебание температуры в интервале от нескольких долей градуса до нескольких градусов (3–5 °С).

Борьба с замерзанием воды в водопроводных сетях.

«Для предотвращения замерзания водопроводных труб необходимо соблюдать следующие рекомендации:

- поддерживать постоянное движение воды в трубах с помощью циркуляционных насосных станций на сети;
- приостанавливать подачу воды только по необходимости и на ограниченный период времени;

- уменьшать теплопотери трубопроводов;
- обеспечивать подогрев воды или трубопроводов;
- контролировать гидравлические и тепловые параметры системы водоснабжения;
- использовать оборудование, защищенное от замерзания;
- применять автоматическую систему защиты от замерзания для водопроводов. Чтобы предотвратить остановку движения воды в водоводах, рекомендуется:
- иметь постоянное электроснабжение насосной станции;
- устанавливать резервную электростанцию на жидком топливе на площадке насосной станции, либо дополнительный агрегат с двигателем внутреннего сгорания, если есть только одна ЛЭП;
- установить в насосной станции не менее трех насосных агрегатов, независимо от категории водопровода;
- организовывать непрерывный контроль за расходом воды в водоводах» [4].

Выводы по 1 главе.

Анализ проблем систем водоснабжения на Севере РФ показал:

- суровые климатические условия в зимний период увеличивают риск возможного промерзания систем водоснабжения;
- регион характеризуется удаленностью населенных пунктов друг от друга на десятки километров, при этом между ними практически нет дорог.
- в регион сложно доставлять строительные материалы, оборудование и реагенты;
- требуются особые мероприятия при строительстве в условиях вечной мерзлоты для предотвращения ее протайки из-за внешнего воздействия.

В условиях Севера РФ наиболее целесообразно применение фильтрующего, инфильтрационно-фильтрующего и инфильтрационного водоприема из поверхностных источников.

При применении инфильтрационных водозаборных сооружений возможно обеспечение требуемого качества воды без очистки или с минимальной очисткой в зависимости от характеристики аллювиальных отложений по берегам и в русле реки [32].

При проектировании водопроводных сетей требуется предусматривать мероприятия по предотвращению их замерзания, предпочтительна их открытая прокладка для минимизации воздействия на вечномёрзлые грунты. Кроме того, установка автоматических выпусков воды также является эффективным способом предотвращения замерзания.

Глава 2 Выбор элементов системы водоснабжения села Караул

2.1 Выбор источника водоснабжения

В качестве источника водоснабжения села Караул Красноярского края принята река Енисей. Поэтому необходимо провести анализ качества воды реки по содержанию загрязняющих веществ.

Существуют разнообразные требования к химическому, физическому и бактериологическому составу воды в зависимости от ее предполагаемого использования. Основные категории водоснабжения включают хозяйственно-питьевое, культурно-бытовое и производственное. Качество воды определяется различными факторами, включая антропогенные и естественные воздействия. Среди антропогенных загрязнений воды можно выделить сточные воды промышленности, городские стоки, атмосферные осадки и различные загрязнители из воздуха и почвы. Река Енисей является одной из наиболее крупных в России и Евразии, ее бассейн отличается значительной асимметрией в пользу правого берега.

Енисей представляет собой «природную границу между западной и восточной Сибирью, являясь самой многоводной, крупной и протяженной рекой в Красноярском крае (Рисунок 7). Общая длина составляет 3 487 км, а площадь бассейна – 2 580 000 км². Гидрологический режим реки уравновешен за счет наличия на ее пути Саяно-Шушенской и Красноярской ГЭС.

Антропогенные факторы, влияющие на состав воды реки Енисей в районе города, включают наличие промышленных предприятий, таких как ООО «Краском», ООО «Крамз», ОАО «Русал», ОАО «Красноярский завод ЖБИ»» [2].

Исследования показали, что река загрязнена различными веществами, такими как «хлориды, сера, БПК₅, аммонийный азот, нитраты, железо, медь, цинк, никель, кадмий, алюминий, марганец, нефтепродукты. Химический состав воды характеризуется преобладанием гидрокарбонатных ионов» [2], содержание которых колеблется в пределах от 21,4 до 183,1 мг/дм³.



Рисунок 7 – Река Енисей

рН воды варьирует от 7,8 до 8,1, что указывает на нейтральную или слабощелочную среду. Жесткость воды классифицируется как «мягкая». Цветность изменяется от 5 до 144,9 градусов по шкале Pt-Co. Качество воды относится к 3-му классу (загрязненной – очень загрязненной).

Обнаружено, что средняя минерализация воды составляет 137 мг/л при ПДК 1000 мг/л. Концентрация растворенного кислорода колеблется от 10,67 до 11,4 мг/л. Содержание хлоридов, серы, аммонийного азота, нитратов, азота и нефтепродуктов также превышают норму. Концентрация меди, марганца и железа в реке превышает ПДК в более чем 30% проб. Остальные вещества загрязняют воду менее активно. Среднее содержание взвешенных веществ составляет 7,93 мг/л. Гидрохимические показатели качества воды за два года приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Гидрохимические показатели качества воды реки Енисей

| «Загрязняющее вещество» | Средняя концентрация вещества за 2022 г., мг/л | Средняя концентрация вещества за 2023 г., мг/л |
|-------------------------|--|--|
| Кислород | 11,4 | 10,67 |
| Хлориды | 1,23 | 1,11 |
| Сера | 8,04 | 8,27 |
| БПК5 | 1,57 | 1,32 |
| Азот аммонийный | 0,045 | 0,039 |
| Нитраты | 0,089 | 0,084 |
| Железо | 0,113 | 0,117 |
| Медь | 0,908 | 0,9 |
| Цинк | 5,82 | 4,97 |
| Никель | 0,667 | 0,7 |
| Кадмий | 0,183 | 0,176 |
| Алюминий | 12,6 | 11,9 |
| Марганец | 6,07 | 7,04 |
| Нефтепродукты | 0,064 | 0,075» [2]. |

Уровень загрязнения воды реки тяжелыми металлами, такими как железо, медь, цинк, никель, кадмий, алюминий и марганец, превышает допустимые нормы. Концентрация железа в воде колеблется от 0,113 до 0,117 мг/л, что немного выше безопасного уровня из-за промышленных сточных вод. Содержание меди составляет 0,9 мг/л, что находится в пределах нормы, но излишки могут нанести вред природе. Количество цинка в воде превышает допустимый уровень в пять раз до 5,4 мг/л, что вызвано как естественными процессами, так и промышленными выбросами. Никель в воде превышает норму, достигая 0,68 мг/л, что может негативно сказываться на здоровье, особенно на сердечно-сосудистую систему.

Кроме того, уровень кадмия в воде также значительно превышает допустимую норму, достигая 0,25 мг/л. Этот токсичный металл может накапливаться в тканях рыб и животных, что представляет угрозу для здоровья людей, потребляющих их в пищу. Алюминий, хотя и не превышает

допустимый уровень водной среды, все равно может оказывать негативное воздействие на водные организмы и экосистемы в целом.

Марганец, превышающий допустимую норму с концентрацией 0,12 мг/л, также представляет опасность для окружающей среды. Этот металл может накапливаться в почвах и воде, что в конечном итоге может привести к проблемам с питьевой водой и потенциально воздействовать на здоровье человека. Таким образом, ситуация с загрязнением воды реки тяжелыми металлами требует внимания и немедленных мер по снижению выбросов и очистке воды.

Необходимо провести дополнительные исследования и разработать меры по предотвращению загрязнения воды тяжелыми металлами. Эффективная система очистки сточных вод на промышленных предприятиях, а также строгий контроль за выбросами в окружающую среду могут помочь улучшить качество воды и сохранить экологическое равновесие в данном регионе.

Проведение анализа также показало существенное увеличение содержания кадмия в воде до 0,18 мг/л (при допустимом уровне 0,001 мг/л). Кадмий попадает в природные водоемы в результате выщелачивания из почвы и разложения водных организмов, способных аккумулировать данный металл. Главным источником загрязнения является антропогенное воздействие. Высокие концентрации кадмия становятся токсичными, особенно в сочетании с другими опасными веществами.

Концентрация алюминия в некоторых источниках воды может превышать допустимую норму (0,5 мг/л). Это может быть связано с естественными процессами, такими как растворение алюминия из глин и алюмосиликатов, а также с промышленными выбросами и сточными водами. Превышение концентрации алюминия в воде может привести к выпадению хлопьев гидрохлорида алюминия и изменению цветности воды. Это может повлиять на качество воды и её пригодность для использования в различных целях, таких как питьевое водоснабжение, сельское хозяйство и промышленность. Для предотвращения негативных последствий необходимо контролировать содержание алюминия в водных источниках и принимать

меры по его снижению до допустимых уровней. Это может включать в себя использование фильтров, очистку сточных вод и контроль за промышленными выбросами.

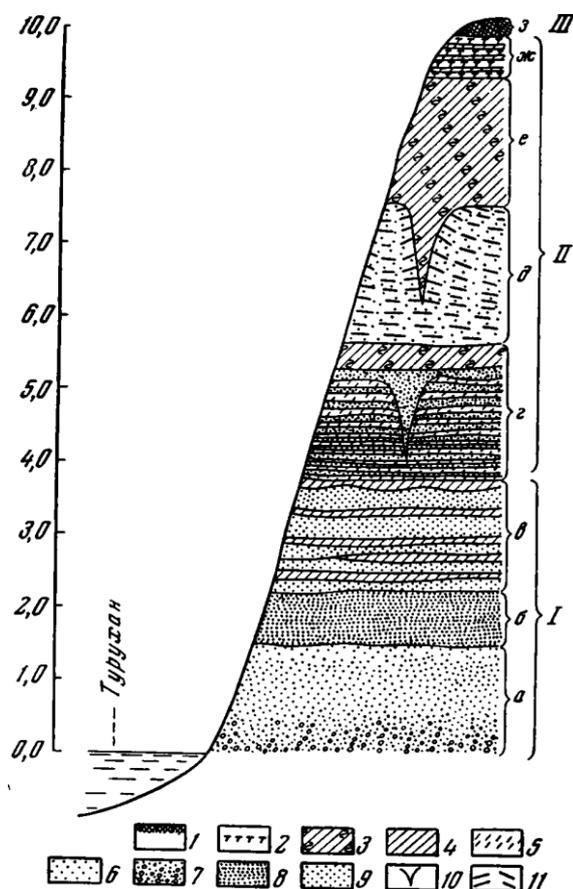
Уровень марганца в воде достигает 6,5 мг/л, превышая установленную норму. Главными источниками антропогенного марганца являются использование удобрений и пестицидов, которые содержат его. Опасность марганца заключается в его малоизученных свойствах и сложности его удаления из воды. Небольшие количества марганца не вредны для здоровья, однако накопление этого вещества со временем может нанести вред организму. Поэтому уровень содержания марганца в воде строго контролируется и поддерживается в допустимых нормах.

2.2 Выбор типа и конструкции водозабора

Выбор способа водоприема зависит от местных геологических источников воды, а также ее качества. Важно устанавливать водоприемные сооружения на надежных участках берегов и дна водоемов, подальше от потенциальных загрязнений. Также необходимо учитывать простоту и экономичность способа забора воды.

Гидрогеология русловых аллювиальных отложений поймы Енисея важна для выбора типа и конструкции водозабора. «Среди руслового аллювия обычно выделяют две основные фации – пристрежневой аллювий и отложения прирусловой отмели. Фация прирусловой отмели соответствует зоне наиболее устойчивого режима аккумуляции осадка в русле. Отложения этой фации поймы Енисея отличаются довольно хорошей сортировкой и правильной текстурой. Очень характерной слоистостью для этой фации является диагональная, которая обусловлена так называемой «дюнной» формой волочения донных осадков. Современные прирусловые отмели Енисея выражены диагональной слоистостью лишь вблизи главного русла реки или ее крупных рукавов. Отложения

прирусловой отмели в данном разрезе (Рисунок 8) по составу и типу слоистости могут быть подразделены на нижнюю, среднюю и верхнюю части» [16].



«1 – почва; 2 – торф; 3 – оглеенные суглинки; 4 – тонкие прослои и линзы суглинков; 5 – супеси; 6 – пески мелкозернистые; 7 – пески с галькой; 8 – пески тонко-зернистые; 9 – пески среднезернистые; ю – псевдоморфозы по ледяным жилам; и – характер слоистости во вмещающих псевдоморфозы породах.

I – русловой аллювий, фация прирусловой отмели: а – нижняя часть отмели; б – средняя часть отмели; в – верхняя часть отмели.

II – пойменный аллювий: г – ленточная фация; д – фация погребенного прируслового вала; е – фация неяснослоистых слабо оглеенных суглинков внутренней зоны поймы; ж – фация вторичного водоема» [16].

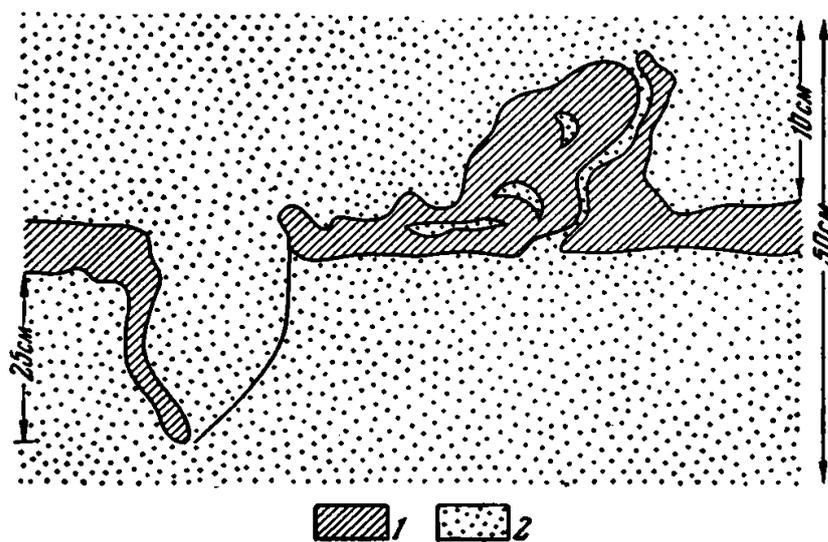
Рисунок 8 – Обнажение древнего сегмента поймы Енисея на левом берегу

На нижней части (рисунок 8, пачка 1а) преобладают мелкозернистые пески с небольшими прослоями песков среднего размера. Пески многоцветные, слоистые, серые, с выраженной диагональной слоистостью. На дне участка находятся отдельные мелкие гальки и гравийные зерна. В наклонных слоях видны часто повторяющиеся тонкие слои, состоящие из гравийно-галечного материала. Характерно полосчатое железнение, меняющее цвет песка на коричневый в

отдельных местах. Переход к средней части разреза отложений постепенный, на рисунке это показано условно. Толщина описанного участка 1а составляет около 1,5 м.

