

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов
Направление подготовки 020804 «Геоэкология»
Кафедра геоэкологии и геохимии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Тема работы
Оценка качества питьевой воды на фоне внедрения технологии аммонизации на примере ООО «Анжерский водоканал» (г. Анжеро-Судженск)

УДК 628.1.033:55:502.4(571.17)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2600	Лапкина Юлия Юрьевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры геоэкологии и геохимии	Чубик Максим Петрович	Кандидат медицинских наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры экономики природных ресурсов	Романюк Вера Борисовна	Кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Алексеев Николай Архипович			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Геоэкологии и геохимии	Язиков Егор Григорьевич	Доктор геолого- минералогических наук		

Томск – 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт ИПР
Направление подготовки (специальность) геоэкология
Кафедра ГЭГХ

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

_____ Язиков Е. Г.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломной работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-2600	Лапкина Юлия Юрьевна

Тема работы:

Оценка качества питьевой воды на фоне внедрения технологии аммонизации на примере ООО «Анжерский водоканал» (г. Анжеро-Судженск)

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

30.05.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	материалы производственной практики, пройденной в ООО «Анжерский водоканал» в 2015 г.
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Литературный обзор способов обеззараживания воды • Теоретические основы обеззараживания воды методом хлораммонизации • Методы и материалы исследования • Результаты и обсуждение • Выводы
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Обзорная схема предприятия ООО «Анжерский водоканал» (г. Анжеро-Судженск) • Динамика изменения состояния питьевой воды (за пятилетний период)
<p align="center">Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)</p>	
<p align="center">Раздел</p>	<p align="center">Консультант</p>
<p> </p>	<p> </p>
<p> </p>	<p> </p>
<p align="center">Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p align="center">отсутствуют</p>	
<p> </p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p> </p>
--	----------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чубик М.П.	К.М.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-2600	Лапкина Юлия Юрьевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-2600	Лапкиной Юлии Юрьевне

Институт	природных ресурсов	Кафедра	геоэкологии и геохимии
Уровень образования	дипломированный специалист	Специальность	020804 Геоэкология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Рассчитать сметную стоимость проектируемых работ на инженерно-геологические изыскания
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Нормы расхода материалов, тарифные ставки заработной платы рабочих, нормы амортизационных отчислений, нормы времени на выполнение операций в ходе инженерно-геологических изыскания. Справочник базовых цен на инженерно-геологические работы.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Ставка налога на прибыль 20 %; Страховые взносы 30%; Налог на добавленную стоимость 18%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Свод видов и объемов работ на инженерно-геологические изыскания
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Расчет трудоемкости работ и сметной стоимости проектируемых работ на инженерно-геологические изыскания
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Сформировать календарный план выполнения работ на инженерно-геологические изыскания

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Организационная структура управления организацией</i>
2. <i>Линейный календарный график выполнения работ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дат а
Доцент кафедры экономики природных ресурсов	Романюк Вера Борисовна	К.Э.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дат а
3-2600	Лапкина Юлия Юрьевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-2600	Лапкиной Юлии Юрьевне

Институт	природных ресурсов	Кафедра	геоэкологии и геохимии
Уровень образования	дипломированный специалист	Направление/специальность	020804 Геоэкология

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования и области его применения</p>	<p>1. <i>Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>вредных проявлений факторов производственной среды</i> (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – <i>опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</i> – <i>негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</i> – <i>чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</i>
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p>	<p>1.1 <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</i> – <i>действие фактора на организм человека;</i> – <i>приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</i> – <i>предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</i> <p>1.2 <i>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>механические опасности (источники, средства защиты);</i> – <i>термические опасности (источники, средства защиты);</i> – <i>электробезопасность;</i> – <i>пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</i>
--	--

2. Экологическая безопасность	<ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – предложить мероприятия по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	<ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	<ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
Перечень расчетного или графического материала	
Расчетные задания	<ul style="list-style-type: none"> – расчет необходимого воздухообмена – расчет освещения в помещении

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель экологии и безопасности жизнедеятельности	Алексеев Николай Архипович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2600	Лапкина Юлия Юрьевна		

Реферат

Дипломный проект содержит 142 страницы, 16 рисунков, 13 таблиц, 70 источников литературы.

ПИТЬЕВАЯ ВОДА, МЕТОД ХЛОРАММОНИЗАЦИИ, Г. АНЖЕРО-СУДЖЕНСК, ООО «АНЖЕРСКИЙ ВОДОКАНАЛ», ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ.

Целью данной работы является оценка качества питьевой воды на фоне внедрения технологии аммонизации на примере ООО «Анжерский водоканал».

В ходе работы была представлена общая характеристика и классификация питьевой воды, требования к качеству питьевой воды, основные методы водоподготовки. Показаны параметры оценки состава питьевой воды. Приведен санитарно-химический анализ питьевой воды. Рассмотрены различные методы очистки питьевой воды, так же рассмотрен подробно методы обеззараживания питьевой воды.

Приведена характеристика объекта работ на ООО «Анжерский водоканал». Рассмотрены методы оценки качества питьевой воды ООО «Анжерский водоканал». Внедрен метод хлораммонизации на ООО «Анжерский водоканал». Сделаны выводы как изменились и улучшились различные параметры качества воды после внедрения схемы аммонизации на ВОС Анжеро-Судженска.

Рассмотрена социальная ответственность при оценке качества питьевой воды на фоне внедрения технологии аммонизации на примере ООО «Анжерский водоканал». Проведен расчет общего равномерного освещения и потребного воздухообмена в лаборатории. Расчет стоимости согласно сметному расчету работ во внедрению новых методов очистки (аммонизация).

По результатам проведенных исследований был оптимизирован процесс круглогодичной хлораммонизации воды, внесены изменения в технологический режим обеззараживания воды.

Обозначения и сокращения

- ВОС** – водопроводная очистная станция
- ПДК** – предельно допустимая концентрация
- ХПК** – химическое потребление кислорода
- БПК** – биохимическое потребление кислорода
- ПВХ** – поливинилхлоридная трубка
- СВ** – сточные воды
- УФ** – ультрафиолетовые лучи
- ПАВ** – поверхностно-активные вещества
- СОВ** – станция очистки воды
- ГО** – гражданская оборона
- ЧС** – чрезвычайные ситуации
- АС** – аммония сульфат
- ГПХ** – хранение готовой продукции
- АБК** – административный аппарат
- ОКС** – очистные канализационные сооружения
- НС** – насосная станция
- Ж** – жесткость воды
- МПА** – мясопептонный агар
- ХОС** – хлорорганические соединения
- ОМЧ** – общее микробное число
- КОЕ** – колонии образующие единицы
- ОКБ** – содержание общих колиформных бактерий
- ТКБ** – содержание термотолерантных колиформных бактерий
- ССРК** – споры сульфитредуцирующих клостридий
- СПОР** – характеризует качество воды и степень очистки воды
- ОСВ** – обеззараживание сточных вод
- НДС** – налог на добавленную стоимость
- ССБТ** – система стандартов безопасности труда

ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость

КЕО – коэффициент естественного освещения

ЛТБ – лампа теплового белого света

ЛГС – летучие галогенорганические соединения

ЛХС – летучие хлорорганические соединения

Содержание

Введение	13
1. Обзор и характеристика питьевой воды	15
1.1 Общая характеристика и принципы классификации питьевой воды	15
1.2 Требования к качеству питьевой воды	21
1.3 Параметры оценки качества состава питьевой воды	23
1.4 Требования к составу качества питьевой воды	24
1.5 Современное состояние систем водоснабжения	25
1.5.1 Схемы и основные элементы систем водоснабжения	26
1.6 Методы очистки питьевой воды	31
1.6.1 Отбор проб производится в соответствии с требованиями	33
1.7 Методы обеззараживания воды	38
1.7.1 Химические методы обеззараживания воды	40
2. Обеззараживание питьевой воды методом хлораммонизации	44
2.1 Теоретические основы обеззараживания воды методом хлораммонизации	44
2.2 Общие сведения о сульфате аммония	48
2.3 Режимные указания по аммонизации	50
2.4 Определение количества товарного продукта АС для приготовления рабочего раствора	50
2.5 Приготовление рабочего раствора	51
2.6 Дозирование рабочего раствора АС насосом – дозатором	53
2.7 Пример расчета	53
2.8 Преимущества метода хлораммонизации перед другими методами	54
3. Методы и материалы исследования	57
3.1 Общая характеристика питьевой воды г. Анжеро-Судженска	57
3.2 Методы оценки качества питьевой воды	62

4.	Результаты и интерпретация	95
4.1	Внедрение метода хлораммонизации	95
4.1.1	Внедрение метода хлораммонизации на ВОС г. Анжеро-Судженска	95
4.2	Результаты лабораторных анализов воды разводящей сети города	100
4.3	Результат проведенного испытания влияния метода хлораммонизации на процесс обеззараживания воды	104
4.4	Результаты внедрения метода хлораммонизации	105
4.5	Рекомендации по применению хлораммонизации на водоочистных сооружениях ООО «Анжерский водоканал»	107
4.6	Выводы	110
5.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	111
5.1	Организованная структура управления и основные направления деятельности ООО «Анжерский водоканал»	111
5.2	Техническое задание на производство работ по разработке технологической схемы и проведению пуско-наладочных работ по внедрению метода аммонизации на очистных сооружениях водопровода (ОВС) ООО «Анжерский водоканал» г. Анжеро-Судженск	113
5.3	Расчет трудоемкости работ и сметной стоимости проектируемых работ по разработке технологической схемы и проведению пуско-наладочных работ по внедрению метода аммонизации на очистных водопроводных сооружениях (ОВС)	114
6.	Социальная ответственность при оценке качества питьевой воды на фоне внедрения технологии аммонизации на примере ООО «Анжерский водоканал»	119
6.1	Производственная безопасность	120
6.1.1	Анализ опасных и вредных производственных факторов	121
6.1.1.1	Электробезопасность в лаборатории	121

6.1.1.2	Пожарная безопасность в лаборатории	123
6.1.1.3	Хранение пожароопасных реактивов	124
6.1.1.4	Требования к организации вентиляции в химической лаборатории	126
6.1.1.5	Недостаточная освещенность рабочей зоны	127
6.2	Экологическая безопасность	129
6.2.1	Вредные воздействия на окружающую среду и мероприятия по их снижению	129
6.2.2	Источники загрязнения питьевых вод летучими хлорорганическими соединениями	129
6.2.3	Мероприятия по снижению загрязняющих источников в питьевой воде	130
6.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	132
6.3.1	Помощь при отравлениях	132
6.3.2	Помощь при ранениях (порезах)	133
6.3.3	Помощь при ожогах	133
	Заключение	135
	Список использованной литературы	136

Введение

Главным условием существования человечества является большое потребление достаточного количества воды, источники которой либо загрязнены, либо ограничены. Современная ситуация обусловлена тем, что в качестве водоисточников в основном используются только поверхностные воды. Для обеспечения населения питьевой водой, необходимо решить проблему управления качеством воды как в водоисточниках, так и на очистных сооружениях. Очевидно, что выбор технологии водоподготовки и обработки сточных вод будет осуществляться путем сопоставления данных о качестве воды с их характеристиками.

Обеззараживание воды является одной из важнейших функций систем водоснабжения. Применяемая для этих целей хлораммонизация имеет ряд преимуществ по сравнению с обычным хлорированием. Введение в воду хлора вызывает появление в ней специфических хлорных запахов и привкусов. Для борьбы с этими запахами и привкусами применяют аммонизацию воды, т.е. аммиак вводят раньше хлора. Аммиак представляет собой бесцветный газ с резким запахом, почти вдвое легче воздуха.

На водоочистном сооружении ООО «Анжерский водоканал» р. Яя перед запуском и во время запуска схемы хлораммонизации проводится определение оптимальных доз хлора и аммония с использованием связанного хлора для обеззараживания воды [26].

Целью дипломного проекта является оценка качества питьевой воды на фоне внедрения технологии аммонизации на примере ООО «Анжерский водоканал».

Использование связанного хлора, образующегося при аммонизации (ввод сульфата аммония перед хлорированием) позволит решить две задачи одновременно:

- снизить содержание хлорорганических веществ в воде и пролонгировать обеззараживающее действие хлорирования водопроводной воды;

- снизить возможность вторичного загрязнения воды при транспортировке по сетям.

Основными задачами внедрения технологии хлораммонизации воды (по данным на 1.10.10) на станции позволит:

- исследовать содержание концентрации остаточного хлора (связанного) в конечных точках водораспределительной сети города;

- проанализировать содержание хлорорганических соединений в питьевой воде;

- снизить расходы на приобретение гипохлорита натрия на 35-38% [26].

1. Обзор и характеристика питьевой воды

1.1 Общая характеристика и принципы классификации питьевой воды

Существует множество определений понятия «питьевая вода». Однако, все они страдают определённой условностью. Нечёткость и неоднозначность трактовок рассматриваемого понятия вызывают ряд проблем социального, экономического и даже политического характера, поскольку качественная природная вода превращается в важнейший стратегический ресурс, наличие которого становится неременным условием устойчивого развития. Любая используемая человеком вода, в том числе питьевая в своей основе является природной, поскольку изначально получается из природных источников. Искусственно синтезированная вода для питьевых целей не пригодна, объёмы её производства ничтожны, затраты на получение колоссальны. По степени изменённости состава и свойств используемой питьевой воды по сравнению с изначальным природным выделяются два вида питьевой воды – натуральная и подготовленная [2].

Питьевая вода, полученная непосредственно из высококачественных природных водоисточников без применения методов водоподготовки, изменяющих её естественный химический состав и физические свойства и изначально соответствующая установленным к питьевой воде требованиям, может быть условно названа «натуральной питьевой водой». Натуральными могут быть признаны артезианские, грунтовые, родниковые, ледниковые, речные, озёрные, атмосферные и прочие виды природной питьевой воды, не проходящие указанную выше подготовку. Вода, качество которой на уровне питьевого может быть достигнуто лишь после соответствующей водоподготовки, в результате которой изменяются её первоначальные состав и свойства может быть названа «подготовленной питьевой водой». Выделяются следующие основные виды подготовленной воды – очищенная, доочищенная, кондиционированная и смешанная. Очищенная питьевая вода, как следует из самого названия, получается путём её очистки, проводимой с целью снижения

избыточного содержания в воде вредных веществ и микроорганизмов. Способов, методов и установок по очистке огромное множество. Их выбор определяется исходя из начального и требуемого качества очищаемой воды и экономических возможностей. Предварительно очищенная питьевая вода, прошедшая повторную очистку (доочистку) с целью дальнейшего улучшения её качественных показателей, называется доочищенной питьевой водой. На практике под «доочищенной» наиболее часто понимается вода, полученная на локальных водоочистных установках в системах централизованного водоснабжения, либо в бытовых водоочистных устройствах, где предварительно очищенная на головных сооружениях водопровода природная вода, очищается повторно [2].

Теоретически число ступеней очистки (доочистки) воды неограниченно и определяется требованиями к получаемой воде, техническими возможностями водоочистных устройств и экономическими соображениями.

Кондиционированная питьевая вода – это, вода, в которой искусственно повышается концентрация тех или иных веществ (например, путём добавления йод или фторсодержащих веществ) с целью достижения установленных для них значений нормативных показателей. Питьевая вода смешанного вида получается путём комбинирования при её подготовке методов очистки, доочистки и кондиционирования. Наиболее ярким примером подготовленной воды смешанного вида является бутылированная питьевая вода высшей (по российским нормативам) категории качества. В природе, как отмечает учёный-гидролог В.В.Мороков вода с таким составом и свойствами до сих пор не обнаружена [2].

С точки зрения непосредственного места нахождения питьевой воды и получения её потребителями могут быть выделены:

-питьевая вода в системах питьевого водоснабжения (централизованных, нецентрализованных, автономных, в системах питьевого водоснабжения на транспорте и пр.);

-питьевая вода, полученная с помощью бытовых водоочистных устройств;

- питьевая вода, расфасованная в ёмкости (бутыли, контейнеры, пакеты).

В особую категорию могут быть выделены питьевые минеральные воды, в том числе бутылированные. Очевидно, что качество любой воды может оцениваться лишь применительно к конкретным видам её использования (водопользования), число которых огромно. Вода вполне пригодная для полива сельхозкультур или рыбохозяйственных целей, может полностью вывести из строя системы выработки пара и охлаждения оборудования на тепловых электростанциях. Вода, с успехом используемая во многих отраслях промышленного производства, как правило, не пригодна для питья [2].

Под гигиеническими нормативами качества питьевой воды в ГОСТе Р 52109-2003 подразумевается «совокупность научно обоснованных и установленных санитарными правилами предельно допустимых значений показателей органолептических свойств, эпидемиологической и радиационной безопасности, содержания химических веществ и микроорганизмов в питьевой воде, гарантирующих безопасность и безвредность питьевой воды для жизни и здоровья человека независимо от продолжительности ее использования» [1].

Обеспечение нормативных показателей качества любой, в том числе питьевой воды сопряжено с определёнными, зачастую значительными затратами. Поэтому сами нормативы качества воды в значительной степени обусловлены общеэкономическими, региональными и технологическими возможностями их достижения и устанавливаются дифференцированно для различных систем водообеспечения. Качество непосредственно питьевой воды также нормируется применительно к существующей (проектируемой) системе водоснабжения, либо конкретному способу обеспечения водой. При этом нормативы качества устанавливаются дифференцированно для питьевой воды в системах питьевого водоснабжения, питьевой воды, расфасованной в ёмкости. Далее, эти нормативы конкретизируются по видам систем водоснабжения (централизованные и нецентрализованные), по категориям

расфасованной воды (первая и высшая) и условиям использования воды (аварийные, чрезвычайные и др.).