Средняя часть отложений (рисунок 8, пачка 1б) представлена мелкозернистыми, желтовато-серыми, слабослоистыми песками с незначительной слоистостью и тонкими полосами естественного осадка. Переход к верхней части также постепенный, граница проведена условно. Толщина среднего участка составляет около 0,7 м [16].

«Верхняя часть толщи отложений прирусловой отмели (пачка 1в) представлена пачкой серых и желтовато-серых мелкозернистых песков, значительно слюдистых, полимиктовых, с тонкими прослоями светло-серых легких слюдистых суглинков. Мощность прослоев суглинков колеблется в пределах 0,01–0,02 м. Мощность прослоев песка изменяется от 0,08 до 0,25 м. В разрезе прослой той и другой породы залегают горизонтально. В верхней части пачки отмечены небольшие деформации суглинистых прослоев, одна из которых изображена на рисунке 9. Мощность пачки около 1,5 м» [16].



1 – суглинок; 2 – песок

Рисунок 9 – Небольшие деформации в суглинистых прослоях в верхней части толщи прирусловой отмели:

Русловой констративный аллювий представлен в основном толщей подобных же мелкозернистых и среднезернистых песков, сильно глинистых, нередко содержащих прослой сизовато-серой супеси.

На правобережье Енисея развиты в основном бечевники.

«Бечевник – это береговая зона реки, ограниченная с одной стороны межженным уровнем воды, а с другой – уровнем весеннего половодья. Эта зона представляет собой эрозионную или эрозионно-аккумулятивную площадку, возникающую, как правило, вдоль основания крутого и энергично подмываемого берега.

Вдоль правого берега Енисея встречаются два вида бечевников. Первый из них распространен у подножия высоких (до 50–60 м) яров, сложенных моренными валунными суглинками. В этом случае бечевник представляет собой поверхность шириной 50–85 м, наклоненную к реке под углом 10–12°, с выпуклым поперечным профилем в верхней части и вогнутым или прямолинейным – в нижней (Рисунок 10). Валуны нередко достигают в поперечнике 1,5–2,0 м. Мощность аллювия колеблется от 0,2–0,5 до 3–4 м. Около уреза воды бечевник постепенно выполаживается, а его микрорельеф уплощается. Гранулометрический состав аллювия изменяется здесь до песка, гравия и мелкой гальки, а мощность его увеличивается до 2–3 м» [16].



Рисунок 10 – Наклонная поверхность бечевника Енисея у подножия обнажения, сложенного ледниковыми отложениями

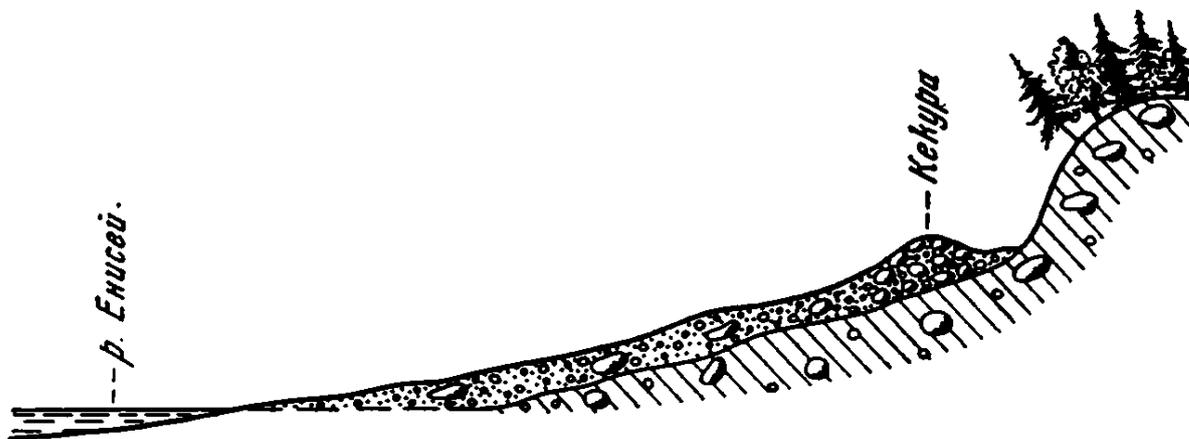
Второй вид бечевников связан со местами, где средне-сибирское плоскогорье переходит в Енисей, например, на участке от Костино до устья Нижней Тунгуски. Здесь бечевник состоит из коренных пород и принимает различные формы в зависимости от структуры пород и процессов выветривания. На таких поверхностях обычно отсутствуют аллювиальные отложения, либо они встречаются лишь в эрозионных очагах. Материал состоит обычно из песчано-галечниковых или галечно-валунных пород. Высота бечевников в Енисее достигает от 25 до 40 метров, а на его притоках еще меньше.

Из-за южного увеличения распространения речной долины вода двигается вниз по течению почти вдвое быстрее, чем весеннее сближение. Разрушительные воды достигают нижних участков Енисея, когда они еще покрыты льдом, и уровень воды резко повышается даже во время ледохода, основной пик обычно приходится на таяние льда. Это приводит к образованию громадных заторов из-за весеннего половодья и открытия реки, что приводит к значительному увеличению уровня воды на месте. Ледяные массивы сталкиваются друг с другом и плывут по реке, иногда выступая над поверхностью на несколько метров. Часто ледяные блоки выбрасываются на берег, образуя огромные скопления. Отпечатки передвижения льда и его ледовые отложения свидетельствуют о гигантских размерах ледовых глыб, которые приближаются к берегу. Максимальное продвижение ледяных масс к берегу достигает 150-180 метров. При движении льда перемещаются блоки весом в несколько тонн, оставляя глубокие борозды на берегу шириной до 1,5-2,0 м и высотой до 1,5-2,0 м, образуя перед фронтом движения льда скопления камней и песчано-глинистого материала.

Процесс образования кекур, корг и аллювиальных «мостовых» на речных берегах возникает при наличии оптимальных геологических условий и обработки берега льдом [37].

Кекуры – это длинные жерди, сложенные крупными камнями, расположенные обычно параллельно берегу реки на высоте 12-13 м над уровнем воды. Высота их колеблется в пределах 1,5-4,0 м, а ширина достигает 5-6 м. Они

состоят в основном из камней диаметром 1,0-1,5 м, которые часто покрыты следами речного льда. По тыльной стороне насыпи обычно идет углубление, заполненное мелкими камнями и галькой (Рисунок 11) [16].



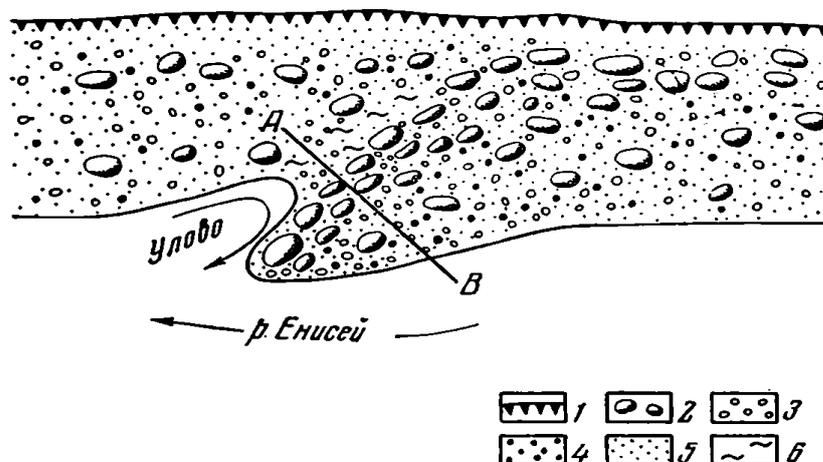
1 – морена; 2 – валуны; 3 – галечник; 4 – гравий; 5 – песок

Рисунок 11 – Поперечный разрез бечевника

«На бечевнике Енисея можно наблюдать также полосы крупного аллювия, оси которых образуют с направлением течения воды угол порядка 40–60°. Местное население называет их коргами. Головная часть их обычно вдаётся в реку, образуя неровную, фестончатую линию уреза воды.

В поперечном профиле корги асимметричны. Склон, обращенный вверх по течению реки, пологий и имеет уклон 5–8°, а противоположный – крутой, с уклоном до 30–45° (Рисунки 12, 13). Длина корг достигает 80–100 м, а высота бровок вследствие наклонной поверхности бечевника постепенно возрастает с 1–2 до 10–13 м над меженным уровнем воды. Сложены корги крупным валунным материалом, достигающим в поперечнике 1,0–1,5 м. При этом наиболее крупный материал сконцентрирован вдоль их осей и формирует более крутой склон. Пологий склон обычно сложен более мелким материалом. Сразу же за мысом корги, ниже по течению, в русле реки располагается «улово», к которому приурочены значительные глубины. На бечевнике, непосредственно против улова, обычно сосредоточен мелкоземистый материал с некоторым количеством галек и реже мелких валунов. Корги, по мнению И. А. Лопатина (1871),

образуются в местах заторов льда. С. Л. Кушев (1934) считал, что корги образуются лишь в местах поворотов реки и в устьях притоков рек» [16].



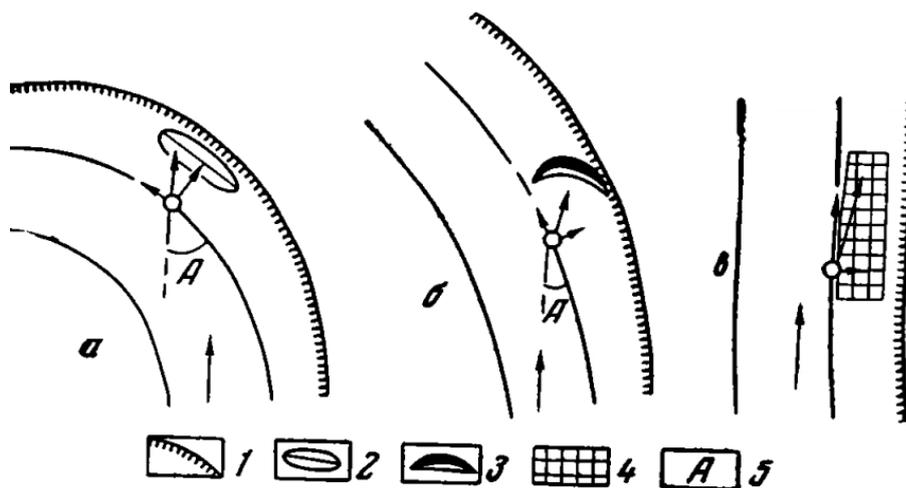
1 – морена; 2 – валуны; 3 – галечник; 4 – гравий; 5 – песок; 6 – суглинок

Рисунок 12 – План корги



Рисунок 13 – Разрез корги. Условные обозначения см. рисунок 12

При достаточно большом угле приближения потоков к берегу и одновременном резком подъеме уровня воды действующая сила будет направлена почти перпендикулярно к берегу. В таких условиях возможно образование кекур (Рисунок 14, а). Если действующая сила образует угол 40-60° с линией прибоя, образуется корга (Рисунок 14, б). При незначительном изгибе русла, что приводит к острому углу приближения потоков к берегу, может образоваться аллювиальная "мостовая" из валунов (Рисунок 14, в). В этом случае льды лишь касаются берега, стирая верхние части валунов и формируя "мостовую". На валунах можно увидеть ледниковую штриховку, параллельную линии прибоя [16].



a – кекуры, *б* – корги, *в* – аллювиальной «мостовой».
 1 – тыловой шов бечевника; 2 – кекура; 3 – корга; 4 – аллювиальная мостовая; 5 – угол подхода струй воды к берегу

Рисунок 14 – Схема образования микроформ рельефа бечевника

«Речной лед, помимо песка и ила, несет лишь единичные валуны и гальки. Зимой, вследствие спада воды, лед прогибается, опускается на обнажившееся русло, с которого к нему примерзает галечник. Весной, оставаясь на берегах, лед тает и оставляет некоторое количество наносов. Помимо этого, на него попадает материал и из подходящих к реке обрывов. О незначительном количестве валунов и гальки в речном льде свидетельствует также резкое уменьшение их числа и размеров на участках развития прирусловых отмелей.

В середине июня при высоком еще уровне воды ступени бывают наиболее резко выражены на высоте 3–4 м над урезом воды. Ширина их достигает 2,0–2,5 м; каждый уступ имеет высоту до 0,5 м. Поверхность ступеней, как правило, слабо наклонена к реке. В это время отмечалось 8–10 ступеней, сложенных валунно-галечниковым материалом и разнозернистым песком серых тонов. Средний диаметр валунов достигает 15–20 см. При этом наиболее крупные валуны сконцентрированы в виде полос вблизи бровок этих площадок (Рисунок 15)» [16].



Рисунок 15 – Сортировка материала на бечевнике

«В разрезах бечевника валунно-галечниковый материал залегает в виде линз. В ходе процесса образования волноприбойных площадок происходит интенсивное перемывание выпаханного и нагроможденного речным льдом валунно-галечникового и суглинисто-песчаного материала, слагающего кекуры и корги. Мелкозем вымывается вниз по склону и выносится далее ниже по течению реки. Грубый обломочный материал остается на месте. Процесс этот повторяется ежегодно, что частично и обуславливает скопления на бечевнике преимущественно крупного обломочного материала» [16].

Исходя из условий достаточных по мощности аллювиальных отложений вдоль берегов Енисея и под его руслом наиболее целесообразно применение инфильтрационных водозаборов.

Инфильтрационные водозаборы широко применяются из-за своей экономичности и эффективности. Подземные воды питаются за счет фильтрации атмосферных осадков, дренажных вод, вод рек и водохранилищ. Использование подземных вод без разумной осторожности приводит к их истощению и ухудшению качества. Для восполнения залегающих вод рекомендуется использовать специальные методы, такие как закачка чистой речной или озерной воды в водоносный пласт через нагнетательные скважины или инфильтрационные бассейны.

Технологии инфильтрационного водоприема, типы и конструкции инфильтрационных водозаборов, особенности их эксплуатации разнообразны по объемам воды, технологиям строительства и водоотбора, условиям взаимодействия поверхностных и подземных вод в зоне действия инфильтрационных сооружений. Проведены научно-производственные, опытно-конструкторские и эксплуатационные исследования, а также обширный опыт использования инфильтрационных водозаборов в различных климатических условиях, включая регионы с суровым климатом (Сибирь) и вечномёрзлые грунты (Крайний Север).