Поэтому, хотя речь во всех случаях идёт о питьевой воде (т.е. воде пригодной непосредственно для питья и приготовления пищевых продуктов), следует иметь в виду, что требования к её качеству в различных системах водоснабжения и условиях различны. Наиболее строгие критерии и нормативы качества установлены для расфасованных питьевых вод. Наименее строгие - для воды нецентрализованного водоснабжения. Промежуточное положение по строгости устанавливаемых критериев и нормативов качества занимает питьевая вода в системах централизованного водоснабжения. Для периодов чрезвычайных ситуаций разработаны и могут вводиться особые требования к качеству питьевой воды [2].

Из многих определений питьевой воды, в том числе приводимых в нормативных документах, следует, что питьевая вода помимо прямого предназначения должна удовлетворять бытовые потребности человека. Следствием этого является, в частности, продолжающееся воспроизводство систем централизованного хозяйственно - питьевого водоснабжения с использованием огромных объёмов воды питьевого (либо близкого к нему) качества не столько для питья, приготовления пищи и целей личной гигиены, сколько для хозяйственно-бытовых нужд, включая разбавление и отведение отходов жизнедеятельности населения, для удовлетворения которых не требуется вода питьевого качества. С учётом приведённых соображений, наиболее разумным на наш взгляд, является определение понятия «питьевая вода», предложенное основателем и научным руководителем компании ООО «Питьевая вода», д.г.н. В.В.Мороковым:

«Питьевая вода – это вода в естественном состоянии или после подготовки, пригодная непосредственно для питья, а также приготовления пищевых продуктов, в том числе напитков, детского питания и пищевого льда, качество которой не превышает допустимые гигиенические требования, установленные для используемой системы питьевого водообеспечения [2].

Пресные водные ресурсы существуют благодаря вечному круговороту воды. Реки всегда являлись источником пресной воды. В современную эпоху они стали транспортировать отходы. Отходы на водосборной территории по руслам рек стекают в моря и океаны. Самая большая часть использованной речной воды возвращается обратно в реки и водоемы в виде сточных вод. До сих пор рост очистных сооружений отстает от роста потребления воды. Даже при самой оптимальной очистке, включая биологическую, все растворенные неорганические вещества и до 10% органических загрязняющих веществ остаются в очищенных сточных водах. Поэтому такая вода вновь может стать пригодной для потребления только после многократного разбавления чистой природной водой.

На данный момент человечеству придется изменить стратегию водопользования. Необходимость заставляет изолировать антропогенный водный цикл от природного. Практически это означает переход на замкнутое водоснабжение, на маловодную или малоотходную, а затем на «сухую» или безотходную технологию, сопровождающуюся резким уменьшением объемов потребления воды и очищенных сточных вод [3].

При получении питьевой воды различают две основные группы по ее происхождению: поверхностные и подземные воды.

Поверхностные воды подразделяются на:

1. Речная вода. Речная вода чаще всего подвергается загрязнению, поэтому в последнюю очередь пригодна для питья. В большей степени загрязнение речных вод происходит поступающими сточными водами от промышленных предприятий и т.д. Подготовка речной воды является целью питьевого водоснабжения затрудняющегося кроме этого из-за сильных колебаний загрязнения питьевой воды, как в количественном отношении, так и по своему составу [3].

2. Озерная вода. Это вода, которая добывается даже с больших глубин, крайне редко является безупречной в биологической отношении и поэтому должна проходить специальную очистку до питьевой кондиции.

3. Вода из водохранилищ. Вода состоит из небольших речек и ручьев, которые запружены в верхнем течении, где менее всего загрязнена.

4. Морская вода. Морская вода не может подаваться в сеть питьевого водоснабжения без обессоливания. Она добывается и проходит водоподготовку только у морского побережья и на островах, если нет возможности использовать другой источник водоснабжения.

Подземные воды, в свою очередь, подразделяют на:

1. Артезианские воды. Речь идет о водах, с помощью которых благодаря насосам вода поднимается на поверхность из поверхностного пространства. Они могут залегать под землей в несколько слоев или так называемых ярусов, которые полностью защищены друг от друга. Артезианская вода является наиболее предпочтительной для целей питьевого водоснабжения. Химический состав артезианской воды, как правило, является постоянным.

2. Инфильтрационная вода. Эта вода добывается из скважин насосами, глубина которых соответствует отметкам дна ручья, озера или реки. Качество такой воды в значительной степени определяется поверхностной водой в самом водотоке, где вода, добытая при помощи инфильтрационного водозабора является пригодной для питьевых целей. При этом могут иметь место колебания ее температуры, запаха и химического состава.

3. Родниковая вода. Родниковая вода самоизливающаяся естественным путем на поверхность земли. Будучи подземной водой, она в биологическом отношении безупречная и по своим качествам приравнивается к артезианским водам. Родниковая вода по своему составу испытывает сильные колебания не только в кратковременные периоды времени (дождь, засуха), но и по временам года (к примеру таяние снега) [3].

1.2 Требования к качеству питьевой воды

Основные требования к качеству питьевой воды должны быть безопасны в эпидемическом и радиационном отношении, так же безвредно по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства.

Качество питьевой воды должно соответствовать гигиеническим нормативам перед ее поступлением в распределительную сеть, а также в точках водозабора наружной и внутренней водопроводной сети.

Безвредность питьевой воды определяется по химическому составу и определяется ее соответствием нормативам по:

- обобщенным показателям и содержанию вредных химических веществ, наиболее часто встречающихся в природных водах на территории своего города.

- содержанию вредных химических веществ, поступающих и образующихся в воде в процессе ее обработки в системе водоснабжения;

- содержанию вредных химических веществ, поступающих в источники водоснабжения в результате хозяйственной деятельности человека.

Безопасность питьевой воды в эпидемическом отношении определяется ее соответствием нормативам по микробиологическим и паразитологическим показателям. Благоприятные органолептические свойства воды определяются ее соответствием нормативам, а также нормативам содержания веществ, оказывающих влияние на органолептические свойства воды [4].

Основные факторы, определяющие выбор стандартов качества питьевой воды:

- 1) В качестве первых санитарно–гигиенических характеристик пресной воды использовались органолептические показатели, которые были основаны на интенсивности восприятия органами чувств физических свойств воды. В настоящее время в эту группу в качестве нормативных характеристик входят:

- запах при 20°C и подогреве до 60°C, балл;
- цвет по шкале, °C;

- прозрачность по шкале, см;
- мутность по стандартной шкале, мг/дм³;
- окраска окрашенного столбца (отсутствие водных организмов и пленки).

2) В качестве фундаментальной основы для разработки ПДК всех видов загрязняющих веществ используется концепция порогового воздействия токсикантов на организм. При проведении систематических биогеохимических исследований было установлено наличие трех областей на кривой функциональной зависимости между дозой (концентрацией токсического вещества) и эффектом (негативными последствиями на организм):

- при малых количествах потребления токсиканта либо безвредно для организма, либо стимулирует его жизнедеятельность;

- в области средних концентраций существует оптимальный диапазон, в котором организм способен регулировать взаимодействие с окружающей средой;

- дальнейший рост концентрации вещества в воде может стать причиной поведения жизнедеятельности организма [5].

Для обеспечения качества воды в водоисточниках и системах водопотребления используется ряд нормативных документов, основанных на значениях ПДК, из которых главными являются следующие:

- ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством» [6].

- ГОСТ 2761-84 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора» [7].

- «Санитарные нормы предельно-допустимого содержания вредных веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового использования» СанПиН 42-121-4130-88 [8].

- «Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения» СанПиН 4630-88 [9].

- «Водный кодекс РФ» [10].

1.3 Параметры оценки качества состава питьевой воды

Чистота – главное требование, предъявляемое ГОСТом к питьевой воде. Организации, которые специализируются на проведении анализов водного качества, пользуются требованиями санитарных норм (в частности САНПиНов). Оценка качества основывается на сопоставлении различных показателей:

- 1) физические;
- 2) бактериологические;
- 3) химические.

Первая группа показателей охватывает исследование на наличие следующих свойств: мутность, температура, цветность, запах и привкус. Бактериологические критерии представлены присутствием кишечных палочек, радиоактивных и токсичных элементов, прочими показателями бактериальной загрязненности.

Химические критерии качества воды: щелочность, уровень водорода (рН) и ионов, жесткость и степень минерализации (сухой остаток). Если в составе исследуемой воды обнаружены микроорганизмы, могут потребоваться дополнительные лабораторные анализы.

Обязательным показателем воды является ее цвет, который обусловлен присутствием металлических примесей и иных растворимых веществ органического происхождения. Если вода имеет хоть какой – то цвет, это может сигнализировать об ее опасности. В лаборатории исследуемый объект сравнивается с эталоном, параметры пригодной для питья воды не должны превышать 20°С. Мутность определяется присутствием в воде взвесей мелкой дисперсии, которые нерастворимы в данной среде. При анализе воды на степень мутности определяется осадок (в мм и микронах), сухой остаток и уровень прозрачности [11].

Чистая вода не должна иметь никакого запаха, присутствие запаха свидетельствует о снижении ее качества. Все запахи делятся на те, что

имеют искусственное происхождение (фенол, нефть, хлор и т.д.) и природное (серные, гнилостные и болотные). Если говорить о вкусовых ощущениях при пробе воды, то стоит вспомнить: всего существует 4 основных вкуса (солёный, сладкий, кислый и горький).

Все остальные ощущения считаются привкусами, которые бывают тоже нескольких видов:

- аммиачный;
- сладковатый;
- хлорный;
- металлический и др.

Для оценки привкуса и запаха воды используется 5-бальная шкала. Стоит отметить, что при помещении сосуда с исследуемым содержимым в более высокие температурные условия, вкусовые характеристики и запахи усиливаются.

Химический состав питьевой воды показывает степень ее загрязнения стоками, удобрениями, подземными свалками и иными опасными для здоровья человека объектами. Показатель жесткости характеризует уровень содержания в воде магния и кальция, превращаемых при повышении температуры в нерастворимые солевые соединения. ПДК жесткости – не более 7 ммоль/л. Минерализацией называют концентрацию в воде растворенных солей неорганической природы и органических соединений. Норма показателя - 1000 мг/л. Питьевая вода должна иметь рН фактор с отметкой от 6 до 9 ед. Изменения в ту или другую сторону свидетельствуют о нарушении технологии водоочистки [11].

1.4 Требования к составу качества питьевой воды

Питьевая вода в эпидемическом и радиационном смысле должна быть безопасна, а по химическому составу и органолептическим свойствам безвредна. Она должна отвечать гигиеническим нормам перед поступлением

непосредственно к потребителю. Следует руководствоваться категорическим запретом на присутствие в питьевой воде каких – либо организмов или любого вида поверхностной пленки [12].

Основные обобщенные нормативы ПДК по СанПиН предусматривают не более чем в мг/литр:

- показатель водорода рН - 6-9 ед;
- общая жесткость - 7,0 мг/литр;
- общая минерализация - 1000 мг/литр;
- нефтепродукты - 0,1 мг/литр.

Неорганические вещества:

- алюминий и железо соответственно - 0,5 и 0,3 мг/литр;
 - марганец и мышьяк - 0,1 и 0,05 мг/литр;
 - медь и свинец - 1,0 и 0,03 мг/литр;
 - ртуть и никель - 0,0005 и 0,1 мг/литр;
- и многие другие[12].

1.5 Современное состояние систем водоснабжения

Системы водоснабжения могут классифицироваться по ряду основных признаков.

По назначению различают системы водоснабжения (водопроводы) населенных мест (городов, поселков); системы производственного водоснабжения (производственные водопроводы), которые, в свою очередь, различают по отраслям промышленности (водопроводы тепловых электростанций, водопроводы металлургических заводов и т. д.); системы сельскохозяйственного водоснабжения.

При обслуживании одной системой водоснабжения ряда объектов устраивают, как было сказано, групповые или районные системы водоснабжения.

В пределах одного объекта в соответствии с объединением различных функций устраивают водопроводы хозяйственно-питьевые, хозяйственно-противопожарные и хозяйственно-производственные.

По характеру используемых природных источников различают водопроводы, получающие воду из поверхностных источников (речные, озерные и т.д.); водопроводы, основанные на подземных водах (артезианские, родниковые и т.п.); водопроводы смешанного питания-при использовании источников различных видов.

По способу подачи воды различают водопроводы самотечные (гравитационные); водопроводы с механической подачей воды (с помощью насосов), а также зонные водопроводы, где вода подается в отдельные районы отдельными насосными станциями.

Кроме того, системы производственного водоснабжения можно различать по способу (кратности) использования воды: системы прямоточного водоснабжения (с однократным использованием воды); системы оборотного водоснабжения; системы с повторным использованием воды [13].

1.5.1 Схемы и основные элементы систем водоснабжения

Система водоснабжения (водопровод) - это комплекс инженерных сооружений, предназначенных для обеспечения потребителя водой надлежащего качества и в необходимом количестве [13].



Рисунок 1.5.1 Схема водоснабжения (водопровод) [13]

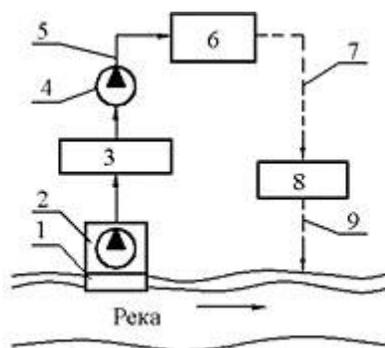


Рисунок 1.5.2 Принципиальная схема централизованной системы водоснабжения [13]

- 1 – речной водозабор;
- 2 – насосная станция 1-го подъема;
- 3 – станция водоочистки;
- 4 – насосная станция 2-го подъема;
- 5 – подающий трубопровод;
- 6 – промпредприятие;

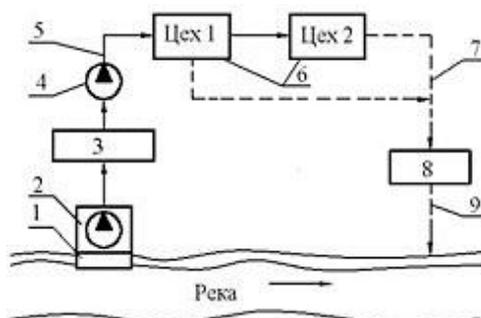


Рисунок 1.5.3 Прямоточная схема системы производственного водоснабжения [13]

- 7 – трубопровод отработанной воды;
- 8 – станция очистки сточных вод;
- 9 – сброс воды в реку;
- 10 – водоохлаждающее устройство;
- 11 – сборная камера;
- 12 – насосная станция оборотной воды.

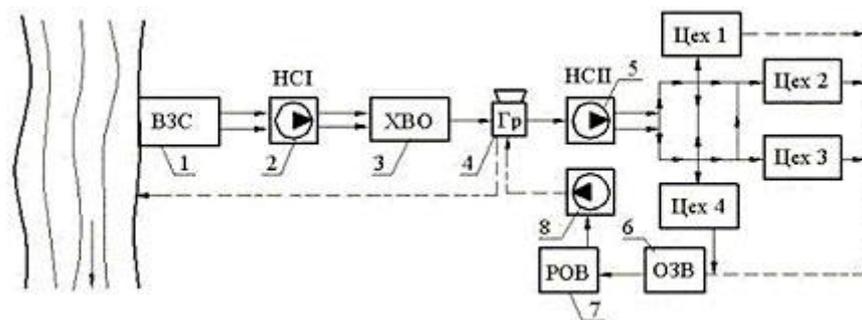


Рисунок 1.5.4 Схема системы производственного водоснабжения с повторным использованием воды [13]

- 1 – водозаборное сооружение;
- 2 – насосная станция 1-го подъема;
- 3 – станция очистки природной воды;
- 4 – охлаждающая установка;
- 5 – насосная станция 2-го подъема;
- 6 – станция очистки загрязненных вод;
- 7 – резервуар очищенной воды;
- 8 – насосная станция оборотной воды.

В состав системы водоснабжения входят следующие основные элементы:
 водозабор - гидротехническое сооружение для забора воды из открытого водоема либо из подземного источника;

станция водообработки - комплекс зданий, сооружений и устройств для очистки воды с целью приведения показателей ее качества в соответствие с требованиями водопотребителей;

резервуары (емкости) - закрытые сооружения для хранения воды после ее очистки;

водопроводная насосная станция - сооружение, оборудованное насосносиловой установкой для подъема и подачи воды в водопроводную сеть;

водоводы и водопроводные сети - система трубопроводов с сооружениями и устройствами на них для подачи воды к местам ее потребления [13].

Самым традиционным и основным методом водоподготовки считается ионообменный. Здесь проходит очистка воды путем фильтрации воды через ионообменный смоляной картридж. Внутри этого картриджа содержится натрий, который плохо держится в смоле и готов к замене. Когда соли жесткости контактируют со смолой и происходит замена. Вода получается мягкой.

После того, как картридж полностью вымывается его нужно восстанавливать или менять. В быту картридж меняют, в промышленности восстанавливают с помощью сильно насыщенного соляного раствора. Большим количеством натрия и удастся выбить соли жесткости из картриджа. Периодичность восстановления зависит от глубины слоя и емкости смолы, то есть, сколько она может принять натрия, скорости потока, объемов воды, которую следует очистить.

Если стоит задача сделать более глубокую очистку воды, то в этом случае могут применять такой основной метод водоподготовки, как фосфатирование. При этом методе обработки воды, она должна быть предварительно подогрета на высоких температурах. Это связано с плохой растворимостью фосфора в воде.

При термохимическом методе используют как химикаты, так и высокую температуру. В этом случае большие расходы на нагрев и на химикаты идут. К минусам этой группы основных методов водоподготовки относят большие расходы на химикаты, большие расходы на утилизацию их, или на смену. Хотя соль сама по себе дешевая, но для промышленности она используется в больших количествах, и из-за этого суммы за восстановление набегает вполне приличные [14].

Следующий основной метод водоподготовки – сорбция. Его задача устранить из воды цвет, вкус и еще мутность. Здесь основу составляет, как и

при ионном обмене, фильтрующий материал, чаще всего это активированный уголь, иногда кварцевый песок. Уголь отлично справится с остатками хлора, растворенными газами и некоторой органикой. Его можно очень эффективно использовать. Пористая структура материала помогает принять больше примесей на малой площади фильтрующего материала. Единственный недостаток – слеживание. То есть со временем уголь нужно либо менять, либо перемешивать или встряхивать.

Следующий основной метод водоподготовки – ультразвуковое умягчение воды. Главный его плюс – возможность разорвать клетки. Так, что это отличный антибактериальный фильтр. Похоже, он работает и с некоторыми химическими соединениями. К минусам подобной установки относят сложности в установке, магистральный фильтр для умягчения воды в большинстве случаев нужно приваривать к поверхностям.

Так же подобный прибор работает исключительно с применением вспомогательных фильтров. А значит, сама установка уже не будет дешевой.

На сегодня стандартные химические основные методы водоподготовки и некоторые устаревшие безреагентные не могут обеспечить по доступной цене очистку воды. Но прогресс не стоял на месте и стали появляться новые более прогрессивные методы водоподготовки [14].



Рисунок 1.5.5 Основные методы водоподготовки [14]

Еще одна современная технология водоподготовки относится к удалению нитратов с помощью специально созданных анионитов, образованных обычной солью. Заменить этот процесс может тот же обратный осмос. Что при его дороговизне позволяет ему удерживать лидирующие позиции среди очистных методов. Ведь он устраняет практически сто процентов примесей.

И еще один метод крайне важный. Это дезинфекция, в воде не должно быть никаких бактерий и вирусов. Устранить их помогут либо химикаты, либо ультрафиолетовое облучение. Есть еще вариант озонирования, но из-за трудностей с производством его, он пока массово не используется, хотя без сомнения является лучшим с точки зрения экологической безопасности [14].

1.6 Методы очистки питьевой воды

Метод определения биохимического потребления кислорода (БПК) основан на способности микроорганизмов потреблять растворенный кислород при биохимическом окислении органических и неорганических веществ в воде.

Биохимическое потребление кислорода определяют количеством кислорода в мг/дм, которое требуется для окисления находящихся в воде углеродосодержащих органических веществ, в аэробных условиях в результате биохимических процессов. За полное биохимическое потребление кислорода ($BPK_{полн.}$) принимается окончательная минерализация биохимически окисляющихся органических веществ до начала процесса нитрификации (появление нитритов в исследуемой пробе в концентрации 0,1 мг/дм). По разности содержания растворенного кислорода в обогащенной растворенным кислородом и зараженной аэробными микроорганизмами исследуемой воде до и после инкубации в стандартных условиях устанавливается значение БПК. Разбавлением исследуемой воды обеспечивается достаточное содержание кислорода для его потребления

микроорганизмами. Метод заключается в разбавлении исследуемой пробы различными объемами специально приготовленной разбавляющей воды с большим содержанием растворенного кислорода, зараженной аэробными микроорганизмами, с добавками, подавляющими нитрификацию. Уменьшение содержания кислорода за определенный период инкубации в темном месте, при контрольной температуре, в полностью заполненной и герметически закрытой пробкой склянке, обусловлено, главным образом, протекающими в аэробных условиях бактериальными биохимическими процессами, которые приводят к минерализации органического вещества. Время, необходимое на полную минерализацию, зависит от природы органического вещества. После измерения концентрации растворенного кислорода до и после инкубационного периода рассчитывается масса кислорода, поглощенного из одного дм воды. Величина уменьшения кислорода в склянке, умноженная на степень разведения, дает численную величину БПК, выраженную в мг/дм [19].

Настоящий стандарт устанавливает метод определения химического потребления кислорода (далее - ХПК) в воде с использованием фотометрии. Метод распространяется на все типы воды (питьевые, природные, сточные) в диапазоне значений ХПК от 10 до 800 мг/дм. Метод может быть использован для анализа проб воды с более высокими значениями ХПК при условии их разбавления, но не более чем в 100 раз. В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 30813-2002 [15] и следующий термин с соответствующим определением: химическое потребление кислорода; ХПК: Количество кислорода, потребляемое при химическом окислении содержащихся в воде органических и неорганических веществ под действием различных окислителей [15].

Сущность метода заключается в обработке пробы воды серной кислотой и бихроматом калия при заданной температуре в присутствии сульфата серебра - катализатора окисления и сульфата ртути (II), используемого для снижения влияния хлоридов, и определении значений ХПК в заданном диапазоне концентраций путем измерения оптической плотности исследуемого раствора

при заданном значении длины волны с использованием градуировочной зависимости оптической плотности раствора от значения ХПК. Фотометр, спектрофотометр или фотометрический анализатор (далее - анализатор), снабженный адаптером для измерений оптической плотности воды и водных растворов, непосредственно находящихся в реакционных сосудах, в диапазоне длин волн от 400 до 700 нм. Реакционные сосуды из термостойкого стекла (пробирки с завинчивающимися крышками вместимостью от 10 до 15 см), предназначенные для обработки проб воды и измерений оптической плотности воды и водных растворов. Нагревательный блок (термореактор), предназначенный для нагревания реакционных сосудов, обеспечивающий поддержание температуры содержимого реакционных сосудов (150 ± 5) °С. Перемешивающее устройство, например магнитная мешалка, эксикатор или ультразвуковая ванна. Пробы воды отбирают по ГОСТ Р 51592 [16], ГОСТ Р 51593 [17], ГОСТ 17.1.5.05-85 [18]. Для отбора, транспортирования и хранения проб воды используют емкости из стекла или полимерных материалов с навинчивающейся или пришлифованной пробкой. Емкости из полимерных материалов используют только для хранения замороженных проб воды при температуре минус 20 °С. Объем отбираемой пробы воды - не менее 100 см.

Настоящий документ устанавливает методику выполнения измерений биохимического потребления кислорода после n-дней инкубации ($B_{ПК_{полн.}}$) в поверхностных пресных, подземных (грунтовых), питьевых, сточных и очищенных сточных водах ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97 [19] Количественный химический анализ вод.

1.6.1 Отбор проб производится в соответствии с требованиями

ГОСТ Р 51592-2000 "Вода. Общие требования к отбору проб". Средством измерения является Термостат с водяным охлаждением, обеспечивающий постоянную температуру 20 ± 1 °С марки ОН-1125 [16];

Существуют различные инструментальные методы определения этих элементов. Наиболее распространенным методом определения тяжелых металлов является метод атомно-абсорбционный для определения тяжелых металлов. ПНД Ф 14.1:1:2:4.139-98 [20]. Метод избирателен при наличии устройства для коррекции неселективного поглощения фона. В противном случае следует скорректировать фон в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора. Метод основан на измерении резонансного поглощения света свободными атомами определяемого элемента при прохождении света через атомный пар исследуемого образца, образующийся в пламени. Атомно-абсорбционный спектрометр 3300 производства фирмы Perkin-Elmer или любой другой спектрометр с пламенным атомизатором. Полярограф ABC 1.1 предназначен для вольтамперометрического анализа содержания тяжелых металлов в питьевых, природных и сточных водах, продуктах питания и продовольственном сырье, в металлах и сплавах, в биологических и других материалах [20].

Методы определения хлорорганических соединений. ГОСТ Р 52247-2004 [21] наличие хлорорганических соединений является потенциально опасным для выявления в процессе очистки технологического оборудования, трубопроводов или резервуаров. Образовавшаяся в реакторах гидроочистки или риформинга соляная кислота приводит к коррозии оборудования.

Этим методом устанавливает определение массовой доли хлорорганических соединений во фракции нефти в прямой зависимости интенсивности линии хлора в спектрах рентгеновской флуоресценции от концентрации хлорорганических соединений. Метод разгонки - по ASTM Д 86. Фракцию нефти промывают щелочью и при необходимости промывку повторяют до полного удаления сероводорода. Фракцию нефти, не содержащую сероводорода, промывают водой до полного удаления неорганических соединений хлора. Пробу отбирают по ASTM Д 4057 или ASTM Д 4177. Для сохранения летучих компонентов, присутствующих в некоторых образцах, не следует держать образцы открытыми больше, чем это

необходимо. Чтобы предотвратить потерю хлорорганических соединений или загрязнение образца при открытии контейнера, анализ следует проводить быстро, непосредственно после отбора из поставок крупными партиями. С помощью поливинилхлоридной (ПВХ) трубки один конец медного змеевика соединяют с источником воды, а другой присоединяют к нижнему отводу охлаждающей рубашки холодильника Либиха. Верхний отвод холодильника присоединяют к сливу воды. Сосуд для охлаждения заполняют смесью лед-вода и пускают воду в холодильник. Температуру холодильника поддерживают ниже 10 °С. После завершения промывок фракцию нефти фильтруют, чтобы удалить оставшуюся воду, собирают в чистый стеклянный сосуд с притертой пробкой и определяют массовую долю хлорорганических соединений с помощью бифенила натрия и потенциометрического титрования или с помощью сжигания и микрокулонометрического титрования [21].

Особенности отбора проб зависят от цели отбора и от природы исследуемой воды. Микроорганизмы являются живыми организмами. В воде они образуют не истинный раствор, а суспензию с большой степенью изменчивости. Отбор проб проводят для различных целей, приведенных в ГОСТ Р 51592 [16], ГОСТ Р 51593 [17]. Количество проб и частота их отбора будут меняться в зависимости от цели отбора. Минимальное количество проб, необходимых для исследования, будет низким, если среднее значение содержания микроорганизмов в пробе анализируемой воды значительно отличается от установленного норматива (либо намного меньше, либо намного больше), но если среднее значение содержания микроорганизмов в пробе анализируемой воды близко к установленному нормативу, то требуется большее минимальное количество проб. При поиске тенденции - чем менее очевидна тенденция, тем выше частота отбора проб. Точка отбора проб должна обеспечивать представительные характеристики места отбора и учитывать любые вертикальные, горизонтальные и временные изменения и должна быть однозначно идентифицирована в соответствии с общими

требованиями ГОСТ Р 51592 [16] и ГОСТ Р 51593 [17], включая дополнительные требования для микробиологии.

Санитарно-бактериологический анализ, проводимый для оценки качества питьевой воды, включает в себя определение двух основных показателей:

- 1) определение общего числа бактерий;
- 2) коли-индекс или коли-титр.

Методика выполнения этих исследований регламентируется ГОСТ 18963-73 [22]. Пробы воды периферической водопроводной сети отбирают в периоды наибольшего расхода воды при соблюдении правил стерильности, после предварительной стерилизации кранов обжиганием пламенем горящего тампона, смоченного спиртом, и последующего спуска воды в течение 10-15 мин при полностью открытом кране. Бумажный пакет или колпачок с флакона снимают вместе с пробкой непосредственно перед отбором пробы, не касаясь пробки руками. Наполняют флаконы с таким расчетом, чтобы при транспортировании не замочить пробку. Объем отбираемой пробы - 500 см. Наполненные флаконы закрывают притертыми, каучуковыми или корковыми пробками и стерильными бумажными колпачками, которые обвязывают ниткой и бечевкой. Пробы хлорированной водопроводной воды (с аммонизацией или без нее) отбирают во флаконы с дехлоратом: во флакон, предназначенный для отбора 500 см воды, до стерилизации вносят 10 мг серноватистокислового натрия. Цель исследования: сделан ли отбор пробы в порядке текущего санитарного надзора или по особым показаниям (рекомендации санитарно-эпидемиологической службы; сигналы, поступающие от населения, об изменении органолептических качеств воды и т.п.) [22].

К специальным методам улучшения качества питьевой воды относятся удаление привкусов, запахов, дезодорация, умягчение, кондиционирование минерального состава и т.д.

Устранение привкусов и запахов воды

Поверхностные источники питьевой воды, особенно те которые являются резервуарами, часто имеют проблемы привкуса и запаха, обусловленного факторами присутствия актиномицетов и водорослей. Также источниками запаха и привкуса могут являться простейшие, грибы и другая водная микробиота. Эти запахи и привкусы могут описываться по разному: рыбные, землистые, затхлые, плесневые и др. Наибольшие проблемы запаха и привкуса в воде появляются при обработке воды окислителями, такими как хлор и озон. Сам по себе хлор и его соединения типа гипохлоритов придают воде специфичный запах; также, формируются побочные продукты дезинфекции – хлорфенолы, продукты реакции хлора и фенолов. Неприятный вкус питьевой воде часто придают растворенные неорганические компоненты. Эти компоненты могут придавать воде минеральный, горьковатый или металлический привкус. Также, продукты коррозии железных и медных труб наделяют воду горьковато-железным привкусом [23].

Все виды кондиционирования минерального состава воды могут быть разделены на 2 группы:

1) удаление из воды излишка солей или газов (умягчение, опреснение, обезжелезивание, дезодорация, дезактивация, дефторирование и т.д.);

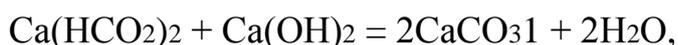
2) добавление к воде тех или иных солей с целью улучшения ее органолептических свойств или повышения содержания микроэлементов, которых недостаточно в воде и пищевых продуктах (фторирование). После спецобработки на водопроводе вода подлежит обязательному обеззараживанию.

Умягчение — снижение природной жесткости воды

Основными методам умягчения воды бывают:

- 1) реагентные;
- 2) термические;
- 3) ионного обмена.

Из реagentных методов наиболее распространенный содово-известковый, с помощью которого кальций и магний осаждаются в отстойнике в виде нерастворимых солей (кальция, магния карбонатов и др.). Известь (кальция гидроксид), внесенная в воду в большем количестве, чем это необходимо для связывания углекислоты (углерода диоксида), взаимодействует с кальция гидрокарбонатом, образуя кальция карбонат, который выпадает в осадок:



Более современным методом является фильтрация воды через фильтры, заполненные ионитами, - катионитовое смягчение. Иониты могут быть естественного или искусственного (минерального или органического) происхождения, практически нерастворимые в воде и органических растворителях. Способны обменивать свои ионы на ионы раствора.

Обезжелезивание производится путем разбрызгивания воды с целью аэрации в специальных устройствах — градирнях. При этом двухвалентное железо окисляется в железа (III) гидроксид, осаждающийся в отстойнике или задерживаемый на фильтре. Если концентрация солей железа превышает 5 мг/л, необходимо предварительное осаждение его солей [23].

Дезодорация — устранение привкусов и запахов воды. Достигается аэрированием воды, обработкой окислителями (озонированием, хлора диоксидом, высокими дозами хлора, калия перманганатом), фильтрованием через слой активированного угля.

Выбор метода дезодорации зависит от происхождения привкусов и запахов [23].

1.7 Методы обеззараживания воды

Качество питьевой воды при централизованном водоснабжении зависит от качества воды источников, условий расположения мест водозабора и выпуска сточных вод, правильности организации зон санитарной охраны и

выполнения в них соответствующего режима, технологий очистки и обеззараживания воды, а также от санитарно-технического состояния всех элементов систем водоснабжения и водоотведения. Для обеспечения санитарно-гигиенических и экологических требований необходимо строго соблюдать технологический режим при устройстве и эксплуатации всех систем и сооружений водоснабжения и водоотведения, в том числе систем для обеззараживания питьевой воды и очищенных сточных вод.

Обеззараживанием воды называется процесс уничтожения находящихся в ней болезнетворных и иных микроорганизмов и вирусов, из-за которых вода становится непригодной для хозяйственно-питьевых, культурно-бытовых и иных целей. В процессе традиционной очистки воды на очистных сооружениях водоснабжения на них задерживаются до 98 % бактерий. Но среди оставшихся бактерий, а также среди вирусов, могут находиться патогенные (болезнетворные) микробы, для уничтожения которых необходима специальная обработка воды. При использовании воды для питьевого водоснабжения в процессе очистки поверхностных вод обеззараживание необходимо всегда, подземных вод – только тогда, когда этого требуют микробиологические свойства исходной воды [24].

По степени опасности, согласно международным стандартам, воды делятся на 5 классов:

- 1) вода имеет привкус, запах и окраску;
- 2) в воде отсутствуют токсические вещества, вредные для здоровья и придающие воде привкусы и запахи;
- 3) вода содержит небольшое количество вредных веществ;
- 4) вода содержит возбудителей инфекционных заболеваний;
- 5) вода содержит ядовитые или очень ядовитые, канцерогенные или радиоактивные вещества.