Горизонтальные водосборы могут быть установлены непосредственно под руслом рек или на берегах для сбора фильтруемых вод. Эти водосборы создают специальный водяной слой или подземные резервуары, где собирается очищенная вода. Самыми эффективными являются дренажные водосборы, которые размещаются в днище резервуаров или отстойников и на сухих откосах низовья. Траншея горизонтального дренажа имеет глубину от 0,8 до 1,2 м, на дне которой укладываются перфорированные трубофильтры различных материалов с диаметром от 50 до 100 мм и наклоном от 0,002 до 0,005 к сборным колодцам.

Использование радиальных систем водозабора представляется целесообразным при извлечении воды из малопродуктивных водоносных слоев и подрусловых вод [32]. Строительство радиального водозабора включает в себя формирование водозаборной шахты с радиально расположенными фильтрующими трубами [39]. Гидростатическое давление в водоносном слое и динамический уровень воды в шахте, обеспечиваемый работой насосов, позволяют оптимально выбирать воду каждым лучом. Диаметр горизонтальных фильтрующих труб варьируется от 50 до 250 мм, а их длина может быть от 5 до 80 м в зависимости от гидрогеологических условий. При размещении шахты в непроницаемых породах водозабор может осуществляться через фильтрующие трубы или через днище шахты с

специальным фильтром. Одна водозаборная шахта диаметром от 1,2 до 33,0 м способна обеспечить извлечение подрусловой воды объемом до 5-6 тыс. м³ в сутки.

«Преимущество лучевых водозаборов перед вертикальными скважинами и колодцами заключается в эффективной работе в условиях неоднородной проницаемости грунтов, малых коэффициентов фильтрации и малой мощности водоносных пластов. Лучевые водозаборы подразделяются на несколько типов в зависимости от местоположения лучей относительно водозаборной шахты. Большие лучевые водозаборы для централизованного водоснабжения обычно строят с водосборной шахтой диаметром до 12 метров, фильтры-лучи имеют диаметр до 250 мм и длину до 80 метров» [23]. Для небольших потребностей воды используют буровые колодцы, которые можно увеличивать с помощью горизонтальных водозахватных лучей. Глубина буровых колодцев позволяет устанавливать фильтр из песка и гравия для более эффективного водозабора.

Использование лучевых водозаборов для захвата инфильтрационных вод обусловлено их более низкой стоимостью строительства и повышенной производительностью по сравнению с вертикальными скважинами. Преимуществом данного метода является возможность захвата вод из малых рек при их уровне, а также фильтрация через пласты водоносной породы, что способствует очищению вод от бактериальных загрязнений. Также важно отметить отсутствие необходимости в рыбозащите [38], проблемы с шугой и донным льдом, а также загрязнение русловых оголовков и береговых колодцев водозаборов (рисунок 16).

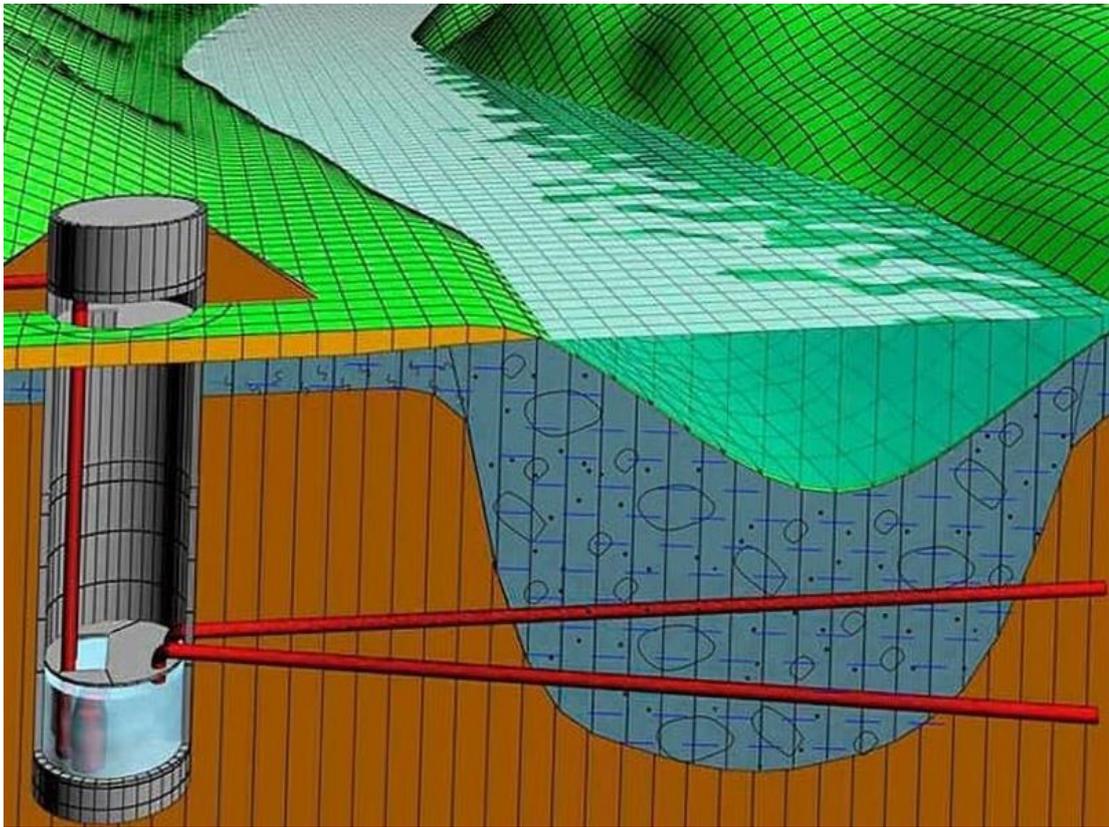


Рисунок 16 – Инфильтрационный водозабор

Производительность водозаборов определяется коэффициентом фильтрации, мощностью и зоной питания водоносного пласта, расположением водозабора в водозахватной подрусловой зоне, обоснованностью эмпирических коэффициентов при расчетах, учетом гидравлических закономерностей работы фильтровальных лучей. Перед проектированием необходимо изучить гидрологический режим питающих водотоков, влияние качества воды на фильтрующие характеристики водотока, оценить санитарное состояние будущей зоны санитарной охраны водозабора.

2.3 Выбор технологической схемы очистки воды

При выборе технологий водоочистки важно учитывать качество исходной воды, требования к очистке, возможности сооружений, реагентов и материалов. Необходимо придерживаться технологических требований,

учитывать экономические аспекты и оптимальные режимы работы при изменении качества воды [36].

Методы водоочистки можно классифицировать по целям и составу примесей на водопроводных станциях. Существуют разные группы методов водоочистки:

- улучшение органолептических свойств воды;
- обеспечение безопасности (хлорирование, озонирование, ультрафиолетовое облучение);
- кондиционирование подземных вод (умягчение, обессоливание, дегазация);
- извлечение и улучшение газового состава;
- извлечение органики, вредных продуктов (обратный осмос, нанофильтрация, ультрафильтрация).

Существуют разнообразные способы очистки воды, в зависимости от процессов и удаляемых веществ:

- физико-химические методы (коагуляция, флокуляция, осаждение, осветление, флотация, фильтрование) для удаления веществ в различных состояниях;
- химические методы, включающие добавление химического реагента для осаждения загрязнений и проведение реакций нейтрализации, окисления и восстановления;
- биологические методы, осуществляемые при различных условиях обработки воды с участием микроорганизмов.

Существуют различные способы очистки воды от примесей: умягчение (термическое, реагентное, ионообменное, диализ, комбинированное), обессоливание (ионообменное, мембранный, дистилляция), дегазация (физическая, химическая, биохимическая, сорбционно-обменная) и стабилизация в зависимости от стабильности воды (реагентные, фильтрационные методы, аэрация). Способность различных добавок изменять свое состояние под воздействием физических и химических факторов

позволяет применять разнообразные методы регулирования процессов обработки. Применение этой методики при проектировании водоочистных станций помогает выбирать наиболее подходящие методы подготовки воды. при обосновании технологического комплекса очистных сооружений и их экономического обоснования необходимо также учитывать концентрации компонентов воды и определять технологические характеристики сооружений [31].

На практике выделяют различные технологические схемы очистки воды: использование реагентов или их отсутствие, глубокое или поверхностное осветление, одно-, двух- или многопроцессные методы, одно-, двух- или многоступенчатые процессы, а также естественное или принудительное движение воды (таблица 4) [1].

Таблица 4 – Область применения технологических схем осветления и обесцвечивания поверхностных вод для хозяйственных целей

| «Качество исходной воды» | | | Производительность станций (уточняется ТЭО), м ³ /сут | Технологическая схема и состав сооружений |
|---------------------------|-----------------|-----------------------|--|---|
| Взвешенные вещества, мг/л | Цветность, град | Общее микробное число | | |
| Безреагентные технологии | | | | |
| <50 | <50 | >50 | 1000 | Медленные фильтры - обеззараживание |
| 50-700 | <50 | >50 | 30 000 | Гидроциклоны - медленные фильтры с рыхлением загрузки и гидросмывом - обеззараживание |
| >700 | <50 | >100 | Любая | Гидроциклоны (сетки)-префильтры (отстойники-ковши) - медленные фильтры с гидросмывом и рыхлением загрузки - обеззараживание |

Продолжение таблицы 4

| «Качество исходной воды» | | | Производительность станций (уточняется ТЭО), м ³ /сут | Технологическая схема и состав сооружений |
|---------------------------|-----------------|-----------------------|--|--|
| Взвешенные вещества, мг/л | Цветность, град | Общее микробное число | | |
| Реагентные технологии | | | | |
| <30-50 | <150 | >50 | 5000-10 000 | Реагентное хозяйство - скорые напорные фильтры-обеззараживание |
| <120 | <150 | >50 | Любая | Реагентное хозяйство - контактные осветлители -обеззараживание |
| <250 | <250 | >50 | Любая | Реагентное хозяйство - флотаторы - скорые открытые фильтры - обеззараживание |
| <2500 | <500 | >50 | Любая | Реагентное хозяйство - горизонтальные отстойники (осветлители со взвешенным осадком) - скорые открытые фильтры - обеззараживание |
| >2500 | <500 | >50 | Любая | Первичные отстойники - реагентное хозяйство - вторичные отстойники - двухступенные фильтры – обеззараживание» [2]. |

Традиционные методы очистки поверхностных вод до 70-80-х годов XX века базировались на осаждении, осветлении и фильтрации. Разработанные в 30-40-х годах прошлого века, эти методы различаются по процессам обработки, числу этапов, типам движения воды, а также использованию реагентов и безреагентных техник. Для небольших населенных пунктов с водой цветности менее 50 градусов и низкой концентрацией взвешенных веществ можно применять безреагентные технологии, включающие предварительное осветление на гидроциклонах, использование сетчатых фильтров и ковшей-отстойников, а также глубокую очистку на медленных фильтрах с размером зерен от 0,15 до 0,5 мм.

В малых населенных пунктах на севере наиболее целесообразно применение комплектных малогабаритных устройств для водоочистки, которые можно разместить в компактных модульных зданиях с автономными системами жизнеобеспечения [13].

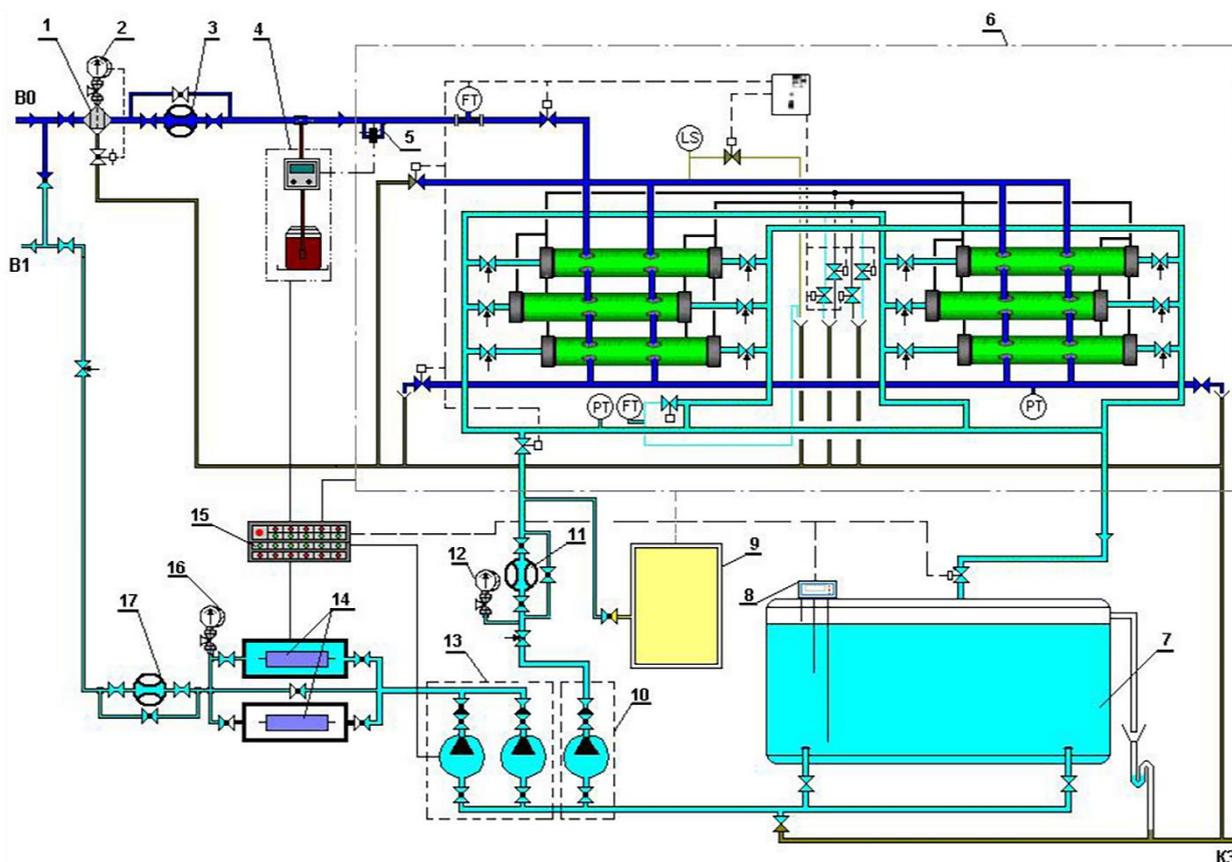
Водоочистные установки должны обеспечивать требуемое качество воды с минимальным использованием реагентов.