Методы, применяемые в мировой практике для обеззараживания питьевых и очищенных сточных вод (СВ), условно разделяют на следующие основные группы:

- химические (с помощью сильных окислителей: хлора, диоксида хлора, гипохлорита натрия, гипохлорита кальция, озона, марганцево-кислого калия, пероксида водорода и др.) [24];

- физические (с использованием различных излучений: ультрафиолетовых, ионизирующих, электромагнитных, электрических; кипячение и др.);

- физико-химические (ультрафильтрация, сорбция, флотация, коагуляция, электрофильтрование, и др.).

На отечественных очистных сооружениях систем водоснабжения до последнего времени для обеззараживания использовались в основном два метода – обработка воды сильными окислителями (преимущественно – газообразным хлором) и воздействие на воду ультрафиолетовыми (УФ) лучами (при обработке подземных вод). Современные станции очистки сточных вод в значительной мере освобождают воду не только от механических и химических загрязнений, но и от патогенной микрофлоры.

Однако, даже самые высокоэффективные очистные сооружения не обеспечивают обеззараживание сточных вод без специальных устройств для обеззараживания. Вместе с тем, в ряде случаев из-за отсутствия, малой мощности и неэффективной работы очистных сооружений происходит сброс в водные объекты неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод [24].

1.7.1 Химические методы обеззараживания воды

Хлорирование воды. Среди химических методов обеззараживания воды в настоящее время наиболее распространённым является хлорирование как наиболее экономичный метод обеззараживания. В практике используются газообразный хлор Cl_2 , диоксид хлора ClO_2 , а также хлорные агенты, получаемые методом электролиза на месте потребления (гипохлорит натрия, гипохлорит кальция и др.). Хлорная известь и гипохлорит кальция в последнее время применяются незначительно и только для обеззараживания малых

объёмов воды (в основном очищенных сточных вод), т.к. обеззараживание с использованием этих хлорсодержащих реагентов попутно сопровождается загрязнением очищаемой воды различными веществами [24].

Применение хлорирования снижает бактериальное загрязнение воды, но сохраняет опасность заражения вирусами и имеет негативные экологические последствия. Негативным свойством хлорирования является образование хлорорганических соединений: тригалогенметанов, хлорфенолов, нитрохлорбензолов, хлораминов, а также диоксидов, образующихся при взаимодействии природных фенольных соединений, находящихся в воде водоёмов, с хлором, вводимым в неё. При хлорировании образуются также хлорамины - вещества, даже при очень низких концентрациях вызывающие серьёзные физиологические изменения водных организмов и их гибель. Существенным недостатком хлорирования (особенно для крупных и средних очистных сооружений) является необходимость обеспечения высокой степени безопасности и надёжности хлорного хозяйства. В целях установления показаний для хлорирования воды источников, используемых для хозяйственного водоснабжения, а также для разработки основных положений по режиму хлорирования, производится предварительное санитарное и лабораторное обследование водоисточника, выполняемое в соответствии с программой, предусмотренной действующими нормативами.

При хлорировании воды некоторых источников, преимущественно открытых, могут возникнуть затруднения, связанные с необходимостью получения надлежащего эффекта обеззараживания и в то же время соответствия воды гигиеническим требованиям в отношении органолептических свойств (запаха и вкуса). В таких случаях применяется тот или иной из специальных приёмов обеззараживания, к которым относятся следующие:

а) двойное хлорирование, т.е. введение хлора предварительно до очистных сооружений во всасывающие водоводы первого подъёма (обычно в дозах 3-5 мг/л) и окончательно после фильтров (обычно в дозах 0,7-2 мг/л);

используется при высокой цветности исходной воды, при повышенном содержании в ней органических веществ и планктона [24];

б) хлорирование с преаммонизацией, т.е. введение в воду аммиака или его солей непосредственно перед введением хлора (обычно при соотношениях доз аммиака и хлора 1:4, 1:10). При этом обеззараживание обеспечивается за счёт связанного хлора (хлораминов). Метод используется для предупреждения специфических запахов, возникающих после обработки воды хлором. При преаммонизации контакт воды с хлором должен быть не менее 1 ч.;

в) перехлорирование, т.е. введение доз хлора 10-20 мг/л с последующим связыванием избытка хлора; применяется в случаях вынужденного использования водоисточников, бактериальное загрязнение которых превышает установленный предел, когда среднее количество кишечных палочек составляет более 10000 в 1 л воды, взятой в точке водозабора. Кроме того, применяется во избежание появления хлорфенольного запаха при наличии в исходной воде фенолов;

г) хлорирование послепереломными дозами, т.е. с учётом точки перелома на кривой остаточного хлора; при этом обеззараживание воды производится свободным хлором, который значительно эффективнее связанного хлора (хлораминов); применяется главным образом в случаях высокого бактериального загрязнения исходной воды;

д) использование двуокиси хлора также рекомендуется для повышения эффективности обеззараживания и предупреждения специфических запахов в воде.

Известны также методы обеззараживания воды, сочетающие лучшие свойства известных дезинфектантов (хлора, диоксида хлора, озона). К ним относится технология обеззараживания воды раствором смеси оксидантов, вырабатываемой в электролизных установках. Однако при применении этой технологии следует учитывать описанные выше негативные стороны, свойственные входящим в состав смеси дезинфицирующим агентам [24].

Озонирование воды. Наиболее распространённым химическим методом обеззараживания воды с использованием соединений кислорода является озонирование. Сущность технологии заключается в тонкой флотации загрязнений озоно – воздушной смесью. При колебании в широких пределах концентрации взвешенных веществ и БПК в сточной воде, поступающей на обработку методом ПАВ – озоновой технологии, снижается степень очистки по аммонийному и нитратному азоту, ионам тяжёлых металлов, нефтепродуктам. Расходование значительной части озона на взаимодействие с взвешенными веществами и продуктами их окисления, сказывается на глубине окисления загрязнений, свойственных сточной воде при эффекте обеззараживания.

Другие химические методы обеззараживания воды. Кроме соединений хлора, в практике обезвреживания сточных вод используются соединения брома и йода, обладающие окислительной активностью. Высокими окислительными свойствами обладают межгалогидные соединения. Химическое поведение хлорида брома в воде сходно с поведением хлора. BrCl в течение миллисекунд реагирует с водой, образуя гипобромовую кислоту, которая быстро соединяется с аммиаком, образуя при этом бромамины. Они далеко превосходят хлорамины в бактерицидной и противовирусной активности. Несмотря на перспективность использования соединений брома и йода для обеззараживания сточных вод, они не нашли широкого применения из-за возможности образования йод- и бромпроизвольных, обладающих токсичным действием и отдаленными эффектами.

Распространённым кислородсодержащим реагентом, обладающим бактерицидным эффектом, является перманганат калия. Этот реагент взаимодействует с органическими и неорганическими веществами, что препятствует его дезинфицирующему действию, в результате оно оказывается намного ниже, чем у хлора и озона [24]. На данный момент более перспективным методом по обеззараживанию воды является метод аммонизации. Этот метод подробнее рассмотрим в следующей главе.

2. Обеззараживания питьевой воды методом хлораммонизации

2.1 Теоретические основы обеззараживания воды методом хлораммонизации

Хлораммонизация – это метод обеззараживания воды, путем введения в обрабатываемую воду реагента, содержащего аммоний, и хлорреагента. При этом обеззараживающим агентом являются образующиеся в воде хлорамины (неорганический связанный хлор).

Связанный хлор (монохлорамин, дихлорамин) имеет меньшую реакционную способность по сравнению с хлором и менее интенсивно взаимодействует с органическими веществами, находящимися в питьевой воде. Благодаря этому хлоропоглощаемость связанного хлора в воде в несколько раз меньше, чем свободного, что позволяет значительно снизить расход хлора. При этом хлорамины в основном расходуются не на окисление примесей, а на обеззараживание воды. Кроме этих двух важных преимуществ, аммонизация обеспечивает консервацию остаточного хлора в резервуарах, водоводах и водопроводной сети, вследствие значительно меньшей летучести и реакционной способности хлораминов. Применение хлораммонизации вместо первичного хлорирования является наиболее удачным решением вместо первичного на станциях очистки воды (СОВ) поверхностных источников водоснабжения, особенно если СОВ расположена далеко от водозабора и вода подается на нее по длинным трубопроводам. Вследствие этого снижается загрязнение воды продуктами жизнедеятельности микроорганизмов, придающими воде неприятные запах и привкус.

Также, в случае вод, загрязненных гуминовыми и фульвокислотами, в протяженных трубопроводах при большом времени контакта хлора с загрязнениями происходит образование высоких концентраций токсичных тригалометанов, в частности хлороформа. При хлораммонизации образуется значительно меньше хлорорганических соединений [25].

При разработке, организации и осуществлении технологии хлораммонизации приоритетным подходом является сокращение до минимума участия персонала в технологическом процессе, то есть максимальная механизация и автоматизация технологического процесса.

Интересным и перспективным решением, впервые примененным предприятием ООО «Анжерский водоканал» на ряде объектов, является использование для хлораммонизации воды безопасных реагентов: вместо аммиака – сульфата аммония, а для хлорирования вместо жидкого хлора – гипохлорита натрия. Благодаря этому станция водоподготовки не относится к опасным объектам, поднадзорным структуре ГО и ЧС.

Качественно новый подход к реализации данной технологии состоит в применении новых, нестандартных решений. Так, вместо типовых сооружений реагентного хозяйства впервые в России разработана и применена компактная, полуавтоматическая установка для приготовления растворов из сухих гранулированных реагентов, обладающих высокой гигроскопичностью и вследствие этого расфасованных в герметичные полиэтиленовые мешки. Установка сокращает до минимума ручные операции и исключает опасность травматизма, физическое перенапряжение, возможность интоксикации [25].

В условиях большой протяженности водоводов необходимо обеспечивать сохранение обеззараживающего эффекта при транспортировке питьевой воды по водопроводным сетям. Для этой цели служит технология хлораммонизации питьевой воды.

Неорганические хлорамины являются результатом реакции ионов ClO^- или молекул хлорноватистой кислоты (HClO) с ионами аммония (NH_4^+) или с аммиаком. В зависимости от значения pH и концентраций гипохлорит-ионов и ионов аммония образуются монохлорамины (NH_2Cl), дихлорамины (NHCl_2) или трихлорамины (NCl_3). Два последних соединения являются неустойчивыми. Реакция образования монохлорамина выглядит следующим образом:



Увеличение соотношения $\text{ClO}^-/\text{NH}_4^+$ приводит к образованию дихлорамина:



В условиях обработки воды р. ЯЯ на водоочистой станции г. Анжеро-Судженска трихлорамины не образуются[26].

При нагревании и под действием света хлорамины медленно разлагаются с выделением азота и хлора. В воде хлорамины гидролизуются с образованием аммиака и хлорноватистой кислоты:



Хлорамины не являются окислителями. Их окислительно-восстановительные потенциалы имеют очень низкие значения:

$$E^0(\text{NH}_2\text{Cl} + 2\text{H}^+ + 2e \leftrightarrow \text{Cl}^- + \text{NH}_4^+) = -1,48 \text{ В};$$

$$E^0(\text{NH}_2\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} + 2e \leftrightarrow \text{Cl}^- + \text{NH}_3 + \text{OH}^-) = -0,81 \text{ В};$$

$$E^0(\text{NH}_2\text{Cl} + \text{NH}_4^+ + 2e \leftrightarrow \text{Cl}^- + 2\text{NH}_3) = -1,4 \text{ В};$$

$$E^0(\text{NH}_2\text{Cl} + 3\text{H}^+ + 4e \leftrightarrow 2\text{Cl}^- + \text{NH}_4^+) = -1,39 \text{ В};$$

$$E^0(\text{NCl}_3 + 4\text{H}^+ + 6e \leftrightarrow 3\text{Cl}^- + \text{NH}_4^+) = -1,37 \text{ В}.$$

Однако продукты гидролиза и разложения хлораминов представляют собой очень сильные окислители:

$$E^0(\text{Cl}_{2(\text{aq})} + 2e \leftrightarrow 2\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}) = +1,396 \text{ В};$$

$$E^0(\text{HClO} + \text{H}^+ + 2e \leftrightarrow \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}) = +1,5 \text{ В};$$

$$E^0(\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2e \leftrightarrow \text{Cl}^- + 2\text{OH}^-) = +0,89 \text{ В}.$$

Ввиду относительно низких значений констант равновесий в реакциях (3) и (4) связывание хлора в хлорамины (монохлорамин, дихлорамин) обуславливает постоянное присутствие незначительных концентраций форм активного хлора (гипохлорит-ионов, свободного хлора), которые менее интенсивно взаимодействуют с органическими веществами, находящимися в питьевой воде. При этом сохраняется высокий обеззараживающий эффект [26].

Хлорпоглощаемость воды при использовании связанного хлора в несколько раз меньше, чем при применении свободного хлора, что позволяет

снизить расход гипохлорита натрия. При этом формы активного хлора, обеспечиваемые разложением хлораминов, в основном расходуются не на окисление примесей, а на обеззараживание воды. Фактически хлорамины «консервируют» активный хлор (+1) и являются его переносчиками. За счет описанных процессов, а также вследствие значительно меньшей летучести и реакционной способности хлораминов по сравнению с газообразным хлором аммонирование воды обеспечивает консервацию остаточного хлора в резервуарах, водоводах и в водопроводной сети.

Сульфат аммония дозируется из расчета соотношения дозы ионов аммония к дозе гипохлорит-ионов (в пересчете на активный хлор):

$$D_{\text{ам}}/D_{\text{хл}}= 1/4-1/8.$$

Оптимальное соотношение сульфата аммония (по аммиаку) и гипохлорита натрия (по активному хлору), а также точная доза сульфата аммония определяются методом пробного хлорирования. Соотношение меняется в зависимости от качества исходной воды в течении года. При прочих равных условиях, чем больше соотношение доз реагентов, тем лучше качество воды по микробиологическим показателям. Это объясняется тем, что с увеличением доз хлора и соотношения реагентов в воде увеличивается не только концентрация остаточного хлора, но и доля дихлораминов, которые обладают большей бактерицидной активностью, чем монохлорамины. На Рисунке 2.1.1 видно, что при увеличении дозы хлора от 1,0 мг/л до 2,5 мг/л концентрация монохлораминов сначала увеличивается, затем уменьшается, а концентрация дихлораминов увеличивается [26].

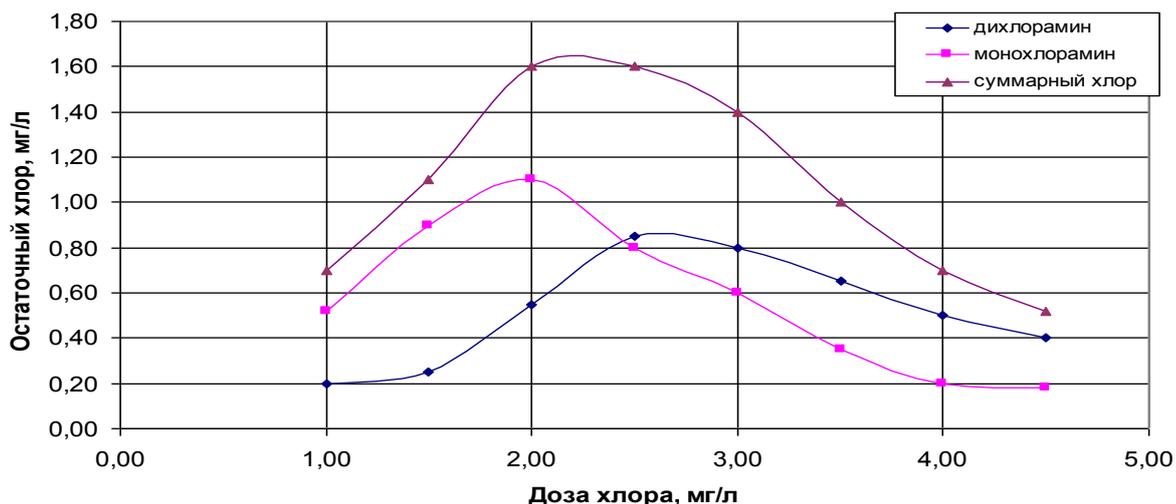


Рисунок 2.1.1 Изменение концентрации общего хлора, моно- и дихлораминов в зависимости от дозы хлора ($D_{ам}=0,3$ мг/л) [26]

Таким образом, с точки зрения эффективности обеззараживания воды выбирать дозу хлора на кривой хлорпоглощаемости следует на участке увеличения остаточного общего хлора ближе к точке максимума. Например, на Рисунке 2.1.1 оптимальный интервал доз хлора будет соответствовать 2,0-2,5 мг/л.

2.2 Общие сведения о сульфате аммония

Аммония сульфат (сернокислый аммоний) $(NH_4)_2SO_4$, соль, бесцветные кристаллы с плотностью 1770 кг/м^3 . Растворимость аммония сульфата в воде (г в 100 г): 70,5 (0°C), 76,4 (25°C), 101,7 (100°C).

Аммония сульфат - выпускается по ГОСТ 9097-82[27], не горючее, взрывобезопасное, не токсичное вещество. Данный реагент не изменяет категории пожарной опасности существующих помещений, в которых он применяется, не требует дополнительной нагрузки на вентиляцию [27].

Таблица 2.2.1 Технические характеристики сульфат аммония

Наименование показателя	Норма
1. Внешний вид	Белые или прозрачные кристаллы
2. Массовая доля азота в пересчете на сухое вещество, %, не менее	21
3. Массовая доля воды, %, не более	0,2
4. Массовая доля свободной серной кислоты, %, не более	0,03
5. Фракционный состав: массовая доля фракции размером более 0,5 мм, %, не менее	80
менее 6 мм, %	100
6. Рассыпчатость, %	100
7. Массовая доля нерастворимого в воде остатка, %, не более	0,02

Упаковка:

В четырех - шестислойные бумажные мешки или полиэтиленовые мешки.

Транспортировка:

Мешками емкостью по 40 кг.

Область применения:

- в водоподготовке и водоочистке
- для биологической обработки растений в качестве питательной среды для бактериальных культур;
- в деревообрабатывающей промышленности в производстве стабилизирующих агентов для мочевино-формальдегидных и меламин-формальдегидных смол;
- в кожевенной промышленности в производстве дубильной жидкости;
- в бумажной промышленности в производстве огнеупорной бумаги;
- в текстильной промышленности в качестве добавки в окрашивающие ванны, для огнеупорных, подкладочных тканей, фитилей;
- как пищевая добавка E-517 (эмульгатор) [27].

2.3 Режимные указания по аммонизации

Хранение, дозирование сульфат аммония

Хранение сульфата аммония осуществляется на складе ГПХ в мешках. Срок хранения – 6 месяцев.

Приготовление рабочего раствора заданной концентрации осуществляется в растворо - расходных емкостях. Для преаммонизации (подача АС перед смесителем) раствор готовится в двух существующих железобетонных емкостях предназначенных по первоначальному проекту для хлорного железа, расположенных в здании реагентного хозяйства. Для интенсификации процесса растворения АС применяется барбатаж воздухом с помощью существующих воздуходувок.

Готовый раствор по трубопроводам обвязки из растворо - расходной емкости АС поступает на всасывающую линию дозировочных насосов. Расчетная подача раствора АС до точек ввода осуществляется мембранными насосами - дозаторами, где при помощи камерно-лучевых смесителей происходит его смешение с водой. Предусматривается 2 рабочих дозировочных насоса подающих АС перед хлором, каждый на свой смеситель. При выработке емкости оператор, обслуживающий установку, переходит на работу с полной емкостью и производит приготовление рабочего раствора в опорожненной растворо – расходной емкости [26].

В зимний период при минимальной хлорпоглощаемости разработанная схема обеспечивает эффективное обеззараживание воды путем подачи расчетной дозы АС на первичное хлорирование [26].

2.4 Определение количества товарного продукта АС для приготовления рабочего раствора

Количество товарного продукта АС, необходимого для приготовления рабочего раствора вычисляется по формуле:

$$m = \frac{I \times C \times \rho_{p-pa}}{P}, \text{ кг} \quad (1)$$

m - количество товарного продукта, необходимого для приготовления раствора заданной концентрации, кг;

I - количество приготавливаемого рабочего раствора, л;

C - концентрация рабочего раствора, %;

P - содержание активной части в товарном продукте, %;

ρ_{p-pa} - плотность приготавливаемого рабочего раствора г/см^3 , определяется по таблице или графику [26];

2.5 Приготовление рабочего раствора

Приготовление рабочего раствора выполняется в следующем порядке:

- В расходный бак залить воду на 5 см ниже отметки 12.
- Закрывать подачу воды, включить барбатаж.
- Засыпать расчетное количество сульфата аммония (желательно по всей площади емкости).
- После подачи расчетного количества АС продолжать барбатаж в течение 15-20 минут.
- Отключить барбатаж, рабочий раствор готов [27].

С помощью ареометра замерить плотность приготовленного раствора и уточнить концентрацию полученного раствора по таблице зависимости плотности рабочего раствора АС от его концентрации.

Таблица зависимости плотности рабочего раствора АС от концентрации аммония готовится заранее на каждую партию АС персоналом лаборатории. Из АС с точно известной концентрацией по аммиаку (как правило, это АС прошедший входной контроль в лаборатории водоканала) путём разбавления готовят растворы (обычно шаг принимают 0,1%) с концентрациями 0,8%, 0,9%, 1,0% и т. д. до 2 % по аммиаку. Далее замеряют в них плотность и

вносят полученные данные в таблицу. Температура растворов при замере плотности должна быть $20 \pm 1^\circ\text{C}$ [26].

Для оперативного технологического контроля концентраций рабочего раствора можно пользоваться упрощенным линейным графиком зависимости плотности раствора от концентрации NH_3 (рис. 2.5.1).

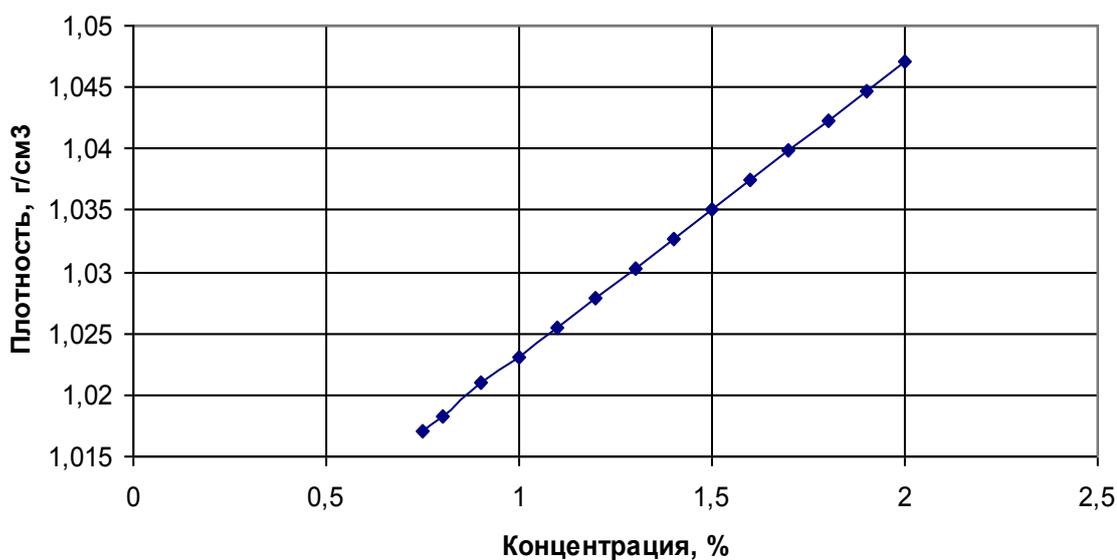


Рисунок 2.5.1 Зависимость плотности раствора сульфата аммония от концентрации аммиака [26]

После уточнения концентрации, определить расход рабочего раствора сульфата аммония для подачи в исходную воду требуемой дозы АС по формуле:

$$q = \frac{d \times Q}{C \times 10}, \text{ л/час} \quad (2)$$

где:

d - оптимальная доза АС по (аммиаку), мг/л;

Q – часовой расход воды поступающей на очистку, м³/час;

q – расход рабочего раствора АС, л/мин;

10 – переводной коэффициент;

C – концентрация рабочего раствора, %.

2.6 Дозирование рабочего раствора АС насосом – дозатором

Производительность насоса – дозатора подбирается исходя из максимального и минимального расхода очищаемой воды на ВОС, а также max и min доз АС. Т.е. рассчитывается расход рабочего раствора АС с концентрацией в рекомендуемом пределе (1% - 2%) на min расход очищаемой воды при min дозе аммония (это будет нижний предел подачи насоса-дозатора) и на max производительность при max дозе аммония (это будет верхний предел подачи насоса-дозатора). Исходя из полученного интервала производительности насоса-дозатора, подбирается соответствующий тип агрегатов.

Оптимальными для принятой схемы являются насосы – дозаторы производства «GRUNDFOS». Данное оборудование долговечно, надежно и удобно в эксплуатации, что подтверждается многолетним опытом его использования на объектах водоснабжения и водоотведения. Насосы-дозаторы могут быть связаны с расходомерами для автоматической регулировки дозирования рабочего раствора АС при изменениях производительности ВОС [26].

2.7 Пример расчета

Производительность ВОС $Q=40\ 000\ \text{м}^3/\text{сут} = 1666,67\ \text{м}^3/\text{ч}$.

Доза сульфата аммония $d = 0,3\ \text{мг/л}$ (по аммиаку).

Имеется два расходных бака с рабочим объёмом $W= 11,44\ \text{м}^3$ каждый, размеры 2,6 x 2,7 x 1,63 м, учитывая сухой борт 0,5 м.

Концентрация сульфата аммония в товарном продукте 23% по аммиаку.

Плотность товарного продукта АС $\rho_{АС} = 1,77\ \text{г/см}^3$.

- Определяем расход рабочего раствора АС при заданной концентрации аммония $C=1\%$.

$$q = \frac{0,3 \times 1666,67}{1 \times 10} = 50 \text{ л/час}$$

- Определяем количество товарного АС для приготовления 1%-ного раствора.

$$m = \frac{11443 \times 1,0 \times 1,023}{23} = 509 \text{ кг}$$

где:

1,023 – плотность 1%-ного рабочего раствора АС принимаем по таблице 2.7.1.

Фактическая концентрация рабочего раствора замеряется ареометром.

При концентрации рабочего раствора отличной от заданной (1%), расход рабочего раствора пересчитывается согласно формуле 2.

Таблица 2.7.1 Зависимость плотности от концентрации АС

№п/п	Концентрация р-ра АС, С%	Плотность р-ра АС, ρ г/см ³
1	2	3
1	0,75	1,0170
2	0,8	1,0182
3	0,9	1,0210
4	1,0	1,0230
5	1,1	1,0254
6	1,2	1,0278
7	1,25	1,029

2.8 Преимущества метода хлораммонизации перед другими методами

Обеззараживание воды в современных условиях стало, чуть ли не обязательным процессом в системе очистки воды питьевого водоснабжения.

К подобным методам обеззараживания питьевой воды относится хлораммонизация. Наличие в воде остаточного хлора даже в небольших количествах придает ей неприятный запах. Уловимый в речной воде запах болота или неприятной сырой рыбы при хлорировании воды резко усиливается и делает ее не приятной на вкус. А при наличии в хлорируемой воде малейших следов фенола возникает специфический «аптечный» запах. Для устранения запахов питьевой воды на городских водопроводах в воду предлагается вводить аммиак [28].

В современных условиях широко известны два способа получения аммиачной воды:

1. Непосредственное разбавление аммиака водой;
2. Применение водного раствора сульфата аммония;

Преимущества обеззараживания воды с применением сульфата аммония заключается в безвредности при транспортировке и хранении, в отличие от способов, где необходимо непосредственно растворять аммиак водой. Сульфат аммония практически является подручным материалом, потому как используется в сельском хозяйстве в качестве удобрения. Так же при хлорировании с аммонизацией создаются более эффективные условия для предотвращения развития бактериальной жизни внутри водопроводной сети, водопроводных труб, в частности железобактерий, вызывающих зарастание труб.

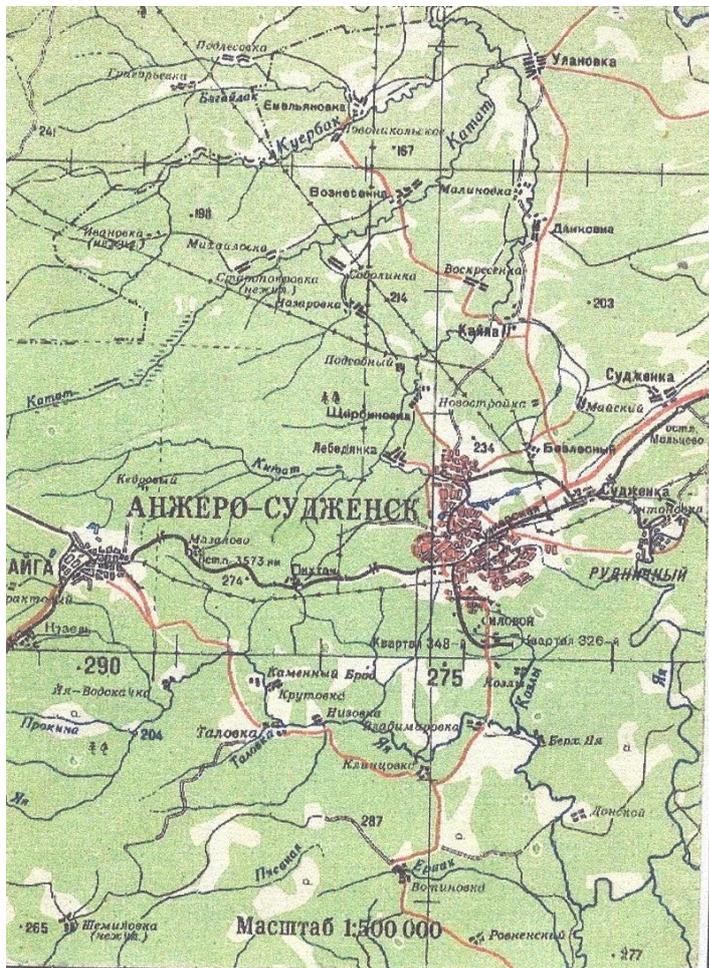
Обеззараживание воды является важнейшей функцией систем водоснабжения. Применяемая для этих целей хлораммонизация имеет ряд преимуществ по сравнению с обычным хлорированием. Однако при этом предъявляются повышенные требования к средствам аналитического контроля, что ограничивает возможности автоматизации. Рассмотрены различные параметры контроля с точки зрения их применимости для целей автоматизации процесса обеззараживания. Показано, что наилучшим параметром, свидетельствующим о прохождении процесса в оптимальных условиях, является содержание свободного аммония. Для выбора метода определения

свободного аммония в условиях хлораммонизации на реальном объекте водоснабжения проведены испытания по контролю свободного аммония различными способами. Практические испытания показывают, что эффективность данного метода управления процессом, надежность работы и хорошая сходимость результатов с лабораторными данными [28].

В России реализована технологическая схема водоподготовки, обеспечивающая многоступенчатую очистку и обеззараживание питьевой воды на основе совместного использования современных технологий. Предварительная обработка воды хлораминами и применение гипохлорита натрия минимизирует образование хлорорганических соединений и поддерживает надлежащее санитарное состояние очистных сооружений. Внедрение в России станций современных технологий хлораммонизации позволяет добиваться максимальной эффективности, оптимизировать эксплуатационные затраты, снизить влияние негативных побочных эффектов и обеспечить высокое качество питьевой воды [29].

3. Методы и материалы исследования

3.1 Общая характеристика питьевой воды г. Анжеро-Судженска



Город Анжеро-Судженск находится на северо-западе Кемеровской области и расположен на водоразделе рек Яя и Мазаловский Китат в пределах Кузнецкого Алатау. Географические координаты 55030/ - 56000/ северной широты, 85050/ - 86015/ восточной долготы (рис. 3.1.1).

Анжеро-Судженск расположен в Яйском административном районе. Анжеро-Судженск находится в центре России почти на одинаковом расстоянии от западных и восточных границ [30].

Рисунок 3.1.1 Географическое положение города Анжеро-Судженска [30]

В гидрологическом отношении территория города и района представляет собой водораздел рек Яя и Мазаловский Китат, по которому проходит Сибирская железная дорога и делит город на северную и Южную части. Северная часть слабо всхолмлена и орошается рекой Мазаловский Китат с притоком Алчедат (все остальные реки впадают в Алчедат). В черте города реки имеют ровное, спокойное, плавное течение. Большинство рек зимой замерзают (кроме Малой Анжеры). Замерзают в начале ноября, вскрываются в

конце апреля. Питание рек смешанное: снеговое, дождевое и грунтовое. Источником питания рек является выход грунтовых вод, выпуск шахтовых вод и промышленных предприятий, а также сточные воды города (бани, больницы, школы, жилой сектор и т.д.) Гидрологический режим рек нарушается сбросом в них промышленных вод предприятий, расположенных на её берегах [30].

ООО «Анжеро-Судженский водоканал» занимает ведущее место в системе жилищно-коммунального хозяйства города. Он выполняет централизованное водоснабжение питьевой водой город и ближайшие поселки, подачу технической воды на предприятия, прием и очистку стоков от жилой застройки, промышленных предприятий и организаций города. Немаловажную роль в жизни людей играет вода. А от качества питьевой воды напрямую зависит их здоровье. Поэтому, главной задачей Анжерского водоканала, является оказание населению и предприятиям Анжеро-Судженска услуг качественного питьевого водоснабжения и водоотведения.

В состав структурных элементов ООО «Анжерский водоканал» входят:

- Участок «ОВС» (очистная водопроводная станция) - забор воды поверхностной, водоподготовка и подача воды в город (проходная; АБК, лаборатория; насосная станция I^{ого} подъёма, реагентное хозяйство, горизонтальные отстойники, скорые фильтры, насосная станция II^{ого} подъёма).
- Участок «АБК» (административный аппарат, лаборатория).
- Участок «ОКС» (очистные канализационные сооружения) - очистка сточных вод и выпуск очищенных стоков в р.Алчедат.

Режим водопотребления города Анжеро – Судженска круглосуточный. Для поддержания необходимого режима водопотребления в течение суток в городе установлены два гидроузла. Суточный расход, согласно факту, составляет в пределах 40 тыс.м³.

Качество водопроводной воды централизованного водоснабжения г. Анжеро – Судженска соответствует санитарным требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 [31].

Анжерский водоканал относится к централизованным системам коммунального водоснабжения, производящий забор воды из поверхностного источника - р.Яя.

Источником водоснабжения города Анжеро-Судженска является река Яя (поверхностный водозабор).