Одним из вариантов подобных систем может послужить мембранная ультрафильтрация.

Основным элементом ультрафильтрационной установки очистки воды являются мембранные аппараты, поэтому от выбора типа мембран, конструкции мембранных модулей и режима их работы будет зависеть успех работы всей установки. Принципиальная схема ультрафильтрационной установки представлена на рисунке 17.

«На рисунке 17, исходная вода по трубопроводу В0 подается в сетчатый фильтр 1, который улавливает грубодисперсные взвешенные для предотвращения их попадания в мембраны. Периодически осуществляется регенерация фильтра для удаления и сброса загрязнений в дренажный трубопровод. После фильтра в трубопровод вводится раствор гидроксида натрия для поддержания требуемого значения рН (станция дозирования 4)» [22].

«Далее вода направляется в ультрафильтрационный модуль 6, который состоит из нескольких корпусов, в каждом из которых расположено несколько мембранных элемента. Мембранные элементы состоят из 12000 капилляров, собранных в пучки. Фильтрация происходит в тупиковом режиме «изнутри-наружу». Вода поступает внутрь капилляра, проходит через поры, а частицы, диаметр которых больше размера пор мембран, задерживаются на их поверхности. Размер пор составляет 10-25 нм. Это гарантирует удаление из воды всех коллоидных и взвешенных частиц, а также бактерий и вирусов [3].



«1 – сетчатый самопромывающийся фильтр; 2,12,16 – манометры; 3,11,17 – расходомеры; 4 – станция дозирования; 5 – ячейка проточная; 6 – ультрафильтрационный модуль; 7 – накопительная емкость; 8 – сигнализатор уровня электронный; 9 – модуль промывки мембранных элементов; 10 – промывной насос; 13 – насосная станция; 14 – устройство обеззараживания воды; 15 – блок управления и электрический щит; B0 – исходная вода; B1 – чистая вода; K3 – промывные воды» [22].

Рисунок 17 – Принципиальная технологическая схема ультрафильтрационной установки

После прохождения через ультрафильтрационный модуль 6 очищенная вода поступает в накопительную емкость 7. Из емкости 7 вода с помощью сетевой насосной станции 13 подается потребителям. Непосредственно перед подачей воды потребителям она проходит дополнительную стадию обеззараживания на ультрафиолетовых установках 14» [22].

2.4 Выбор технологических решений подачи и распределения воды

В соответствии с требованиями норм по проектированию наружных сетей и сооружений водоснабжения и канализации в районах распространения вечномёрзлых грунтов [26]:

- для водоводов и сетей водопровода необходимо применять стальные и пластмассовые трубы, чугунные трубы допускается применять при подземной прокладке в проходных каналах. Применение железобетонных и асбестоцементных труб не допускается;
- материал труб для напорных сетей канализации следует принимать как для труб водопроводных сетей;
- для самотечных сетей канализации надлежит применять трубы полиэтиленовые и чугунные с резиновой уплотнительной манжетой.

Уменьшение тепловых потерь трубопроводов при подземной прокладке следует обеспечивать за счет оборудования труб кольцевой теплоизоляцией и контроля естественной вентиляции.

В зависимости от местных условий необходимо учитывать подогрев воды в трубопроводах. Для этого можно использовать совместную изоляцию труб с тепловыми сетями или укладывать греющий электрокабель непосредственно на поверхность труб. Рекомендуется располагать кабель кольцами только на вводах и местах установки арматуры. Диаметр труб на вводе в здание должен быть не менее 50 мм независимо от расчетных данных [28]. На вводах водопровода следует устанавливать арматуру из бронзы, включая спускные и воздушные краны, используя гнутые компенсаторы и отводы. В условиях севера особое внимание следует уделить сохранению энергии [30].

В качестве инструмента подачи воды предлагается принять теплоизолированные трубы АРКТИКА.

Полимерные теплоизолированные трубы АРКТИКА, АРКТИКА-У и АРКТИКА ПОЛЮС-У представляют собой многослойную конструкцию, состоящую из напорной трубы, теплоизолирующего слоя и защитной оболочки.

Трубы АРКТИКА-У и АРКТИКА ПОЛЮС-У оснащены одним или несколькими полиэтиленовыми кабель-каналами для внедрения в систему нагревательных элементов.

Рабочая труба предназначена для непосредственной транспортировки жидкости внутри трубопровода; она воспринимает давление, температуру и иное воздействие транспортируемой жидкости. При производстве труб и фасонных изделий АРКТИКА и АРКТИКА-У используются трубы по ГОСТ 18599 из полиэтилена марки ПЭ100 (Рисунок 18).

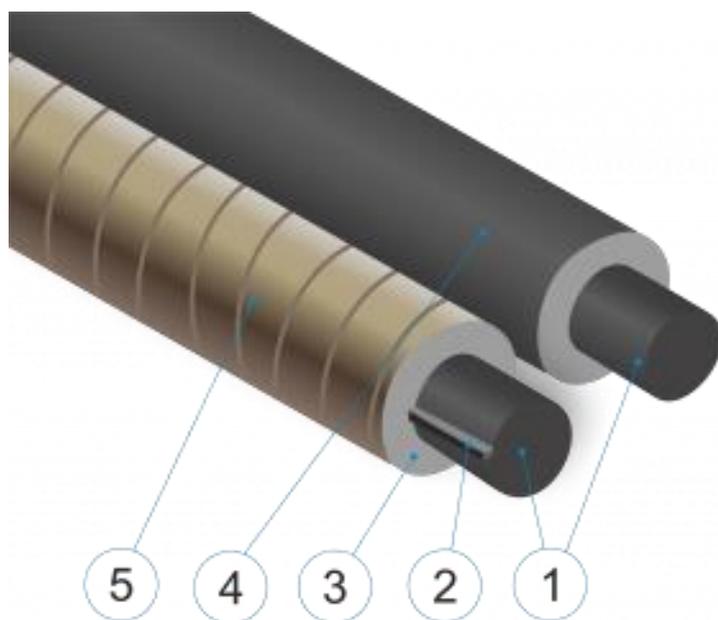


Рисунок 18 – Теплоизолированная труба АРКТИКА

Слой теплоизоляции обеспечивает сохранение требуемой температуры теплоносителя во время его транспортировки по трубопроводу, а также обеспечивает необходимую жесткость конструкции. Для обеспечения минимальных тепловых потерь в трубопроводе в качестве теплоизоляционного слоя труб и фасонных изделий используется жесткий пенополиуретан (ППУ) заливочного типа.

Защитная оболочка предназначена для физической защиты теплоизолирующего слоя от внешних воздействий. В зависимости от способа прокладки трубопровода в трубных системах АРКТИКА применяются два вида защитных оболочек:

- полиэтиленовая труба-оболочка (ПЭ-оболочка) — для подземной канальной и бесканальной прокладки;

- оболочка из оцинкованной стали (ОЦ-оболочка) — для наружной прокладки, прокладки в каналах и туннелях.

При производстве ПЭ-оболочек применяется композиция полиэтилена трубных марок. По специальному заказу ОЦ-оболочка может быть изготовлена из стального оцинкованного листа с увеличенной (на 20-30%) толщиной по сравнению со стандартной.

Кабель-каналы предназначены для протягивания нагревательных лент (в трубных системах АРКТИКА-У и АРКТИКА ПОЛЮС-У), что предотвращает возможность полного промерзания трубопроводов.

Для предотвращения остановки движения воды в водоводах необходимо предусматривать:

- бесперебойное электроснабжение насосной станции;
- установку на площадке насосной станции резервной электростанции на жидком топливе или установку дополнительного агрегата с двигателем внутреннего сгорания, если имеется только одна ЛЭП;
- установку в насосной станции не менее трех насосных агрегатов независимо от категории водопровода;
- организацию непрерывного контроля за расходом воды в водоводах.

Выводы по 2 главе.

- В качестве источника водоснабжения с. Караул выбраны подрусловые воды реки Енисей. Качество воды в р. Енисей относится к 3-му классу (загрязненной – очень загрязненной). Подрусловые воды содержат меньшее количество загрязнений.
- Выполнен анализ публикаций по составу аллювиальных отложений берегов и русла р. Енисей, по результатам которого выбраны варианты водозаборов для захвата инфильтрационных вод. В гидрологических условиях р. Енисей в районе расположения с. Караул возможно использование горизонтальных (лучевых) или вертикальных (скважинных).

- В малых населенных пунктах на севере наиболее целесообразно применение комплектных малогабаритных устройств для водоочистки, которые можно разместить в компактных модульных зданиях с автономными системами жизнеобеспечения. Водоочистные установки должны обеспечивать требуемое качество воды с минимальным использованием реагентов. Одним из вариантов подобных систем может послужить мембранная ультрафильтрация.
- Для подачи воды в с. Караул предлагается принять полимерные теплоизолированные трубы АРКТИКА многослойной конструкции, состоящей из напорной трубы, теплоизолирующего слоя и защитной оболочки.

Глава 3 Расчет системы водоснабжения села Караул

3.1 Расчет расходов воды

Совокупность устройств, предназначенных для подъема жидкости из источников, включая резервуары, водонапорные башни и трубопроводы, которые транспортируют воду от поставщика к потребителю с сохранением ее объема, представляет собой комплексную систему для транспортировки и распределения водных ресурсов [35]. При разработке сети распределения воды важно учитывать взаимосвязь ее элементов, так как изменения в одной части могут повлиять на параметры остальных компонентов. Для правильного расчета оборудования, отвечающего за подачу воды, необходимо уделить внимание согласованию работы насосов с резервуарами для воды. Проектирование водопроводной системы должно проводиться с учетом экономии ресурсов и повышения эффективности для упрощения эксплуатации, установки и снижения издержек. Основные цели водопроводной системы включают в себя обеспечение непрерывного и надежного водоснабжения потребителей, а также достаточного объема воды по запросу абонента. Использование подходящих материалов, точный расчет диаметров труб и проведение трассировки обеспечивают эффективное выполнение строительных работ. Для нормальной работы системы водоснабжения, контроля расхода воды и управления потоками в экстренных ситуациях необходима установка запорной арматуры, водосчетчиков, предохранительных клапанов, обратных клапанов и регуляторов давления. Зависит степень насыщения системы от сложности прокладки, плотности узлов и других факторов. По нормам строительства необходимо предусмотреть пожарные гидранты. Запорные ножевые клапаны устанавливаются на главных и ветвящихся трубопроводах. Регулирующие клапаны необходимо концентрировать при ремонте, если пять и более клапанов закрыты, но вода все равно подается к потребителям. На участках с

высокой точкой должен быть установлен вакуумный клапан для сброса воздуха и предотвращения возможных заторов. В случае экстренных ситуаций следует разработать проект колодцев для отвода лишней воды [15].

Водозабор из подземного источника расположен на реке Енисей и осуществляет обеспечение населения поселка Караул в количестве 785 чел. Определяем расчетные среднесуточные расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды $Q_{сут.м}$ по формуле:

$$Q_{сут.м} = \left(\frac{q_{ж} \cdot N_{ж}}{1000} \right) k_{н.н}, \quad (1)$$

где $q_{ж}$ – удельное водопотребление, л/сут на одного человека;
 $N_{ж}$ – число жителей в районе, чел.

$$Q_{сут.м} = \left(\frac{q_{ж} \cdot N_{ж}}{1000} \right) \cdot k_{н.н} = \left(\frac{160 \cdot 785}{1000} \right) \cdot 1,1 = 138,16 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Расчетные расходы в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления надлежит определять по формуле (2):

$$\begin{aligned} Q_{сут.маx} &= K_{сут.маx} \cdot Q_{сут.м}; \\ Q_{сут.миn} &= K_{сут.миn} \cdot Q_{сут.м}, \end{aligned} \quad (2)$$

где $K_{сут.маx}$ – коэффициент максимальной суточной неравномерности, принимается равным 1,1-1,3;
 $K_{сут.миn}$ – коэффициент минимальной суточной неравномерности, принимается равным 0,7-0,9.

$$Q_{сут.маx} = K_{сут.маx} \cdot Q_{сут.м} = 1,3 \cdot 138,16 = 179,6 \text{ м}^3/\text{сут}$$

$$Q_{сут.миn} = K_{сут.миn} \cdot Q_{сут.м} = 0,7 \cdot 138,16 = 96,7 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Определим расход воды различными потребителями, а именно больницей и школой-интернатом.

Для больницы: $Q_{сут} = 3 \text{ м}^3/\text{сут}$.

Для школы – интерната: $Q_{сут} = 9,96 \text{ м}^3/\text{сут}$.

«Почти все потребители воды расходуют ее неравномерно. Колебания расхода вода в течение суток характеризуются коэффициентами часовой неравномерности $K_{ч.маx}$, $K_{ч.мин}$, которые показывают, во сколько раз максимальный (минимальный) часовой расход больше или меньше среднего за сутки часового расхода и определяются как

$$\begin{aligned} K_{ч.маx} &= \alpha_{маx} \cdot \beta_{маx}, \\ K_{ч.мин} &= \alpha_{мин} \cdot \beta_{мин}, \end{aligned} \quad (7)$$

где α – коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и др. (принимается $\alpha_{маx} = 1,2-1,4$; $\alpha_{мин} = 0,4-0,6$) и выбираемый аналогично коэффициентам суточной неравномерности;

β – принимается в зависимости от количества жителей» [15].