Характеристика р. Яя

Река Яя берет начало в 4 км к югу от с. Поляково Кемеровской области, из болотистой местности на высоте около 200 м над уровнем моря и впадает в р. Чумыш (приток р. Обь). Длина реки 380 км, площадь водосбора 11 700 км².

Бассейн р. Яя граничит на востоке с бассейном р. Кия, на западе - с бассейном р. Томь. Бассейн покрыт хвойным лесом с включением лиственных пород, долина реки заболочена.

Р. Яя относится к равнинно-таежным рекам со слабым течением и многочисленными меандрами. Речная сеть достаточно развита. Наиболее многоводные притоки - рр. Барзас, Тельбес, Золотой Китат, Китат, находятся в верхней и правобережной части бассейна [30].

Ширина русла изменяется от 5-10 м в верхнем течении до 50-70 м в среднем, на участке водозабора 73 м. Берега русла обрывистые, размываемые, высотой 4-5 м. Глубины в межень на перекатах 0,1-0,5 м., на плесах 2-3 м, на участке водозабора 5,5 м.

Формирование стока реки происходит, главным образом, за счет таяния снежного покрова.

Основными фазами водного режима являются весеннее половодье, летне-осенняя межень, повышенная за счет выпадения дождей, и продолжительная зимняя межень. В середине апреля на реке появляется вода на льду, разводья и происходят подвижки льда. За 5-10 дней до вскрытия начинается подъем уровней. Пик весеннего половодья проходит во второй половине апреля - начале мая. Спад половодья сначала происходит резко - 50-80 см в сутки, а затем замедляется и заканчивается к началу июня. Средняя

продолжительность половодья 48 дней, наименьшая 31 день, наибольшая 71 день.

После прохождения весеннего половодья на 3-4 месяца (с июня по октябрь) устанавливается летне-осенняя межень. Уровни этого периода неустойчивы, наблюдаются кратковременные дождевые паводки с подъемами уровней на 0,3-1,5 м. Минимальные летние уровни наблюдаются с июня по октябрь и в большинстве случаев являются низшими годовыми. Осенние ледовые образования (конец октября - начало ноября) сопровождаются подъемом уровней на 20-70 см, который сохраняется и в первые дни ледостава. После образования устойчивого ледяного покрова наступает кратковременный спад уровней, в это время могут наблюдаться минимальные зимние уровни (октябрь - ноябрь). В конце зимы (февраль - март) в отдельные годы возможно незначительное понижение уровней. В это время также могут наблюдаться минимальные зимние уровни [30].

Обычно в конце октября вследствие охлаждения водного потока появляются ледяные образования в виде заберегов, сала, шуги. Ледостав устанавливается в первой декаде ноября. Наибольшая толщина льда 1,3-1,6 м достигает в конце зимы. Весенний ледоход носит бурный характер. На крутых поворотах реки при сужениях русла образуются заторы льда. Во время весеннего ледохода часто наблюдаются максимальные уровни. Продолжительность весеннего ледохода от 1 до 12 дней.

Очищение реки ото льда происходит в конце апреля. Продолжительность периода с ледовыми явлениями составляет 173-209 дней.

Исходя из вышеизложенного, условия забора воды из р. Яя, согласно СНиП 2.04.02-84 [32], более подходят к «средним».

Вода водоисточника характеризуется низкой мутностью на протяжении большей части года 0-2 мг/л, с повышением в паводковый период до 20-50 мг/л; щелочностью, изменяющейся в пределах от 0,8 до 5,5 мг-экв/л [30];

pH также имеет значительные колебания в пределах года от 6,5 до 9,0. Крайние и средние значения показателей качества воды приведены в таблице:

Таблица 3.1 Крайние и средние значения показателей качества питьевой воды

п/п	Наименование показателей	Единица измерения	Значения		
			миним.	Максимум	средн.
1.	Цветность	град	10	50	21
2.	Мутность	ЕМ-дм ³	0,96	40,0	6,6
3.	РН	ед.	7,75	8,5	8,1
4.	Сухой остаток	мг/дм ³	250	320	285
5.	Жесткость	ммоль/дм ³	0,66	5,45	4,3
6.	Окисляемость перманганатная	мгО/дм ³	1,76	5,45	3,3
7.	ХПК	мгО/дм ³	7,43	16,6	10,3
8.	Нефтепродукты	мг/дм ³	Н/о	0,11	0,01
9.	ПАВ	мг/дм ³			Н/о
10.	Железо	мг/дм ³	0,15	0,43	0,22
11.	Марганец	мг/дм			Н/о
12.	Медь	мг/дм ³			Н/о
13.	Азот нитратов	мг/дм ³	0,61	10,14	2,5
14.	Сульфаты	мг/дм ³	15,7	52,3	27,3
15.	Фториды	мг/дм ³	0,16	0,28	0,22
16.	Хлориды	мг/дм ³	7,45	14,2	11,9
17.	Азот нитритов	мг/дм ³	0,01	0,18	0,04
18.	Фенол	мг/дм ³	0,0009	0,0013	0,0011
19.	Алюминий	мг/дм ³			Н/о
20.	Азот аммония	мг/дм ³	0,08	1,38	0,29
21.	БПКполн	мг/дм	2,97	4,64	3,9
22.	Щелочность	мг/дм	0,7	5,5	4,4
23.	Молибден	мг/дм ³			Н/о
24.	Цинк	мг/дм ³			Н/о
25.	Свинец	мг/дм ³			Н/о
26.	Мышьяк	мг/дм ³			Н/о

Анализируя приведенные данные можно сделать вывод, что вода в р. Яя отвечает требованиям ГОСТ 2761-84 [7] «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения», то есть, она пригодна для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения после соответствующей очистки.

Водозабор на р. Яя эксплуатируется с 1965г. Тип - хозяйственно-питьевой, речной, приплотинный, береговой.

Состав водозаборных сооружений:

- приплотинный береговой водоприемный колодец;
- насосная станция первого подъема (НС I)
- напорные водоводы от НС I

Из реки Яя вода поступает через водоприемные окна в водоприемную камеру берегового водоприемного колодца. Для задержания сора в береговом водоприемном колодце используются сородерживающие решетки и сетки. Из всасывающей камеры берегового водоприемного колодца вода по водоводам поступает на НС I и далее на водоочистные сооружения.

В городе Анжеро-Судженске не применяются водозаборные сооружения из подземных вод. Примером населённого пункта с применением подобного типа водозаборных сооружений может служить село Лебедянка. Забор воды из скважины производится на глубине 100м, что благоприятно сказывается на качестве воды в санитарном отношении [30].

3.2 Методы оценки качества питьевой воды

1) Температура — физический показатель качества воды. Температура воды поверхностных водоисточников в зависимости от сезона года изменяется от 0 до 30°C. Подземные источники водоснабжения имеют относительно постоянную температуру 8—12°C. Для питьевых целей желательно иметь воду с температурой 7—15°C. Температура влияет на вязкость воды и, следовательно, на скорость осаждения взвешенных частиц. Измеряется температура непосредственно при отборе пробы термометром с делениями до 0,1°C с точностью $\pm 0,5^\circ$.

Для измерения температуры используют следующие средства измерений и вспомогательных устройств:

- термометр ртутный, заключенный в металлическую оправу и термометр глубинный с диапазоном измерения от 0 до 50°C и ценой деления не более 0,1°C.

- термометр жидкостный стеклянный, с диапазоном измерения от 0 до 100°C и ценой деления не более 1°C по ГОСТ 28498-90 [33].

2) Реакция среды. Вода хозяйственно-питьевого назначения должна иметь $pH = 6,5—8,5$. Такое требование связано с необходимостью удовлетворения физиологических потребностей человека и исключения коррозии материалов труб и сооружений. Для большинства природных водоисточников величина pH не выходит за эти пределы.

Значение pH определяют электрометрически со стеклянным и каломельным электродами. Допускается измерение с набором буферных смесей в качестве стандартных.

Величина pH — мера активной реакции среды, или активной кислотности, обусловленной присутствием в растворе свободных ионов водорода. Для количественной характеристики кислотности растворов пользуются также понятием "общая кислотность", для выражения которой служит нормальность, равная числу г-экв кислоты в 1 л. Общая кислотность называется титруемой или аналитической, так как определяется титрованием раствора щелочью. Активная кислотность составляет только часть общей кислотности и тем большую, чем выше степень диссоциации кислоты, присутствующей в растворе. Для характеристики растворов с величиной $pH \leq 4,5$ кроме активной и общей кислотности определяют свободную кислотность, которая выражается числом г-экв щелочи, необходимым для нейтрализации 1 л раствора до $pH = 4,5$.

Методика проведения анализа:

Определение общей кислотности

В коническую колбу вместимостью 250 см³ помещают мензуркой или цилиндром 100 см³ исследуемой пробы, добавляют 5 ÷ 10 капель раствора

фенолфталеина и титруют раствором гидроксида натрия, до появления слабозимой окраски, не исчезающей в течение $2 \div 3$ мин.

Конечную точку титрования можно определить потенциометрически, проводя титрование до получения устойчивого значения $pH = (8,3 \pm 0,1)$ [34].

Если при добавлении фенолфталеина к исследуемой пробе раствор сразу приобретает розовую окраску, отмечают, что углекислота отсутствует.

При необходимости определение общей кислотности повторяют следующим образом: в коническую колбу вместимостью 250 см^3 помещают $5 \div 10$ капель раствора фенолфталеина, почти весь объем титрованного раствора гидроксида натрия, затем 100 см^3 исследуемой пробы, после чего дотитровывают по каплям до устойчивого розового окрашивания, либо до $pH (8,3 \pm 0,1)$ при потенциометрическом титровании.

Определение свободной кислотности

В коническую колбу вместимостью 250 см^3 помещают мензуркой или цилиндром 100 см^3 исследуемой воды, добавляют 3 капли раствора метилового оранжевого и титруют раствором гидроксида натрия до перехода окраски в золотисто - розовую.

Конечную точку титрования можно определить потенциометрически, проводя титрование до получения устойчивого значения $pH = (4,5 \pm 0,1)$.

Если при добавлении раствора метилового оранжевого к исследуемой пробе раствор становится желтым, отмечают, что свободная кислотность отсутствует (значение содержания свободной кислотности равно нулю).

Определение кислотности, обусловленной слабыми нелетучими кислотами

Оттитрованную пробу воды кипятят в течение 2 мин для удаления свободной двуокиси углерода, быстро охлаждают, добавляют $5 \div 10$ капель раствора фенолфталеина и титруют раствором гидроксида натрия, до появления устойчивого слабо-розового окрашивания. Конечную точку титрования можно определить потенциометрически, проводя титрование до получения устойчивого значения $pH = (8,3 \pm 0,1)$ [34].

3) Цветность — показатель, обусловленный наличием в воде гуминовых и фульвокислот и их растворимых солей, а также присутствием соединений железа.

Цветность воды, имеющей большую концентрацию взвешенных веществ, определяют после предварительного отстаивания пробы или в фильтрате. При массовом развитии водорослей в поверхностных водоемах вода может приобретать различные оттенки, однако на величину показателя "цветность" это не должно влиять, так как при фильтровании воды клетки водорослей задерживаются на фильтре.

Цветность воды определяют фотометрически - путем сравнения проб испытуемой жидкости с растворами, имитирующими цвет природной воды.

Методика проведения анализа:

В цилиндр Несслера отмеривают 100 см профильтрованной через мембранный фильтр исследуемой воды и сравнивают со шкалой цветности, производя просмотр сверху на белом фоне. Если исследуемая проба воды имеет цветность выше 70°, пробу следует разбавить дистиллированной водой в определенном соотношении до получения окраски исследуемой воды, сравнимой с окраской шкалы цветности. Полученный результат умножают на число, соответствующее разбавлению.

При определении цветности с помощью электрофотокolorиметра используют кюветы толщиной поглощающего свет слоя 5-10 см. Контрольной жидкостью служит дистиллированная вода, из которой удалены взвешенные вещества путем фильтрации через мембранные фильтры №4. Оптическая плотность фильтрата исследуемой пробы воды измеряют в синей части спектра со светофильтром при $\lambda = 413$ нм.

Цветность определяют по градуировочному графику и выражают в градусах цветности [35].

4) Запахи и привкусы — органолептические показатели качества воды. Запахи вызывают летучие пахнущие вещества. Запахи и привкусы природной воды обусловлены присутствием веществ естественного происхождения или

веществ, попадающих в воду в результате загрязнения ее стоками. Естественные запахи (землистый, гнилостный, болотный, сероводородный и т.д.) связаны, как правило, с развитием в водоеме водорослей, плесеней, актиномицетов и других водных организмов. Запахи искусственного происхождения классифицируют как хлорный, фенольный, аптечный и т.д. Вкус описывают как соленый, сладкий, горький, кислый. Отмечают также особые привкусы — щелочной, металлический и пр.

При определении запаха и привкуса сначала устанавливают их характер, а затем интенсивность, оцениваемую по пятибалльной системе.

При выполнении анализа на запах и привкус обязательно указывается температура, поскольку интенсивность этих показателей увеличивается с повышением температуры.

Вода источников хозяйственно-питьевого снабжения обычно имеет запах и привкус не выше 3—4 баллов. Чаще всего питьевая вода не имеет вкуса. Воды подземных источников могут иметь солоноватый и горько-солоноватый вкус вследствие содержания солей в высоких концентрациях.

Методика проведения анализа:

Определение характера и интенсивности запаха

Характер запаха воды определяют ощущением воспринимаемого запаха (землистый, хлорный, нефтепродуктов и др.).

Определение запаха при 20 °С

В колбу с притертой пробкой вместимостью 250 - 350 см³ отмеривают 100 см³ испытуемой воды с температурой 20 °С. Колбу закрывают пробкой, содержимое колбы несколько раз перемешивают вращательными движениями, после чего колбу открывают и определяют характер и интенсивность запаха.

Определение запаха при 60 °С

В колбу отмеривают 100 см³ испытуемой воды. Горлышко колбы закрывают часовым стеклом и подогревают на водяной бане до 50 - 60 °С.

Содержимое колбы несколько раз перемешивают вращательными движениями. Сдвигая стекло в сторону, быстро определяют характер и

интенсивность запаха. Интенсивность запаха воды определяют при 20 и 60 °С и оценивают по пятибалльной системе согласно требованиям [35].

Определения вкуса и привкуса

Различают четыре основные вида вкуса: соленый, кислый, сладкий, горький. Все другие виды вкусовых ощущений называются привкусами.

Характер вкуса или привкуса определяют ощущением воспринимаемого вкуса или привкуса (соленый, кислый, щелочной, металлический и т.д.). Испытываемую воду набирают в рот малыми порциями, не проглатывая, задерживают 3 - 5 с. Интенсивность вкуса и привкуса определяют при 20 °С и оценивают по пятибалльной системе согласно требованиям [35].

5) Мутность природной воды обусловлена присутствием нерастворенных и коллоидных веществ неорганического (глина, песок, гидроксид железа) и органического (илы, микроорганизмы, планктон, нефтепродукты) происхождения, т.е. примесями, относящимися по степени дисперсности к первой и второй группам.

Определение мутности производят не позднее, чем через 24 ч после отбора пробы. Проба может быть законсервирована добавлением 2 - 4 см³ хлороформа на 1 дм³ воды.

Мутность воды определяют фотометрическим путем сравнения проб исследуемой воды со стандартными суспензиями. Результаты измерений выражают в мг/дм³ (при использовании основной стандартной суспензии каолина) или в ЕМ/дм³ (единицы мутности на дм³) (при использовании основной стандартной суспензии формазина). Переход от мг/дм³ к ЕМ/дм³ осуществляется, исходя из соотношения: 1,5 мг/дм³ каолина соответствуют 2,6 ЕМ/дм³ формазина или 1 ЕМ/дм³ соответствует 0,58 мг/дм³ [35].

Методика проведения анализа:

Перед проведением испытания во избежание ошибок, производят калибровку фотоколориметров по жидким стандартным суспензиям мутности

или по набору твердых стандартных суспензий мутности с известной оптической плотностью.

В кювету с толщиной поглощающего свет слоя 100 мм вносят хорошо взболтанную испытуемую пробу и измеряют оптическую плотность в зеленой части спектра ($\lambda = 530$ нм). Если цветность измеряемой воды ниже 10° по Cr-Co шкале, то контрольной жидкостью служит бидистиллированная вода. Если цветность измеряемой пробы выше 10° Cr-Co шкалы, то контрольной жидкостью служит испытуемая вода, из которой удалены взвешенные вещества центрифугированием (центрифугируют 5 мин при 3000 мин^{-1}) или фильтрованием через мембранный фильтр с диаметром пор 0,5 - 0,8 мкм.

Содержание мутности в мг/дм^3 или ЕМ/дм^3 определяют по соответствующему градуировочному графику. Окончательный результат определения выражают в мг/дм^3 по каолину [35].

б) Для характеристики природных вод применяют и другой показатель — содержание взвешенных веществ. Под взвешенными веществами понимается количество загрязнений, которое задерживается на бумажном фильтре при фильтрации пробы (при атмосферном давлении или слабом разрежении). Для фильтрования загрязненных вод используют самый пористый фильтр типа "белая лента", а при исследовании воды с загрязнением не более 25 мг/л — тонкие мембранные фильтры. Фильтр со взвешенными веществами высушивается при 105°C до постоянного веса, и по разнице веса фильтра до и после фильтрации определяется количество взвешенных веществ в воде. Между количеством взвешенных веществ и прозрачностью однозначной связи нет.

Прозрачность определяется наличием не только взвешенных частиц, но и коллоидных примесей, которые не задерживаются бумажным фильтром, а потому не включаются в состав показателя взвешенных веществ. Кроме того, прозрачность зависит также от формы и размеров частиц, что для показателя взвешенных веществ значения не имеет. Несмотря на эти различия, для ориентировочных определений (в целях упрощения эксплуатационного

контроля) по результатам длительных наблюдений строят график зависимости прозрачности от количества взвешенных веществ, с помощью которого на основании быстро и легко выполняемого определения прозрачности можно с достаточной степенью точности установить количество взвешенных частиц в воде.

Методика проведения анализа:

Определение взвешенных веществ

Перед проведением анализа пробу тщательно гомогенизируют. В зависимости от ожидаемого содержания взвешенных веществ для анализа используют от 50 до 2000 см³ пробы. Объем пробы подбирают таким образом, чтобы масса взвешенных веществ на фильтре (привеса) составляла не менее 0,0010 г. Питьевую и природную воду рекомендуется фильтровать через мембранный, а сточную воду через бумажный фильтр. Через подготовленный фильтр пропускают анализируемую воду. При использовании мембранного фильтра частицы, приставшие к стенке воронки для фильтрования, смывают на фильтр дважды порциями фильтрата по 10 см³ [36].

При работе с бумажным фильтром фильтр с осадком трижды промывают дистиллированной водой порциями по 10 см³. Фильтр подсушивают на воздухе (2 - 3) часа и помещают в тот же бокс, где проводилось предварительное взвешивание. Мембранный фильтр высушивают в течение 1 часа, а бумажный в течение 4 часов в сушильном шкафу при (105 ± 2) °С. Фильтр с боксом охлаждают в эксикаторе и взвешивают. Повторяют процедуру сушки до тех пор, пока разница между двумя последними результатами взвешивания не будет превышать 0,5 мг. Значения каждого взвешивания записывают в рабочий журнал [36].

Определение прокаленных взвешенных веществ

Высушенный фильтр с взвешенными веществами помещают в подготовленный фарфоровый тигель, который затем устанавливают в муфельную печь и прокаливают при температуре (600 ± 15) °С в течение 1 часа. Тигель охлаждают в эксикаторе и взвешивают. Повторные прокаливания

проводят в течение 1 часа до тех пор, пока разница между результатами двух последних взвешиваний не будет превышать 0,5 мг. Значения каждого взвешивания записывают в рабочий журнал [36].

7) Сухой остаток и потери при прокаливании. В практике водоподготовки под сухим остатком понимают общую сумму неорганических и органических соединений в растворенном и коллоидно-растворенном состоянии. Сухой остаток определяют выпариванием предварительно профильтрованной пробы с последующим высушиванием при 105°C. Потери при прокаливании определяют содержание в сухом остатке органических веществ. Остаток после прокаливании характеризует солесодержание воды.

Сухой остаток в воде источника хозяйственно-питьевого назначения и в питательной воде не должен превышать 1000 мг/л, так как употребление человеком воды с повышенным солесодержанием вызывает различные заболевания.

Методика проведения анализа:

Определение сухого остатка

Для определения берут от 25 до 1000 см³ анализируемой пробы воды в зависимости от предполагаемой массовой концентрации сухого или прокаленного остатка. Объем выбирают таким образом, чтобы масса привеса чашки после выпаривания и высушивания составила более 0,0010 г.

Аликвотную часть пробы воды, предварительно профильтрованную через фильтр «синяя лента» и отобранную мензуркой или цилиндром, помещают в фарфоровую чашку и выпаривают на водяной бане досуха. Выпаривание на водяной бане проб воды проводят в вытяжном шкафу.

При выпаривании чашку наполняют водой не более чем на 3/4 объема, постепенно прибавляя оставшуюся воду по мере упаривания пробы [37].

Примечание - Если аликвотная часть пробы воды составляет (500 - 1000) см³, то допускается проводить выпаривание с применением ротационного испарителя. Воду упаривают приблизительно до 50 см³, затем количественно переносят в выпарную чашку и выпаривают на водяной бане досуха. При

анализе питьевых и природных вод допускается фильтрование пробы воды через мембранный фильтр с помощью установки для фильтрования. После выпаривания внешнюю поверхность чашки с сухим остатком тщательно вытирают фильтровальной бумагой и помещают в сушильный шкаф, нагретый до (105 ± 2) °С, высушивают в течение трех часов, охлаждают в эксикаторе, взвешивают. Высушивание, охлаждение в эксикаторе до температуры окружающей среды и взвешивание повторяют до достижения постоянной массы, т.е. до тех пор, пока разница между результатами двух последовательных взвешиваний будет не более 0,0005 г. Результаты взвешивания записывают в рабочем журнале (M_{1i}) [37].

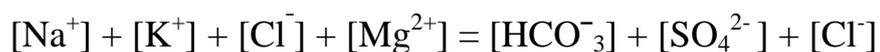
Определение прокаленного остатка

Чашку с сухим остатком помещают в муфельную печь, предварительно нагретую до (600 ± 20) °С, и прокаливают в течение 20 минут. Охлаждают чашку в эксикаторе до температуры окружающей среды. После полного охлаждения чашку с остатком взвешивают. Прокаливание, охлаждение и взвешивание повторяют до достижения постоянной массы, т.е. до тех пор, пока разница между результатами двух последовательных взвешиваний будет не более 0,0005 г.

Если после первого прокаливания остаток в чашке имеет черный цвет, то его смачивают дистиллированной водой (приблизительно 10 см³), и далее повторяют прокаливание, охлаждение до температуры окружающей среды и взвешивание до достижения постоянной массы. Результаты взвешивания записывают в рабочем журнале (M_{3i}) [37].

8) Ионный состав. Как уже было сказано, общее солесодержание природных вод в большинстве случаев с достаточной степенью точности определяется катионами Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} и анионами HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- .

Остальные ионы присутствуют в воде в незначительных количествах, хотя их влияние на свойства и количество воды иногда очень велико. Поскольку вода электронейтральна, то сумма положительных ионов равна сумме отрицательных ионов:



Сульфаты, хлориды, гидрокарбонаты. Естественное содержание сульфатов в поверхностных и грунтовых водах обусловлено выветриванием пород и биохимическими процессами, происходящими в водоносных слоях.

По ГОСТу предельное содержание сульфат-ионов в воде источников централизованного водоснабжения не должно превышать 500 мг/л, но, как правило, в речной воде концентрация сульфатов составляет 100—150 мг/л. Повышенная концентрация сульфатов может свидетельствовать о загрязнении источника сточными водами, в основном производственными [38].

Методика проведения анализа:

Содержание сульфат-ионов

Подготовленную пробу охлаждают, добавляют 50 см³ дистиллированной воды, 5 см³ аммиачного буферного раствора, 5 капель спиртового раствора индикатора или - 0,1 г сухой смеси индикатора эрихрома черного Т. Избыток трилона Б титруют раствором серного магния или хлористого магния молярной концентрации 25 ммоль/дм³ до перехода синей окраски в лиловую.

При предполагаемом содержании сульфат-ионов более 250 мг/дм³ аликвота пробы воды составляет 50 см³ или менее и доводится приблизительно до 100 см³ дистиллированной водой в колбе, предназначенной для осаждения.

При предполагаемом содержании сульфат-ионов менее 50 мг/дм³ берут 200 см³ пробы воды, добавляют 3-4 капли концентрированной соляной кислоты до назначения $\text{pH} \leq 2$ (контроль по индикаторной бумаге) и выпаривают в колбе, не доводя до кипения, приблизительно до 100 см³ [38].

Хлориды являются составной частью большинства природных вод. Содержание хлоридов естественного происхождения имеет большой диапазон колебаний. Однако в воде рек концентрация хлоридов невелика — она не превышает обычно 10—30 мг/л, поэтому повышенное количество хлор-ионов указывает на загрязнение источника сточными водами. В воде источников централизованного водоснабжения концентрация хлоридов не должна превышать 350 мг/л [39].

Содержание хлоридов

Хлориды титруют в кислой среде раствором азотнокислой ртути в присутствии дифенилкарбазона, при этом образуется растворимая, почти диссоциирующая хлорная ртуть. В конце титрования избыточные ионы ртути с дифенилкарбазоном образуют окрашенное в фиолетовый цвет комплексное соединение. Изменение окраски в эквивалентной точке выражено четко, в связи с этим конец титрования определяется с большой точностью. Точность метода 0,5 мг/дм³.

Отбирают 100 см³ испытуемой воды, прибавляют 10 капель смешанного индикатора и по каплям 0,2 н. раствор HNO₃ до появления желтой окраски (рН 3,6), после чего прибавляют еще пять капель 0,2 н. раствора HNO₃ и титруют из микробюретки раствором азотнокислой ртути. К концу титрования окраска раствора приобретает оранжевый оттенок. Титрование продолжают медленно, по каплям добавляя раствор азотнокислой ртути, сильно взбалтывая пробу до появления слабо-фиолетового оттенка [39].

Для определения более четкого конца титрования используют контрольную пробу, в которой к 100 см³ дистиллированной воды прибавляют индикатор, 0,2 н. раствор азотной кислоты и одну каплю раствора азотнокислой ртути.

Метод может быть использован для определения и более высоких концентраций хлоридов в воде (более 10 мг/дм³). В этом случае отбирают меньший объем воды (содержание Cl⁻ в отобранном объеме должно быть не менее 10 мг) и разбавляют дистиллированной водой до 100 см³ прибавляют те же реактивы и в том же количестве и титруют из бюретки раствором азотнокислой ртути, как описано выше [39].

Определению не мешают цветность воды выше 30° и железо в концентрации, превышающей 10 мг/дм³. Йодиды и бромиды определяют в концентрациях, эквивалентных Cl⁻.

Лимитирование верхнего предела концентраций сульфатов и хлоридов обусловлено тем, что более высокие концентрации этих ионов придают воде

солончатый привкус и могут вызывать нарушение в работе желудочно-кишечного тракта у людей. При некоторых соотношениях сульфатов и хлоридов вода становится агрессивной по отношению к различным типам бетона.

Соединения железа и марганца. Железо практически всегда встречается и в поверхностных, и в подземных водах; концентрация его зависит от геологического строения и гидрогеологических условий бассейна. Соединения железа в воде присутствуют в растворенной, коллоидной и нерастворенной форме. В истинно растворенном состоянии Fe^{3+} может находиться в очень небольших концентрациях; необходимым условием при этом является низкое значение pH. Поскольку это условие для природных вод не характерно, то большая часть Fe^{3+} присутствует в коллоидной форме и в виде тонкой суспензии.

Повышенное содержание железа в поверхностных водах указывает на загрязнение их производственными сточными водами. Высокое содержание железа вызывает отложение осадка в трубах и их зарастание, а также ухудшает вкус питьевой воды. Содержание железа в питьевой воде допускается в количестве не более 0,3 мг/л. Содержание марганца обычно меньше, чем железа. Так, для воды рек средней части нашей страны количество железа варьирует от 0,1 до 1 мг/л, а марганца — от 0 до 0,05 мг/л.

Методика проведения анализа:

Определение содержания марганца

К 500 см³ исследуемой воды, не подкисленной при отборе пробы, добавляют 5 см³ 4 %-ного раствора едкого натра, перемешивают, добавляют 5 см³ 10 %-ного раствора сернокислого магния, опять перемешивают и оставляют. При этом осадок $Mg(OH)_2$ оседает на дно стакана. (При определении к 50 см³ воды добавляют 1 см³ 4 %-ного раствора едкого натра и 1 см³ 10 %-ного раствора сернокислого магния) [40].

Если исследуемая вода была подкислена при отборе пробы, то перед определением марганца в исследуемой воде объемом 50 см³ нейтрализуют

кислоту 4 %-ным раствором едкого натра из градуированной пипетки по фенолфталеину (1 %-ный спиртовой раствор). Количество израсходованной щелочи пересчитывают на объем исследуемой воды и это количество добавляют в исследуемую воду перед началом определения. Затем проводят соосаждение марганца, как описано выше.

После отстаивания большую часть раствора над осадком сливают сифоном, а остаток отфильтровывают через неплотный фильтр. Осадок растворяют на фильтре в 10 см³ 20 %-ной ортофосфорной кислоты, собирая фильтрат в мерную колбу вместимостью 50 см³. Промывают фильтр два - три раза так, чтобы общий объем фильтрата и промывных вод в колбе составлял около 35 см³. Затем добавляют 10 см³ 1 %-ного раствора азотнокислого серебра и перемешивают. При этом не должно наблюдаться сильного помутнения раствора вследствие образования хлорного серебра. К раствору добавляют около 0,3 г персульфата аммония или калия, нагревают до кипения и держат в водяной бане 5 мин. После охлаждения раствор доводят дистиллированной водой до метки и сравнивают его окраску с образцовой стандартной шкалой или проводят измерение на фотоэлектроколориметре с зеленым светофильтром ($\lambda = 530$ нм) в кюветах с толщиной рабочего слоя 20 - 50 мм [40].

При анализе исследуемой воды с большим содержанием ионов хлора осадок Mg(OH)₂ на фильтре промывают два - три раза дистиллированной водой и затем растворяют в ортофосфорной кислоте. Если после добавления азотнокислого серебра все же образуется белый осадок или помутнение от AgCl, то колбу с раствором резко встряхивают до тех пор, пока осадок не соберется в комья и раствор не осветлится. В противном случае надо добавить еще 5 см³ раствора азотнокислого серебра и снова проверить, имеется ли избыток иона серебра. После этого раствор отделяют от осадка фильтрованием через сухой фильтр в другую мерную колбу, осадок промывают 2 - 3 раза небольшим количеством дистиллированной воды и отбрасывают. К фильтрату с промывными водами добавляют 0,3 г персульфата аммония или калия и продолжают анализ как описано выше [40].

Определение содержания железа:

Устранение мешающих влияний

Измерению массовой концентрации железа с применением раствора сульфосалициловой кислоты мешает собственная окраска пробы. Если окраска пробы сохраняется после проведения пробоподготовки, то окрашенную пробу обрабатывают, но без добавления сульфосалициловой кислоты. Измеряют оптическую плотность и найденную величину вычитают из полученного результата.

Для устранения мешающего влияния органических веществ пробу озоляют. При озолении пробы, в стакан из термостойкого стекла вместимостью 100 см³ помещают аликвоту пробы в зависимости от содержания в ней железа (0,1 - 10,0 мг/дм³). Последовательно прибавляют 2,0 и 5,0 см³ концентрированной серной и азотной кислоты соответственно, накрывают часовым стеклом и кипятят смесь в вытяжном шкафу до появления густого белого дыма, после чего нагревание прекращают. Раствор охлаждают до комнатной температуры, разбавляют дистиллированной водой и нагревают до кипения для растворения труднорастворимых солей, фильтруют (в случае необходимости), переносят в мерную колбу вместимостью 100 см³ и проводят измерения [41].

Определение железа общего (суммы Fe^{2+} и Fe^{3+})

Полученный раствор с концентрацией железа от 0,1 до 10,0 мг/дм³ фильтруют через фильтр «белая лента» в мерную колбу вместимостью 100 см³, приливают 2,0 см³ аммония хлористого, 2,0 см³ сульфосалициловой кислоты, 2,0 см³ аммиака, рН раствора должен составлять 7-8 (по индикаторной бумаге). Доводят до метки дистиллированной водой. Тщательно перемешивают и оставляют на 5 минут до развития окраски. Оптическую плотность полученного раствора измеряют при длине волны 425 нм в кювете с длиной поглощающего слоя 50 или 10 мм по отношению к холостому раствору, проведенному с дистиллированной водой через весь ход анализа. По градуировочному графику находят содержание железа общего [41].

Определение содержания железа (III)

Определение можно проводить только в тех случаях, когда пробу не обрабатывали с целью разрушения органических компонентов, не кипятили и не консервировали, т.к. при этом железо (II) окисляется до железа (III).

Пробу объемом 80,0 см³ и менее, в зависимости от концентрации, помещают в мерную колбу вместимостью 100 см³, нейтрализуют раствором аммиака или соляной кислоты до pH 3-5 по индикаторной бумаге, прибавляют 2 см³ сульфосалициловой кислоты, доводят до метки дистиллированной водой. Тщательно перемешивают и оставляют на 5 минут до полного развития окраски [41].

Оптическую плотность полученного раствора измеряют при длине волны $\lambda=500$ нм в кювете с длиной поглощающего слоя 10 или 50 мм по отношению к холостому раствору, проведенному с дистиллированной водой через весь ход измерений. По градуировочному графику находят массовую концентрацию железа общего [41].

9) Щелочность. Щелочностью называют содержание в воде веществ, вступающих в реакцию с сильными кислотами, т.е. ионами водорода. Это одна из важнейших характеристик природной воды.

На щелочность воды существенным образом оказывает влияние состояние соединений углекислоты, которое поэтому следует рассмотреть более подробно.

Углекислота может присутствовать в воде в форме недиссоциированных молекул H₂CO₃ (в малых количествах), молекулярно растворенного диоксида углерода CO₂ и гидрокарбонатов (бикарбонатов) HCO₃, если pH воды менее 8,4, и в виде карбонатов CO₃ если pH более 8,4.

Если pH воды ниже 4—4,3, то ее щелочность равна нулю. Вода рек средней полосы европейской части страны имеет pH = 7—8; щелочность этой воды обычно составляет 3—4 мг-экв/л [42].