Получаем:

$$\alpha_{маx} = 1,4.$$

$$\alpha_{мин} = 0,4.$$

$$\beta_{маx} = 2,2.$$

$$\beta_{мин} = 0,07.$$

$$K_{ч.маx} = \alpha_{маx} \cdot \beta_{маx} = 1,4 \cdot 2,2 = 3,08;$$

$$K_{ч.мин} = \alpha_{мин} \cdot \beta_{мин} = 0,4 \cdot 0,07 = 0,028.$$

Расчетные максимальные и минимальные часовые расходы $q_{ч.маx}$, $q_{ч.мин}$ в $\text{м}^3/\text{ч}$ или в % определяются по формулам:

$$q_{ч.маx} = K_{ч.маx} \frac{Q_{сут.маx}}{24}; \quad (8)$$

$$q_{ч.мин} = K_{ч.мин} \frac{Q_{сут.мин}}{24}.$$

$$q_{ч.маx} = 3,08 \cdot 100/24 = 12,83;$$

$$q_{ч.мин} = 0,028 \cdot 100/24 = 0,12.$$

Результаты сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Сводная таблица водопотребления по часам суток городом

| Часы суток | Хозяйственно-питьевые расходы поселка | | | | | | | | | | Суммарный часовой расход | | Суммарный расход воды от начала суток | |
|--------------|---------------------------------------|--------|-------------|------------------------------|------|-------------|------------------------------|------|------------------------------|-------------|--------------------------|--------|---------------------------------------|-------|
| | Поселок | | | Больница | | | Школа-интернат | | Общий расход по городу, м³/ч | | | | | |
| | Хозяйственно-питьевой расход | | итого, м³/ч | Хозяйственно-питьевой расход | | итого, м³/ч | Хозяйственно-питьевой расход | | | | | | | |
| | % от суточного расхода | м³/ч | | % от суточного расхода | м³/ч | | % от суточного расхода | м³/ч | | итого, м³/ч | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 0 – 1 | 0,1 | 0,18 | 0,18 | 0,2 | 0,01 | 0,01 | 0,15 | 0,01 | 0,01 | 0,20 | 0,20 | 0,15 | 0,20 | 0,15 |
| 1 – 2 | 0,1 | 0,18 | 0,18 | 0,2 | 0,01 | 0,01 | 0,15 | 0,01 | 0,01 | 0,20 | 0,20 | 0,15 | 0,40 | 0,30 |
| 2 – 3 | 1,1 | 1,98 | 1,98 | 0,2 | 0,01 | 0,01 | 0,15 | 0,01 | 0,01 | 2,00 | 2,00 | 0,48 | 2,40 | 0,78 |
| 3 – 4 | 1,9 | 3,41 | 3,41 | 0,2 | 0,01 | 0,01 | 0,15 | 0,01 | 0,01 | 3,43 | 3,43 | 0,75 | 5,83 | 1,53 |
| 4 – 5 | 3,4 | 6,11 | 6,11 | 0,5 | 0,02 | 0,02 | 0,15 | 0,01 | 0,01 | 6,14 | 6,14 | 1,35 | 11,97 | 2,88 |
| 5 – 6 | 3,4 | 6,11 | 6,11 | 0,5 | 0,02 | 0,02 | 0,25 | 0,02 | 0,02 | 6,15 | 6,15 | 1,38 | 18,11 | 4,27 |
| 6 – 7 | 4,5 | 8,08 | 8,08 | 3 | 0,09 | 0,09 | 0,3 | 0,03 | 0,03 | 8,20 | 8,20 | 2,60 | 26,32 | 6,87 |
| 7 – 8 | 10,2 | 18,32 | 18,32 | 5 | 0,15 | 0,15 | 23,5 | 2,34 | 2,34 | 20,81 | 20,81 | 12,90 | 47,13 | 19,77 |
| 8 – 9 | 8,8 | 15,80 | 15,80 | 8 | 0,24 | 0,24 | 6,8 | 0,68 | 0,68 | 16,72 | 16,72 | 7,87 | 63,85 | 27,63 |
| 9 – 10 | 6,5 | 11,67 | 11,67 | 10 | 0,30 | 0,30 | 4,6 | 0,46 | 0,46 | 12,43 | 12,43 | 7,03 | 76,28 | 34,67 |
| 10 – 11 | 4,1 | 7,36 | 7,36 | 6 | 0,18 | 0,18 | 3,6 | 0,36 | 0,36 | 7,90 | 7,90 | 4,57 | 84,18 | 39,23 |
| 11 – 12 | 4,5 | 8,08 | 8,08 | 10 | 0,30 | 0,30 | 2 | 0,20 | 0,20 | 8,58 | 8,58 | 5,50 | 92,76 | 44,73 |
| 12 – 13 | 3,4 | 6,11 | 6,11 | 10 | 0,30 | 0,30 | 3 | 0,30 | 0,30 | 6,71 | 6,71 | 5,47 | 99,47 | 50,20 |
| 13 – 14 | 3,4 | 6,11 | 6,11 | 6 | 0,18 | 0,18 | 6,25 | 0,62 | 0,62 | 6,91 | 6,91 | 5,22 | 106,38 | 55,42 |
| 14 – 15 | 4,7 | 8,44 | 8,44 | 5 | 0,15 | 0,15 | 6,25 | 0,62 | 0,62 | 9,21 | 9,21 | 5,32 | 115,59 | 60,73 |
| 15 – 16 | 6,2 | 11,14 | 11,14 | 8,5 | 0,26 | 0,26 | 3 | 0,30 | 0,30 | 11,69 | 11,69 | 5,90 | 127,28 | 66,63 |
| 16 – 17 | 12,8 | 22,99 | 22,99 | 5,5 | 0,17 | 0,17 | 4 | 0,40 | 0,40 | 23,55 | 23,55 | 7,43 | 150,83 | 74,07 |
| 17 – 18 | 9,4 | 16,88 | 16,88 | 5 | 0,15 | 0,15 | 3,6 | 0,36 | 0,36 | 17,39 | 17,39 | 6,00 | 168,22 | 80,07 |
| 18 – 19 | 7,3 | 13,11 | 13,11 | 5 | 0,15 | 0,15 | 3,3 | 0,33 | 0,33 | 13,59 | 13,59 | 5,20 | 181,81 | 85,27 |
| 19 – 20 | 1,5 | 2,69 | 2,69 | 5 | 0,15 | 0,15 | 5 | 0,50 | 0,50 | 3,34 | 3,34 | 3,83 | 185,15 | 89,10 |
| 20 – 21 | 1,5 | 2,69 | 2,69 | 2 | 0,06 | 0,06 | 2,6 | 0,26 | 0,26 | 3,01 | 3,01 | 2,03 | 188,17 | 91,13 |
| 21 – 22 | 1 | 1,80 | 1,80 | 0,7 | 0,02 | 0,02 | 18,6 | 1,85 | 1,85 | 3,67 | 3,67 | 6,77 | 191,84 | 97,90 |
| 22 – 23 | 0,1 | 0,18 | 0,18 | 3 | 0,09 | 0,09 | 1,6 | 0,16 | 0,16 | 0,43 | 0,43 | 1,57 | 192,27 | 99,47 |
| 23 – 24 | 0,1 | 0,18 | 0,18 | 0,5 | 0,02 | 0,02 | 1 | 0,10 | 0,10 | 0,29 | 0,29 | 0,53 | 192,56 | 100,0 |
| Итого м³/сут | 100 | 179,60 | 179,60 | 100 | 3,00 | 3,00 | 100 | 9,96 | 9,96 | 192,56 | 192,56 | 100,00 | | |

3.2 Гидравлический расчет водопроводной сети

На каждый расчетный случай определяется величина удельного расхода отдачи воды участками сети в данном районе в л/с на 1 м расчетной длины:

$$q_{уд} = \frac{q_{расч}}{\Sigma l_{расч}}, \quad (9)$$

$$q_{уд} = \frac{6,55}{2391} = 0,00274$$

где $q_{расч}$ – расчетный часовой расход воды по району, л/с, принимаемый по табл. 6;

$\Sigma l_{расч}$ – сумма расчетных длин всех участков сети района, м (Таблица 6).

Таблица 6 – Определение суммы расчетных длин участков магистральной сети

| Наименование участка | Фактическая длина участка $l_{ф}$ | Расчетная длина участка $l_{расч}$ |
|----------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| I район | | |
| 1–2 | 289 | 289 |
| 2–3 | 171 | 171 |
| 3–4 | 296 | 296 |
| 4–5 | 150 | 150 |
| 5–6 | 328 | 328 |
| 6–7 | 86 | 86 |
| 7–8 | 233 | 233 |
| 2–8 | 357 | 357 |
| 1–7 | 367 | 367 |
| 4-8 | 114 | 114 |
| Итого | | $\Sigma l_{расч}^I = 2391$ |

«Удельный расход определяется с точностью до 4-го знака после запятой. Расчетная длина участка принимается равной фактической длине.

Система водоснабжения должна быть запроектирована так, чтобы потребитель получал воду по наиболее краткому расстоянию. Это позволит уменьшить мощности насосной станции и уменьшит риски аварии по магистрали.

После определения удельных расходов вычисляются путевые расходы $q_{\text{пут}}$, л/с, – величины отдачи воды каждым расчетным участком сети [19]:

$$q_{\text{пут}} = q_{\text{уд}} \cdot l_{\text{расч.уч}}, \quad (10)$$

где $l_{\text{расч.уч}}$ – расчетная длина участка (Таблица 6).

При определении путевого расхода участка, лежащего на границе районов с различной степенью благоустройства, удельный расход берется средним между удельными расходами районов (если на всем протяжении границы имеется жилая застройка с двух сторон), а расчетная длина принимается равной фактической» [15].

$$q_{\text{узел}} = 0,5 \sum q_{\text{пут}}, \quad (11)$$

где $\sum q_{\text{пут}}$ – сумма путевых расходов на участках сети, примыкающих к рассматриваемому узлу.

Сумма узловых расходов должна быть равна расходу в данный расчетный час согласно таблице 7.

Расчетная схема водопроводной сети представлена на рисунке 19. План села караул – на рисунке 20.

Таблица 7 – Определение путевых и узловых расходов воды

| Номера узлов | Участки сети, примыкающие к узлу | | Удельный расход, л/с·м | Путевой расход, л/с | Узловой расход $q_{\text{узел}} = 0,5q_{\text{пут}}$, л/с | Сосредоточенный расход | | Полный узловой расход, л/с |
|--------------|----------------------------------|--------------------|------------------------|---------------------|--|------------------------|------------|----------------------------|
| | Обозначение | Расчетная длина, м | | | | Наименование | Отбор, л/с | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | 1-2 | 289 | 0,00274 | 0,79 | 0,89872 | | | 0,89872 |
| | 1-7 | 367 | 0,00274 | 1,01 | | | | |
| 2 | 2-1 | 289 | 0,00274 | 0,79 | 1,11929 | | | 1,11929 |
| | 2-3 | 171 | 0,00274 | 0,47 | | | | |
| | 2-8 | 357 | 0,00274 | 0,98 | | | | |
| 3 | 3-2 | 171 | 0,00274 | 0,47 | 0,63979 | | | 0,63979 |
| | 3-4 | 296 | 0,00274 | 0,81 | | | | |
| 4 | 4-3 | 296 | 0,00274 | 0,81 | 0,7672 | | | 0,7672 |
| | 4-5 | 150 | 0,00274 | 0,41 | | | | |
| | 4-8 | 114 | 0,00274 | 0,31 | | | | |
| 5 | 5-4 | 150 | 0,00274 | 0,41 | 0,65486 | | | 0,65486 |
| | 5-6 | 328 | 0,00274 | 0,90 | | | | |
| 6 | 6-5 | 328 | 0,00274 | 0,90 | 0,56718 | | | 0,56718 |
| | 6-7 | 86 | 0,00274 | 0,24 | | | | |
| 7 | 7-6 | 86 | 0,00274 | 0,24 | 0,93982 | | | 0,93982 |
| | 7-8 | 233 | 0,00274 | 0,64 | | | | |
| | 7-1 | 367 | 0,00274 | 1,01 | | | | |
| 8 | 8-2 | 357 | 0,00274 | 0,98 | 0,96448 | | | 0,96448 |
| | 8-4 | 114 | 0,00274 | 0,31 | | | | |
| | 8-7 | 233 | 0,00274 | 0,64 | | | | |
| | | | | | | | | $\Sigma=6,55$ |

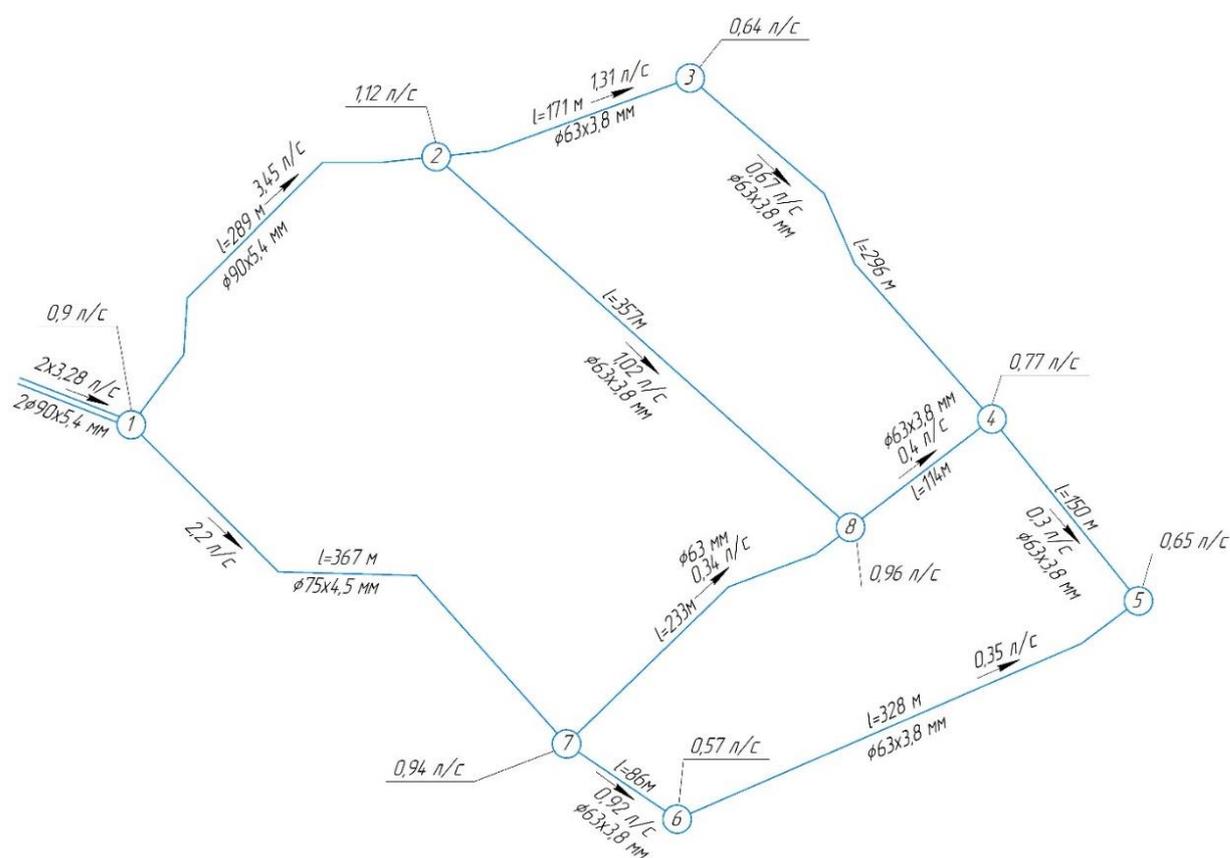


Рисунок 19 – Потокораспределение на магистральной сети поселка Караул

«Магистральные линии с целью их взаимозаменяемости должны иметь примерно одинаковую пропускную способность. Основным потребителям воду следует подавать кратчайшим путем.

Для каждого участка выбирается диаметр, одновременно обеспечивающий бесперебойную и экономичную работу сети в любых условиях.

Диаметр выбирается из следующих соображений:

- в системах с регулирующей емкостью в начале сети (или при безбашенной системе) решающим для выбора диаметров является случай работы сети в час максимального водопотребления;
- в системах с контррезервуаром – на участках, прилегающих к нему, решающим для выбора диаметров является час максимального транзита в башню, на остальных участках диаметр принимается по расходу в час максимального водопотребления;

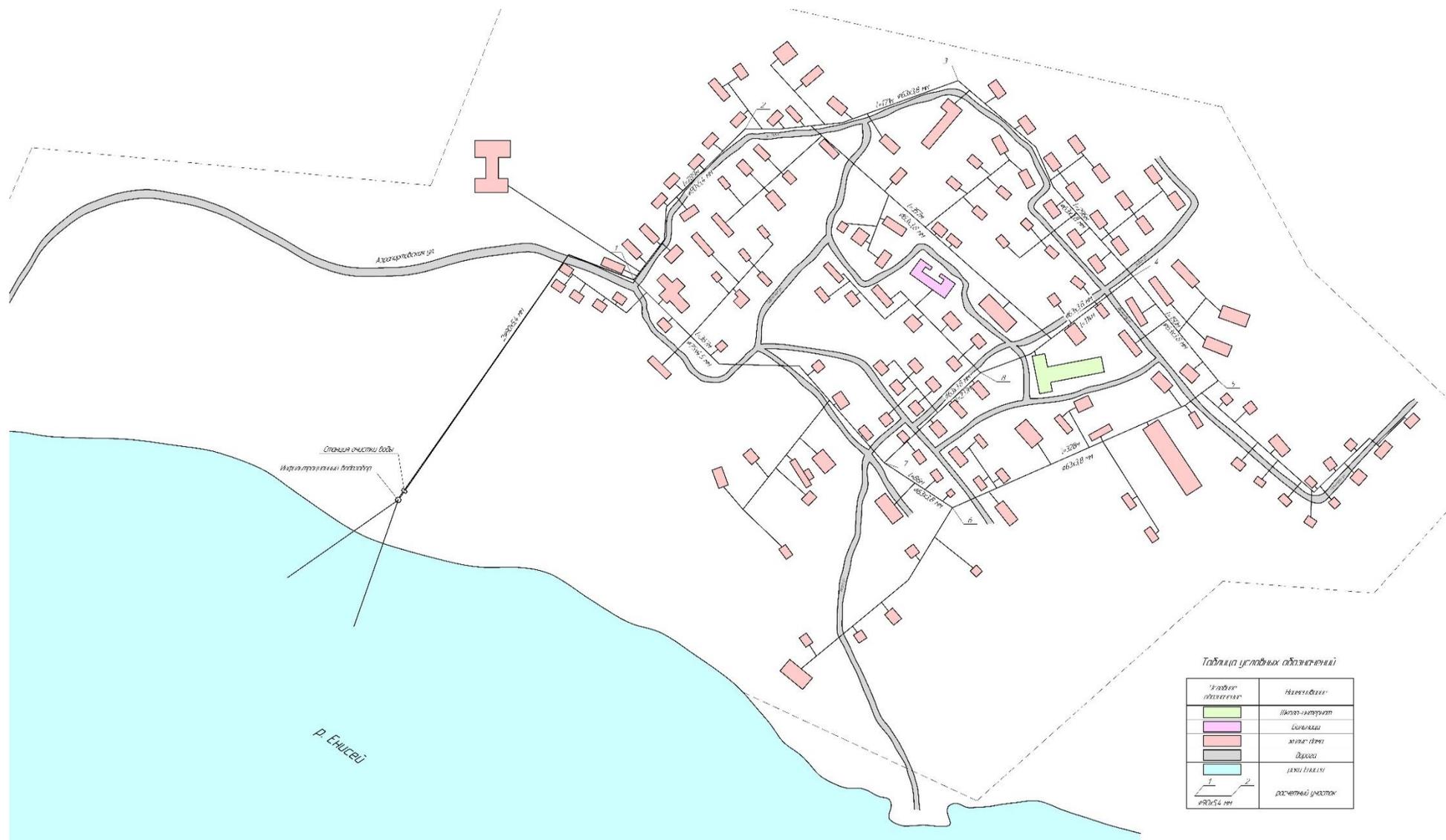


Рисунок 20 – План села Караул

- при пропуске пожарного расхода по трубам следует следить, чтобы скорости движения воды не превышали 2,5 м/с, в противном случае следует принимать следующий по сортаменту диаметр трубопровода (по отношению к основному расчетному случаю).
- При выборе диаметров необходимо соблюдать следующие правила:
 - диаметры трубопроводов в одном кольце должны отличаться не более чем на два сортамента;
 - диаметры перемычек следует принимать на 1-2 сортамента меньше соединяемых ими магистралей;
 - диаметры магистральных линий должны уменьшаться плавно по направлению основных потоков воды;
 - минимальный диаметр труб водопровода, объединенного с противопожарным, принимается 100 мм» [15].

Для поселка Караул расчет производим в час максимального водопотребления.

Расчетные диаметры труб приводятся в таблице 9.

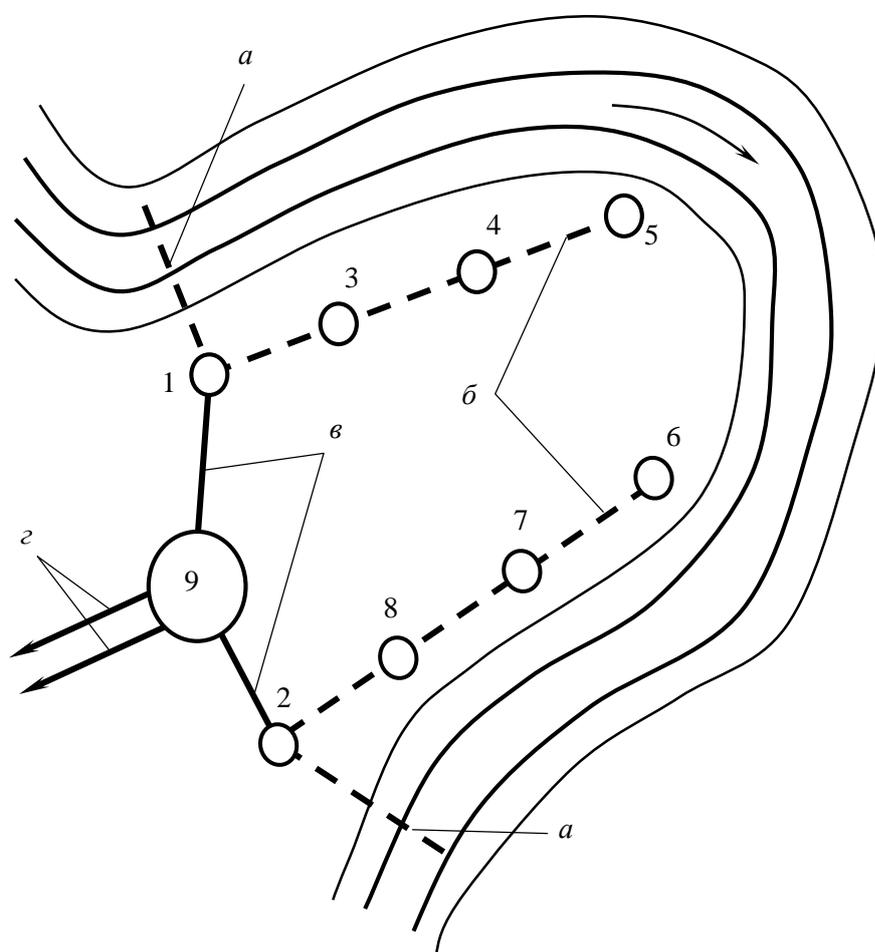
Таблица 8 – Выбор оптимального диаметра труб

| Наименование участка | Час максимального водопотребления | | $1000i$ | $h_{дл}=i \cdot l$ | $h_{общ}=1,1 \cdot h_{дл}$ | Принимаемый диаметр d , мм |
|----------------------|-----------------------------------|--------------------------|---------|--------------------|----------------------------|------------------------------|
| | расчетный расход q_{max} , л/с | скорость v_{max} , м/с | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 |
| 1–2 | 3,45 | 0,469 | 3,128 | 0,904 | 0,9944 | 90 |
| 2–3 | 1,31 | 0,543 | 8,06 | 1,378 | 1,5158 | 63 |
| 3–4 | 0,67 | 0,278 | 2,453 | 0,726 | 0,7986 | 63 |
| 4–5 | 0,3 | 0,124 | 0,59 | 0,088 | 0,0968 | 63 |
| 5–6 | 0,35 | 0,145 | 0,775 | 0,254 | 0,2794 | 63 |
| 6–7 | 0,92 | 0,382 | 4,306 | 0,37 | 0,407 | 63 |
| 7–8 | 0,34 | 0,141 | 0,736 | 0,172 | 0,1892 | 63 |
| 2–8 | 1,02 | 0,423 | 5,171 | 1,846 | 2,0306 | 63 |
| 1–7 | 2,2 | 0,643 | 8,765 | 3,217 | 3,5387 | 75 |
| 4–8 | 0,4 | 0,166 | 0,983 | 0,112 | 0,1232 | 63 |

3.3 Выбор и расчет элементов водозаборного сооружения

Инфильтрационные водозаборы устраиваются параллельно берегам рек и водоёмов, а также под руслами их (подрусловые водосборы). Сооружения могут быть: *вертикальными* (скважины, колодцы) и *горизонтальными* (галереи, трубопроводы, штольни), а также *комбинированными* (Рисунок 21).

Примеры вертикальных (скважинных и горизонтальных (лучевых) инфильтрационных водозаборов представлены на рисунках 22 и 23.

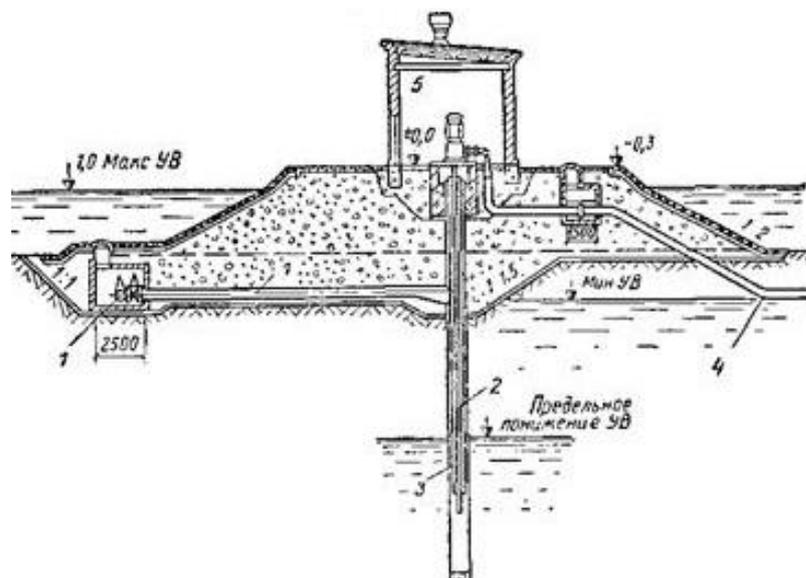


а – подрусловые линии; *б* – береговые линии; *в* – линии, транспортирующие воду;

з – подача воды в сеть;

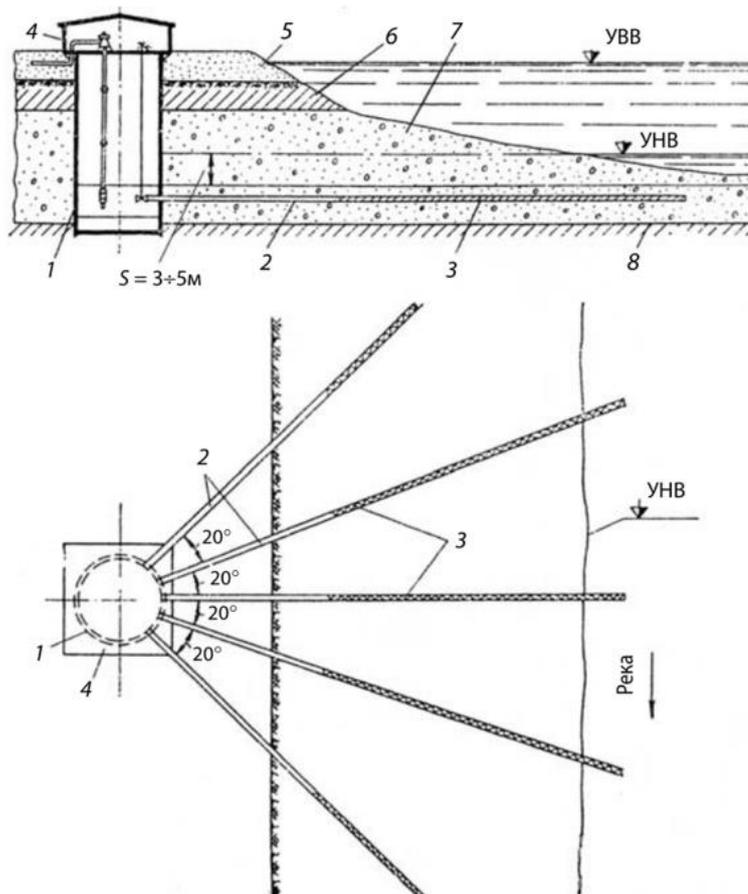
1 и 2 – сборные колодцы; 3, 4, 5, 6, 7 и 8 – смотровые колодцы; 9 – общий сборный колодец, совмещённый с насосной станцией

Рисунок 21 – Схема вертикального инфильтрационного водозабора



1 – камера переключения; 2 – скважина; 3 – насос; 4 – напорный водовод 5 – павильон водозабора

Рисунок 22 – Вертикальный инфильтрационный водозабор



1 – железобетонный шахтный колодец; 2 – глухая (не перфорированная) часть лучевых дрен; 3 – перфорированные стальные трубы; 4 – павильон с насосной станцией; 5 — насыпной грунт; 6 – плотный суглинок; 7 – песок и галька; 8 – глина

Рисунок 23 – Лучевой береговой водозабор

Одним из таких альтернативных источников являются инфильтрационные воды, которые имеют множество преимуществ перед другими. Относительно небольшая глубина скважин в аллювиальных отложениях при достаточно больших водопритоках позволяет решить проблему водоснабжения.

На примере реки Енисей рассчитан и выбран наиболее рациональный тип водозаборного сооружения с использованием инфильтрационных вод - лучевой водозабор с 2 горизонтальными лучами.

Учитывая сложные и разнообразные условия локализации аллювиальных отложений. При определении места расположения водозаборных сооружений необходимо провести гидрогеологические исследования [14].

«При расчёте рассматриваются те же вопросы, что и при проектировании горизонтальных водосборов. Горизонтальные инфильтрационные водосборы конструктивно оформляются так же, как и горизонтальные водосборы. Гидравлический расчёт инфильтрационных водозаборов осуществляется по различным формулам.

Для берегового водозабора, расположенного перпендикулярно потоку подземных вод, расход м³/сут, определяется по формуле С.Ф.Аверьянова (Рисунок 24):

$$Q = \frac{2a}{1+a} \left[Q_2 + \frac{kT(h-h_0)}{l_1} \right] L, \quad (12)$$

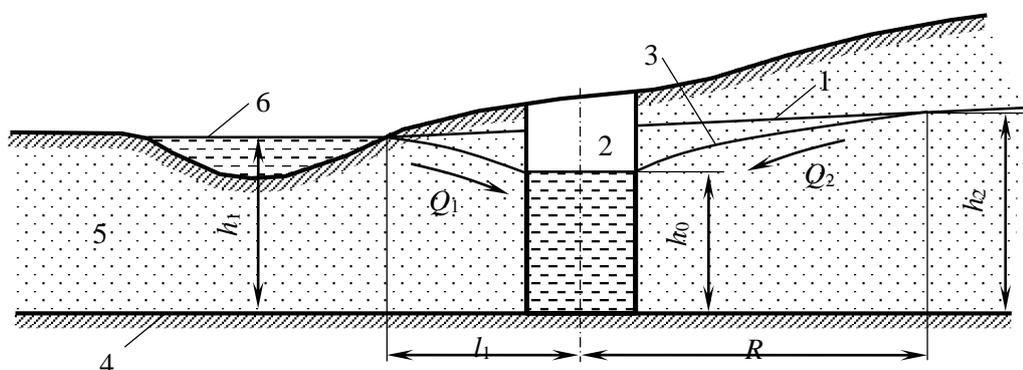
где a – коэффициент, определяемый из выражения $a = \frac{1}{1 + \frac{h_0}{l_1} A}$;

A – коэффициент, вычисляемый по формуле $A = 1,47 \lg \frac{1}{\sin \frac{\pi b}{2h_0}}$;

h_0 – превышение уровня воды в водосборе над водоупором, м;

l_1 – расстояние водосбора от береговой линии водоёма, м;

b – ширина водосбора, включая и фильтрующую обсыпку, м;
 Q_2 – расход потока подземных вод, протекающих со стороны водораздела на 1 м, равный: $Q_2 = k \frac{h_2^2 - h_0^2}{2R}$ (рисунок 23);
 k – коэффициент фильтрации, м/сут;
 T – величина, равная $\frac{h_1 + h_0}{2}$ (средняя мощность фильтрационного потока на участке от водоёма до водосбора);
 h_1, h_2 – высота напора в водоёме над водоупором, м;
 L – длина водосбора, м» [23].



1 – статистический уровень; 2 – водозабор; 3 – депрессионная кривая; 4 – водоупор; 5 – водоносный слой; 6 – водоем

Рисунок 24 – Расчетная схема притока воды к совершенному горизонтальному инфильтрационному водозабору при отдаленной области питания подземных вод

Значения коэффициента приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Значения коэффициента A

| | | | | | | | | | |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\ll b/h_0$ | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 |
| A | 2,64 | 2,20 | 1,95 | 1,76 | 1,62 | 1,51 | 1,41 | 1,32 | 1,25 |
| b/h_0 | 0,10 | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,35 |
| A | 1,18 | 1,07 | 0,97 | 0,89 | 0,81 | 0,75 | 0,61 | 0,50 | 0,41 |
| b/h_0 | 0,40 | 0,45 | 0,50 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 1,00 | – |
| A | 0,34 | 0,28 | 0,22 | 0,14 | 0,07 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | – |

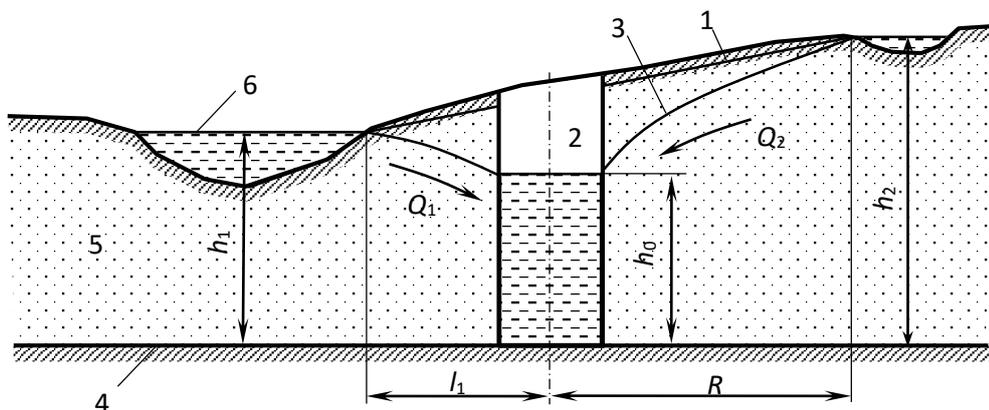
Формула 12 применима для случая, когда к инфильтрационному водозабору, расположенному на берегу водоёма, подземные воды притекают из отдалённой области питания.

Для берегового совершенного водозабора, расположенного между двумя водоёмами нормально потокам воды из них (рисунок 24), расход, м³/с, находится по формуле Дюпюи:

$$Q = L(Q_1 + Q_2), \quad (13)$$

$$\text{где } Q_1 = -\frac{k(h_1^2 - h_0^2)}{2l_1}, \quad Q_2 = \frac{k(h_2^2 - h_0^2)}{2l_2} \gg [23].$$

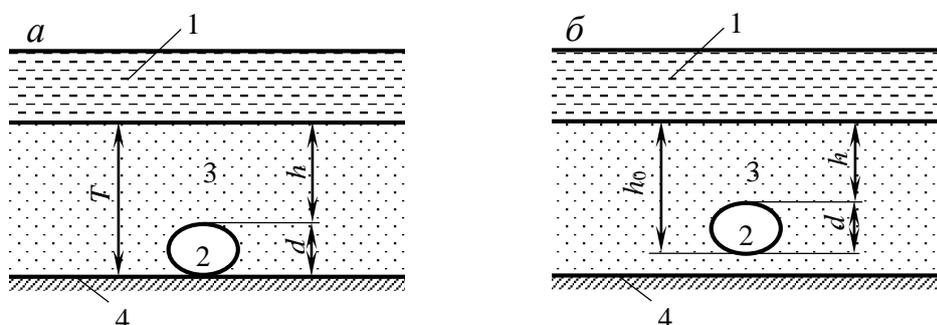
«Обозначения приведены на рисунке 25.



1 – статистический уровень; 2 – водозабор; 3 – депрессионная кривая; 4 – водоупор; 5 – водоносный слой; 6 – водоем

Рисунок 25 – Расчетная схема притока воды к совершенному горизонтальному инфильтрационному водозабору, расположенному между двумя водоисточниками

Расход воды подруслового водозабора с водоприёмной частью, расположенной на подошве пласта (рисунок 26, а), вычисляется по формуле В.И.Аравина и С.Н.Нумерова:



a – совершенному; *б* – несовершенному; 1 – водоем; 2 – водозабор; 3 – подрусловый водоносный пласт; 4 – водоупор

Рисунок 26 – Расчетные схемы притока воды к подрусловому водозабору

$$Q = Lkq_{уд}, \quad (14)$$

где Q – производительность подруслового водозабора, м³/с;

k – коэффициент вертикальной фильтрации, определяемый как средневзвешенный для двух слоёв – верхнего, сильно заиленного ($\approx 0,5$ м), и нижнего естественного грунта;

L – длина водосборных линий, м;

$q_{уд}$ – удельный приток (приток на один метр длины водосбора), м, равный

$$q_{уд} = \frac{h}{0,73 \lg \operatorname{ctg} \left(\frac{\pi d}{8T} \right)}. \quad (15)$$

Для несовершенных горизонтальных водосборов расход вычисляется по формуле (14), но удельный приток, м³/ч, в этом случае определяется из выражения

$$q_{уд} = \frac{h}{0,37 \lg \left[\operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{8} - \frac{4h - Td}{T} \right) \operatorname{ctg} \left(\frac{\pi}{8} - \frac{d}{T} \right) \right]}. \quad (16)$$

При глубоком залегании водоупора ($T = \infty$) выражение для удельного притока упрощается:

$$q_{уд} = \frac{h}{0,37 \lg \left(\frac{4h}{d} - 1 \right)}. \quad (17)$$

Для исключения кольматации донных грунтов рек и других водоёмов скорость движения воды должна составлять $v \leq 0,01-0,04$ мм/с» [23].

Из-за отсутствия данных о мощности подрусовых аллювиальных отложений принимаем для расчета схему, представленную на рисунке 26, б.

Исходные данные для расчета:

$$h = 4 \text{ м}; d = 0,1 \text{ м}; T = \infty; k = 100 \text{ м/сут} = 4,2 \text{ м/ч}; L = 25 \text{ м}.$$

Удельный приток (приток на один метр длины водосбора), м, определяем по формуле (17):

$$q_{уд} = \frac{h}{0,37 \lg \left(\frac{4h}{d} - 1 \right)} = \frac{4}{0,37 \lg \left(\frac{4 \cdot 4}{0,1} - 1 \right)} = 4,9 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Расход воды подрусового водозабора определяем по формуле (14):

$$Q = Lkq_{уд} = 25 \cdot 4,2 \cdot 4,9 = 514,5 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Скорость движения воды при втекании в дренаж-луч составит:

$$v = Q/\omega = 514,5/7,85 = 65,54 \text{ м/ч} = 0,018 \text{ м/с}.$$

Требуемый для обеспечения с. Караул расход воды 23,55 м³/ч.

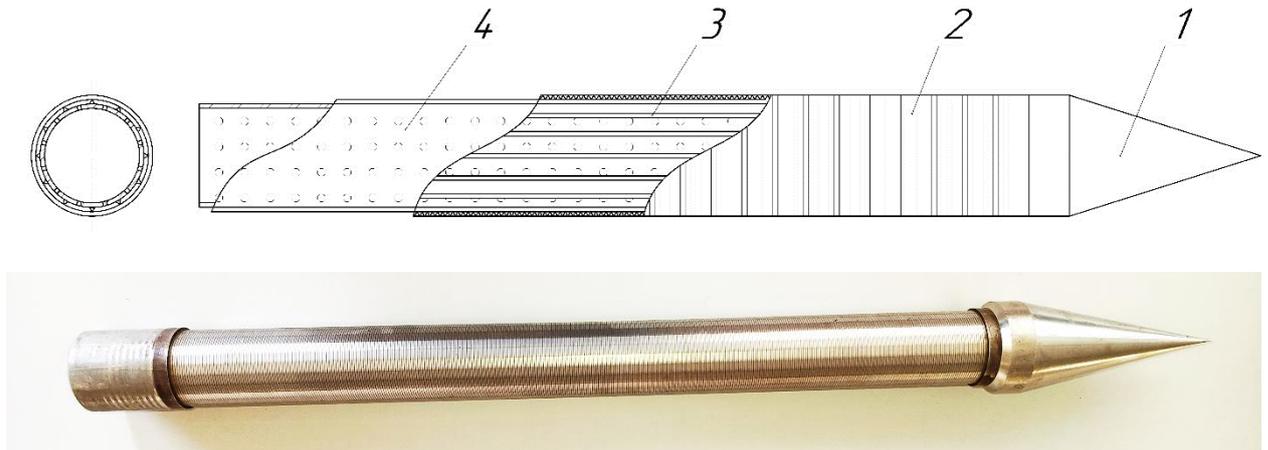
При требуемом расходе скорость втекания воды в дренаж-луч составит:

$$v = Q/\omega = 23,55/7,85 = 3 \text{ м/ч} = 0,00083 \text{ м/с} = 0,83 \text{ мм/с}.$$

При данной скорости втекания воды в дрена-луч ее кольматация будет минимальной.

В качестве луча дрены применяется конструкция на базе фильтрующего элемента «ТЭКО-СЛОТ» производства ООО «ПП «ТЭКО-ФИЛЬТР».

Общий вид и конструкция луча-дрены показан на рисунке 27.



1 – наконечник (для осуществления прокола); 2 – навитая проволока треугольного сечения;
3 – продольный проволочный каркас (стрингеры); 4 – перфорированный водосборный трубопровод

Рисунок 27 – Общий вид луча-дрены

3.4 Выбор и расчет водопроводных очистных сооружений

Сооружения водопроводные очистные «ВОС» для хозяйственно-питьевых нужд изготавливаются в соответствии с ТУ 3697-003-68602182-2013. Станция применяется для доведения качества природной или некачественной водопроводной воды до требований СанПиН 2.1.4.1074-01 [25].

Станция типа «ВОС» включает в себя:

- блок предварительной механической очистки;
- блок окисления;
- реактор физико-химической очистки;
- блок скорых осветительных фильтров;
- блок скорых сорбционных фильтров;

- блок дезинфекции очищенных вод;
- система автоматизированного управления;
- компрессоры и насосы;
- отопительная и вентиляционная системы.

Для доочистки воды после инфильтрационного водозабора предлагается блочно-модульная станция водоподготовки система ультрафильтрации воды (Таблица 10).

Таблица 10 – Блок системы ультрафильтрации UF 10/4

| Модель систем ультрафильтрации | Площадь фильтрующей поверхности, м ² | Производительность, м ³ /час | Габаритные размеры Д×Ш×В, мм |
|------------------------------------|---|---|------------------------------|
| Установка ультрафильтрации UF 10/4 | 550 | 25 – 40 | 1150×2000×2000 |

Общий вид и габаритные размеры установки представлены на рисунке 28.

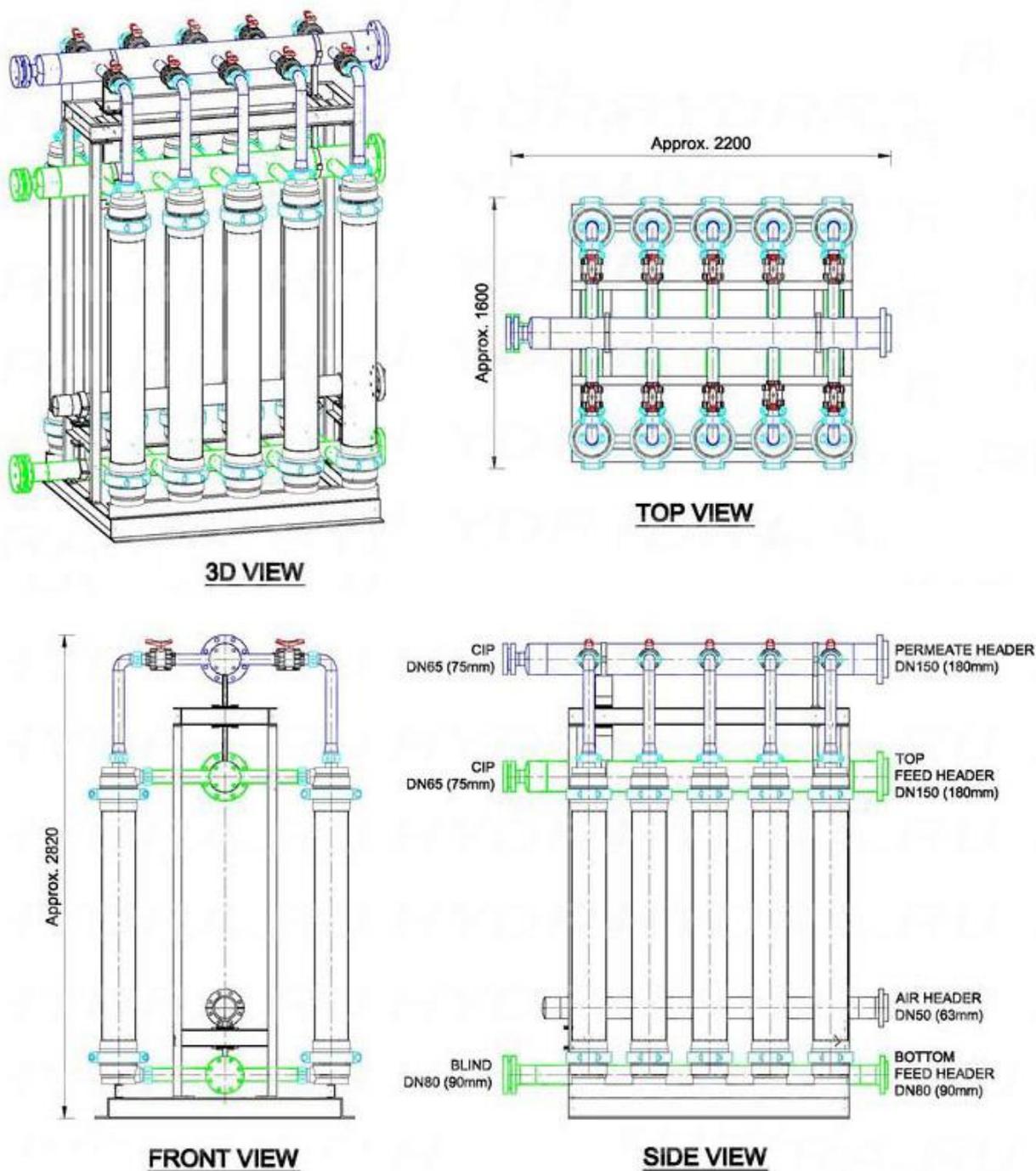


Рисунок 28 – Общий вид и габаритные размеры установки UF 10/4
Установка ультраfiltrации воды состоит из 10 мембранных модулей.

Для большей компактности и удобства обслуживания система монтируется на каркас из стали по 2 или ряда.

Подключение отдельных блоков рассчитывается, исходя из требуемой производительности, начальных характеристик воды и ряда других технических аспектов, уточняемых в процессе разработки. Для обеспечения

достаточного уровня сопротивления коррозии все блоки конструкции изготавливаются из пластика или нержавеющей стали, а рамы производятся из нержавеющей или черной стали, покрытой эпоксидной краской. Обвязка труб осуществляется с помощью элементов крепления из непластифицированного ПВХ или нержавеющей стали.

Общая компоновка трубных коммуникаций выполняется с учетом следующих факторов:

- условия эксплуатации ультрафильтрационной установки;
- удобство проведения монтажа и сервиса в процессе эксплуатации системы;
- особенности помещения, в котором устанавливается конструкция.

Установка включает обязательный набор оборудования, требуемого для эффективной работы системы. В него входят: модуль предварительной очистки, резервуар-хранилище для очищенной воды, блок добавления коагулянта (при необходимости), установка промывки, система химической очистки мембран.

Установка системы ультрафильтрации позволит после прохождения воды добиться таких значений:

- содержание взвеси в отборе после системы – менее 1 мг/л;
- измерение показателя мутности с использованием каолиновой шкалы – менее 0,1 мг/л;
- анализ на насыщенность ионами Fe^{3+} – менее 0,1 мг/л;
- измерение перманганатной окисляемости — менее 5 мг/л;
- отсутствие 99,9% микробиологических организмов из начального водозабора.

Установка монтируется в блочном здании из сэндвич-панелей, применение которых в условиях крайнего севера наиболее целесообразно благодаря теплоизоляционным свойствам, малым срокам монтажа в любой период года, экологичности и легкой транспортировки (Рисунок 29).



Рисунок 29 – Сэндвич-панели

Одним из важных компонентов сэндвич-панелей является утеплитель, который может быть в качестве пенополистирола, пенополиуретана или базальтового волокна.

Сэндвич-панели из пенополиуретана обладают высокой теплоизоляцией, имея при этом низкий коэффициент теплопроводности в диапазоне 0,020-0,025 Вт/м·К, но подвержены возгоранию и имеют большой вес.

Сэндвич-панели из базальтового волокна применяются в условиях повышенной пожарной безопасности, так как они не горят. Их коэффициент теплопроводности составляет 0,032-0,048 Вт/м·К.

Сэндвич-панели из пенополистирола (Рисунок 30) отличаются трудногорючими свойствами, небольшим весом, что уменьшает нагрузку на фундамент, и оптимальным коэффициентом теплопроводности в пределах 0,025-0,033 Вт/м·К. Эти панели широко используются и наиболее подходят для строительства в суровых климатических условиях.



Рисунок 30 – Сэндвич-панели с пенополистиролом стеновая и кровельная

Выводы по 3 главе.

Выполнен гидравлический расчет водопроводной сети с. Караул. Диаметры водопроводной сети от 90 до 63 мм.

В результате расчета водозабора принят инфильтрационный водозабор лучевого типа с двумя лучами-дренами на базе фильтрующего элемента «ТЭКО-СЛОТ» производства ООО «ПП «ТЭКО-ФИЛЬТР». Длина фильтрующей части луча-дрены составляет 25 м [20].

Для доочистки воды после инфильтрационного водозабора выбрана блочно-модульная станция водоподготовки система ультрафильтрации воды UF 10/4.

Заключение

Отсутствие централизованного водоснабжения малых населенных пунктов арктической зоны (АЗ) РФ в настоящее время является не решенной проблемой. Это связано с рядом факторов: удаленность от крупных городов, проблем с транспортировкой оборудования, сложные гидрогеологические условия не регулируемых рек, сложности при строительстве на вечномёрзлых грунтах, отсутствие должного финансирования и др.

Географическое расположения многих малых населенных пунктов Севера рядом с крупными реками с учетом современных технологий в строительстве позволяют приблизить решение проблемы водоснабжения в них.

Забор подрусовых таликовых вод инфильтрационными водозаборами одно из перспективных направлений решения проблемы водоснабжения подобных объектов.

Использование современных теплоизоляционных материалов позволяет обеспечить бесперебойное водоснабжение населения малых населенных пунктов Севера РФ.

Для целей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения должны использоваться защищенные от загрязнения и засорения поверхностные водные объекты, пригодность которых для указанных целей определяется на основании санитарно-эпидемиологических заключений.

Системы водоотведения в АЗРФ также должны быть преимущественно централизованным, оборудованы системой очистки и обеззараживания сточных вод.

Государственная поддержка, включая финансирование, нормативно-правовую базу и программы по улучшению жизненных условий населения, играет ключевую роль в решении этой задачи. Важно продолжать исследования и разработки в этой области, чтобы обеспечить надежное и качественное водоснабжение для жителей севера России.

Список используемых источников

1. Алферова Т.К., Амиров Ю.Д., Волков П.Н. и др.; под ред. Ю.Д. Амирова. Технологичность конструкций изделий: Справочник– М.: Машиностроение, 1985. – 368 с.
2. Бадмаева, С. Э. Мониторинг гидрохимического состояния реки Енисей в г. Красноярске / С. Э. Бадмаева, Ю. А. Соколова // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 8(131). – С. 100-104. – EDN ZDUDSP.
3. Белоконов Е.Н., Попова Т.Е., Пурас Г.Н. Водоотведение и водоснабжение: учебное пособие для бакалавров. – Изд. 2-е. – Ростов н/Д: Феникс, 2012. – 379 с
4. Вдовин Ю.И., Вишневская Н.С. Водозаборно-очистные сооружения систем водоснабжения в криолитозоне России: Монография. – М.: РУДН, 2007. – 199 с.
5. Вдовин Ю. И. Водоснабжение на Севере. – Л.: Стройиздат, 1987. 192 с.
6. Вдовин Ю.И. Повышение надежности водозаборов из поверхностных источников в зоне мерзлоты // Сб. материалов семинара /МДНТП. – М., 1985.– Повышение эффективности водозаборов из поверхностных и подземных источников. – С. 25-35.
7. Вдовин Ю.И. Теория и практика фильтрующего водоприема для систем водоснабжения. – М.: ВИНТИ, 1998.
8. Вдовин, Ю. И. Водозаборно-очистные сооружения систем водоснабжения в криолитозоне России / Ю. И. Вдовин, Н. С. Вишневская ; Ю. И. Вдовин, Н. С. Вишневская ; М-во образования и науки РФ, Тольяттинский гос. ун-т. – Москва : Российский ун-т дружбы народов, 2007. – 199 с. – ISBN 978-5-209-02880-2. – EDN QNMZFD.
9. Вишневская, Н. С. Совершенствование технологий водоприема в условиях криолитозоны : специальность 05.23.04 «Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Вишневская Надежда Семеновна. – Тольятти-Ухта, 2007. – 213 с. – EDN NOVDF.

10. Водозаборы из озер и водохранилищ. Их особенности при выборе месторасположения. [электронный ресурс] <https://lektsii.org/4-29294.html>

11. Выучейская, Д. С. Проблемы водоснабжения и водоотведения в российской Арктике по результатам анализа научно-практических работ / Д. С. Выучейская, С. Н. Носков, Г. Б. Еремин // Здоровье - основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2019. – Т. 14, № 1. – С. 235-241. – EDN XIBCYV.

12. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. М., 2003.

13. Журба М.Г., Мезенева Е.А., Чудновский С.М. Очистка в водозаборном узле // Метроном, 1996. – №6. – С. 43- 48.

14. 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>.

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

16. Лаврушин, Ю. А. Труды геологического института. Выпуск 47. Типы четвертичного аллювия нижнего Енисея / Издательство Академии наук СССР, Москва, 1961 г., 102 с.

17. 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/?singlepage=1#3>.

18. Павленко В.И. Узловые проблемы обеспечения экономического развития российской Арктики // Арктика: экология и экономика. – 2011. – №4. – С. 64-79.

19. Павлинова И.И., Баженов В. И., Губий И.Г. Водоснабжение и водоотведение: учебник для бакалавров. – 4 изд., перераб. И доп. – М.: Издательство Юрайт, 2015. – 472 с.

20. Порядин А.Ф. Водоснабжение и водоотведение в экстремальных условиях // Водоснабжение и санитарная техника: научно-технический и производственный журнал – 2013. – №3 Ч.2. – С.20-23.

21. Порядин А.Ф. Устройство и эксплуатация водозаборов. — М.: Стройиздат, 1984. — 183с.

22. Рейдерман, И. Б. Причины загрязнения ультрафильтрационных мембран, работающих на нежесткой водопроводной воде / И. Б. Рейдерман // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2010. – № 9(33). – С. 58-63. – EDN NXMLUZ.

23. Рысин, М. С. Водозаборно-очистные сооружения при совместном отборе поверхностных и подрусловых вод / М. С. Рысин, И. А. Лушкин // Градостроительство, реконструкция и инженерное обеспечение устойчивого развития городов Поволжья : сборник трудов IV Всероссийской научно-практической конференции (заочной), Тольятти, 16–18 сентября 2015 года. – Тольятти: Тольяттинский государственный университет, 2015. – С. 179-185. – EDN UKAHWZ.

24. СанПиН 2.1.4.1110–02. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения. – М., 2002.

25. СанПиН 2.1.4.1074–01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М., 2001.

26. СП 31.13330.2020. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.

27. СП 30.13330.2020. Внутренний водопровод и канализация зданий.

28. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения.

29. СН 510–78. Инструкция по проектированию сетей водоснабжения и канализации для районов распространения вечномёрзлых грунтов.

30. Терехов Л.Д., Акимов О.В., Акимова Ю.М. Водоснабжение и водоотведение в северных климатических условиях – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2008. – 124 с.: ил.

31. Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2017»: материалы Хюбилейной Межд. науч.-практ. конф.; г. Астрахань, 5–6 октября 2017 г. / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т. (НПИ) имени М.И. Платова – Новочеркасск: «Лик», 2017.– 299 с.

32. Турутин Б.Ф. Подрусловые инфильтрационные сооружения при кольматации. – Красноярск: Изд-во Красноярского университета, 1987. – 180 с.

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

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

35. Яковлев С.В., И.Г. Губий, И.И. Павлинова, В.Н. Родин Комплексное использование водных ресурсов: учебное пособие. – М.: Высш. Шк., 2005 – 384 с (с.37.).

36. 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.

37. 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.

38. Cîrciumaru, G.; Chihaiia, R.-A.; Voina, A.; Gogoas, e Nistoran, D.-E.; Simionescu, S-M.; El-Leathey, L.-A.; Mândrea, L. Experimental Analysis of a Fish 82 Guidance System for a River Water Intake. Water 2022, 14, 370. <https://doi.org/10.3390/w14030370>

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

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

41. Muchlis, Wati Asriningsih Pranoto, Tri Suyon. – Concept of sediment filtration intake design for raw water drinking water. – IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2018.

42. Pirestani, M.R., Vosoghifar, H.R., and Jazayeri, P., (2011). Evaluation of Optimum Performance of Lateral Intakes. World Academy of Science, Engineering and Technology, 80: 369-3.