Методика проведения анализа:

Определение свободной щелочности

В колбу Эрленмейера вместимостью 250 см³ вносят 100 см³ анализируемой пробы воды (V_1) добавляют 0,1 см³ раствора индикатора фенолфталеина. Если раствор не окрашивается в розовый цвет, то свободную щелочность анализируемой пробы воды принимают равной нулю. Пробу, окрашенную в розовый цвет, титруют до обесцвечивания раствором соляной кислоты молярной концентрации 0,02 моль/дм³ или 0,05 моль/дм³.

Примечание – если предполагаемое значение щелочности находится в пределах от 4 до 20 ммоль/дм³, допускается для титрования применять раствор соляной кислоты молярной концентрации 0,1 моль/дм³; если щелочность находится в пределах от 0,4 до 4,0 ммоль/дм³, раствор соляной кислоты молярной концентрации 0,02 моль/дм³ [42].

Определение общей щелочности

После определения свободной щелочности продолжают титрование анализируемой пробы воды тем же раствором соляной кислоты, использованным при титровании пробы свободной щелочности. Пробу титруем до достижения значения рН ($4,50 \pm 0,05$) ед. рН. При этом в конце титрования соляную кислоту добавляют медленно с выдержкой не менее 30 с после прибавления порции раствора соляной кислоты до установления равновесия [42].

10) Жесткость. Жесткостью воды называется совокупность свойств, обусловленных содержанием в ней щелочноземельных элементов, преимущественно ионов кальция и магния.

В зависимости от рН и щелочности воды жесткость выше 10 °Ж может вызывать образование шлаков в распределительной системе водоснабжения и накипи при нагревании. Вода жесткостью менее 5 °Ж может оказывать коррозионное воздействие на водопроводные трубы. Жесткость воды может влиять и на применяемость для потребления человеком с точки зрения ее вкусовых свойств. При комплексонометрическом (титриметрическом) определении жесткости ионы алюминия, кадмия, свинца, железа, кобальта, меди, марганца, олова и цинка влияют на установление эквивалентной точки

мешают определению. Ионы ортофосфата и карбоната могут осаждать кальций в условиях титрования. Определению могут также мешать некоторые органические вещества. Если мешающее влияние невозможно устранить, определение жесткости рекомендуется проводить методами атомной спектроскопии. Настоящий стандарт предусматривает использование различных методов определения жесткости воды с учетом приведения количественной характеристики жесткости воды через градусы жесткости (°Ж) по ГОСТ 31865 [43].

Метод основан на образовании комплексных соединений трилона Б с ионами щелочноземельных элементов. Определение проводят титрованием пробы раствором трилона Б при pH=10 в присутствии индикатора. Наименьшая определяемая жесткость воды – 0,1 °Ж [44].

Методика проведения анализа:

Выполняют два определения, для чего проб анализируемой воды делят на две части.

В колбу вместимостью 250 см³ помещают первую часть аликвоты пробы анализируемой воды объемом 100 см³, 5 см³ буферного раствора, от 5 до 7 капель раствора индикатора и титруют раствором трилона Б.

Вторую часть аликвоты пробы объемом 100 см³ помещают в колбу вместимостью 250 см³, добавляют 5 см³ буферного раствора, от 5 до 7 капель индикатора или от 0,05 до 0,1 г сухой смеси индикатора, добавляют раствор трилона Б, которого берут на 0,5 см³ меньше, чем пошло на первое титрование, быстро и тщательно перемешивают и титруют (дотитровывают) [44].

11) Соединения азота и фосфора. Азот в воде может находиться в органических соединениях — белковых и небелковых и неорганических — в виде аммонийного, нитритного и нитратного.

Повышенное количество азота в природной воде в виде органических соединений или в аммонийной форме свидетельствует о загрязнении водоисточника сточными водами, как бытовыми, так и производственными. Наличие же окисленных форм азота, в особенности нитратов, позволяет

говорить либо о ликвидации внесенного загрязнения, т.е. о закончившемся окислении аммонийных соединений, либо о неорганическом их происхождении, т.е. об отсутствии внешнего загрязнения вообще.

В речных водах содержание азота аммонийных солей колеблется от 0 до 1 мг/л в зависимости от степени ее загрязнённости и не должно превышать 10 мг/л (по азоту). Такой же предел установлен и для нитратов [45].

Методика проведения анализа:

100 см³ или меньший объем тщательно перемешанной анализируемой пробы наливают в тубу для минерализации, установленную в штатив минерализатора, прибавляют 10 см³ концентрированной серной кислоты, (5,0±0,1) г сульфата натрия, 1 см³ раствора сульфата меди [45].

Одновременно с каждой серией образцов устанавливают тубу с холостой пробой. В качестве холостой пробы используют дистиллированную безаммиачную воду с добавлением всех реактивов. Штатив с тубами помещают в блок минерализации, присоединяют к системе откачки кислых паров и задают температурный режим следующим образом: первые 3 часа поддерживается температура (130±10)°С, при этом удаляется вода, далее температуру поднимают через каждые 30 минут на (30-50)°С до достижения значения (350±20)°С.

Кипячение при температуре (350±20)°С продолжают до тех пор, пока раствор не станет прозрачным и светло-зеленым. Далее смесь нагревают еще в течении получаса. Пробу охлаждают при температуре окружающей среды, предварительно приподняв штатив с тубами на верхнюю консоль [45].

Фосфор в природной воде встречается в виде минеральных и органических соединений в растворенном, коллоидном и суспензированном состояниях.

Содержание соединений фосфора в чистых водоемах ничтожно мало и обычно не превышает сотых долей мг/л. Повышенное содержание фосфора наблюдается при смыве удобрений с сельскохозяйственных полей, при спуске сточных вод [46].

Методика проведения анализа:

Метод основан на реакции взаимодействия фосфатов с молибдатом аммония и серной кислотой. В качестве восстановителя фосфорно-молибденового комплекса применяют аскорбиновую кислоту в присутствии ионов трехвалентной сурьмы. Чувствительность метода высокая. Минимально определяемая концентрация 0,025 мг/л. Фосфор определяют сразу после отбора пробы [46].

К 100 мл (или меньшему объему, доведенному дистиллированной водой до 100 мл) пробы воды, отфильтрованной через плотный бумажный фильтр (синяя лента), прибавляют 4 мл смеси для анализа и 1 мл аскорбиновой кислоты. Смесь перемешивают. Одновременно проводят холостое определение с дистиллированной водой.

Оптическую плотность измеряют через 15 мин после перемешивания на фотоколориметре с красным светофильтром. Учитывают оптическую плотность холостого определения [46].

12) Перманганатная окисляемость — обобщенный показатель, характеризующий содержание в воде легкоокисляемых органических и некоторых неорганических соединений (нитриты, сульфиты, железо двухвалентное). Под окисляемостью понимают количество кислорода, эквивалентное расходу перманганата калия.

Перманганатная окисляемость воды — общая концентрация потребляемого кислорода, соответствующая количеству иона перманганата, затраченного при обработке данным окислителем в определенных условиях определенной пробы воды.

Пробы воды отбирают по ГОСТ 31861 [47], ГОСТ 31862 [48] и ГОСТ 17.1.5.05 [18] в стеклянные емкости. Минимальный объем пробы 200 см.

Методика проведения анализа:

Сущность метода заключается в окислении органических и неорганических веществ, присутствующих в пробе анализируемой воды заданным количеством перманганата калия в сернокислой среде в процессе

нагревания, последующем добавлении оксалат – иона в виде раствора оксалата натрия (способ А) или раствора щавелевой кислоты (способ Б) и титровании его избытка раствором перманганата калия. Значение перманганатной окисляемости в пересчете на атомарный кислород определяется по количеству пошедшего на титрование перманганата калия.

Проведение титрования по способу А

В пробирку пипеткой вносят 25,0 см пробы анализируемой воды, добавляют 5,0 см раствора серной кислоты и осторожно перемешивают. Пробирку помещают в кипящую водяную баню и выдерживают в течение (10 ± 2) мин, затем к горячему раствору добавляют 5,0 см рабочего раствора перманганата калия и выдерживают при нагревании еще 10 мин.

Примечание – если в процессе кипячения содержимое колбы потеряет розовую окраску или побуреет, определение повторяют с меньшим объемом анализируемой воды, доведенным до 25 см. При истечении 10 мин к горячему раствору добавляют 5,0 см рабочего раствора оксалата натрия и ждут, пока раствор не станет бесцветным. Обесцвеченный горячий раствор титруют с использованием бюретки рабочим раствором перманганата калия до появления бледно – розовой окраски, сохраняющейся около 30 с. Регистрируют объем рабочего раствора перманганата калия, израсходованного на титрование [49].

Проведение титрования по способу Б

В коническую колбу вместимостью 150 см или 250 см вносят 100 см тщательно перемешанной пробы анализируемой воды, несколько капилляров (или стеклянных шариков, или кусочков пористого фарфора), добавляют 5,0 см раствора серной кислоты, 10 см рабочего раствора перманганата калия. Содержимое колбы нагревают на электрической плитке так, чтобы кипение наступило не позднее чем через 5-7 мин, и кипятят в течение (10 ± 2) мин, закрыв маленькой конической воронкой для уменьшения испарения [49].

Примечание – если в процессе кипячения содержимое колбы потеряет розовую окраску или побуреет, определение повторяют с меньшим объемом

анализируемой воды, доведенным до 100 см. Пробу анализируют дважды, при этом расхождение между значениями объемов перманганата калия, израсходованных на титрование, не должно превышать 0,05 см. Если расхождение превышает указанное значение, то определение повторяют до получения допустимого расхождения результатов.

В случае многократного превышения указанного расхождения определения прерывают и выясняют причины превышений.

Холостой опыт

Холостой опыт проводят параллельно с основным определением;

- при титровании по способу А – заменив пробу анализируемой воды на 25 см дистиллированной воды регистрируют объем рабочего раствора перманганата калия, израсходованного на титрование;

- при титровании по способу Б – заменив пробу анализируемой воды на 100 см дистиллированной воды регистрируют объем рабочего раствора перманганата калия, израсходованного на титрование.

Холостой опыт повторяют три раза. Расход рабочего раствора перманганата калия на холостой опыт не должен превышать 0,5 см [49].

13) Растворенные газы. В воде природных источников чаще всего присутствуют кислород, диоксид углерода и сероводород.

В открытых незагрязненных водоемах количество растворенного кислорода близко к насыщению и составляет 8—9 мг/л. Иногда фиксируются значения, превышающие предел насыщения при температуре определения, что свидетельствует о пересыщении воды кислородом, а также о присутствии его в воде в свободном, а не в растворенном состоянии. Количество кислорода в поверхностных источниках в верхних слоях выше, чем в глубинных, за счет усиленной поверхностной аэрации и интенсивно проходящих процессов фотосинтеза.

Сероводород содержится в некоторых подземных водах, а его присутствие в поверхностных водах свидетельствует о загрязнении источника сточными водами.

Соединения сероводорода в воде могут быть в виде молекулярно растворенного H_2S , гидросульфидов HS^- и сульфидов S^{2-} . Соотношение между различными формами зависит от pH. При наличии сероводорода и железа в воде образуется тонкодисперсный осадок сульфида железа FeS .

Это явление можно иногда наблюдать в тупиковых участках водопроводной сети с малым обменом воды. В результате жизнедеятельности сульфатредуцирующих бактерий сульфата переходят в сульфиды и реагируют с ионами железа.

Сероводород — токсичный газ, придает воде неприятный запах, в хозяйственно-питьевых водах его присутствие не допускается.

Методика проведения анализа:

Сероводород образуется в воде при разложении органических веществ, содержащих серу, при обилии в воде сернокислых солей или за счет восстановительных реакций. Для определения сероводорода пробы воды берут с теми же предосторожностями, как и на выявление кислорода.

В коническую колбу на 250 мл наливают 100 мл исследуемой воды, подкисляют несколькими каплями раствора серной кислоты, добавляют 1 мл 10% -го раствора йодида калия, взбалтывают и титруют 0,01 н раствором перманганата калия до получения отчетливо выраженного желтого окрашивания. Избыток йода оттитровывают 0,01 н раствором гипосульфита натрия, добавляя 1%-й раствор крахмала. Разность между количеством добавленного раствора перманганата калия и количеством гипосульфита натрия, пошедших на титрование, будет соответствовать количеству 0,01 н раствора йода, израсходованного на окисление сероводорода в 100 мл исследуемой воды. Так, 1 мл 0,01 н раствора йода соответствует 0,17 мг сероводорода [50].

14) Соединения фтора и йода. Содержанию этих соединений придается большое гигиеническое значение при характеристике природных и питьевых вод, поскольку как недостаток, так и избыток фтора и йода приводят к развитию ряда заболеваний. Оптимальная концентрация фтора в питьевой воде

составляет 0,7—1,2 мг/л, предельно допустимая 1,5 мг/л. При избытке фтора в природной воде ее приходится обесфторивать, а при недостатке — фторировать. Суточная потребность организма человека в иоде составляет 0,003 мг.

Методика проведения анализа:

Определение фтора в воде

Для определения суммарного содержания фтора в анализируемой воде используют электродную систему, состоящую из измерительного фторидного электрода, чувствительного к ионам фторида, и вспомогательного хлорсеребряного электрода. Измерение потенциала фторидного электрода проводят высокоомным рН-метром-милливольтметром, заменив стеклянный электрод на фторидный, или же специальным ионометром [51].

В стакан вместимостью 50 мл помещают 20 мл анализируемой воды (температура воды не должна отличаться от температуры стандартных растворов, по которым калибруют электрод, более чем на $\pm 2^{\circ}\text{C}$, в противном случае воду следует подогреть или охладить до требуемой температуры). Затем помещают в раствор магнит от магнитной мешалки, приливают 10 мл ацетатно-цитратного буферного раствора и погружают в раствор тщательно промытые дистиллированной водой и анализируемой водой фторидный и вспомогательный электроды, следя за тем, чтобы к поверхности мембраны фторидного электрода не прилипли пузырьки воздуха. Перемешивают раствор магнитной мешалкой и отсчитывают установившиеся стабильное значение потенциала в милливольтках [51].

Определение йода в воде

При анализе 1 л пробы определяют содержание йодидов, начиная с 0,01 мг/дм³. Пробы с более низким содержанием йодидов предварительно концентрируют упариванием.

Для определения отбирают такой объем пробы, чтобы содержание в нем йода было в пределах 0,01 - 1 мг. В термостойкий стакан помещают пробу исследуемой воды, прибавляют 10 капель 1 %-ного раствора фенолфталеина и

раствор K_2CO_3 до ярко красного окрашивания, не исчезающего при помешивании. Пробу выпаривают на электрической или газовой плите до объема 300 - 400 $см^3$ (при объеме пробы менее 0,5 $дм^3$ выпаривание производить в фарфоровой чашке № 3 на водяной бане). Затем пробу переносят в фарфоровую чашку № 3, упаривают до сухого осадка на водяной бане, просушивают в сушильном шкафу и прокаливают в электропечи при температуре до 450 °С. Во избежание потери йода нужно следить, чтобы температура электропечи была не выше 500 °С. Прокаливание продолжают до полного обугливания органического вещества, не добиваясь его окончательного сгорания (остаток может быть серым). Прокаленный остаток увлажняют водой, и растирают стеклянной палочкой до однородной массы. Если остаток жесткий, прибавляют по каплям K_2CO_3 и растирают до получения мягкой массы. Потом прибавляют 8 - 10 $см^3$ спирта, тщательно размешивают и декантируют экстракт в другую чашку меньшего размера (№ 2). Если остаток мучнистый и не отстаивается, прибавляют концентрированный раствор K_2CO_3 при помешивании стеклянной палочкой до тех пор, пока осадок полностью не свернется. Экстрагирование повторяют с новой порцией спирта (8 - 10 $см^3$). После этого к остатку прибавляют 2 - 3 капли концентрированного раствора K_2CO_3 , высушивают на водяной бане, потом в сушильном шкафу и опять прокаливают в электропечи, увлажняют водой и снова дважды экстрагируют. Спиртовые экстракты объединяют. Таким образом, экстрагирование йода из сухого остатка производится в 2 приема после прокаливания с предварительным прибавлением K_2CO_3 . Общий объем экстракта составляет ~ 40 $см^3$ [52].

Полученный экстракт выпаривают на водяной бане, прибавив 2 капли концентрированного раствора K_2CO_3 . После этого чашку просушивают в сушильном шкафу и прокаливают в электропечи. Так как в экстракте минеральных веществ мало, в этих условиях происходит быстрое и полное сгорание всего органического вещества. После охлаждения чашки добавляют 3 - 4 капли дистиллированной воды и опять экстрагируют небольшими порциями

спирта (10 см³). Экстракт осторожно выпаривают на водяной, не сильно нагретой бане с таким расчетом, чтобы спирт в чашке не закипел [52].

15) Токсичные соединения. К числу токсичных веществ, присутствие которых в питьевой воде строго лимитируется, отнесены бериллий, молибден, мышьяк, свинец, селен, стронций, нитраты. Определение их в воде, как правило, производится в случаях, когда предполагается наличие этих веществ в воде водоисточника. Кроме того, установлены ПДК алюминия и полиакриламида, добавляемых к воде в процессе обработки.

Необходимо отметить, что при обнаружении в воде нескольких токсичных веществ или веществ нетоксичных, но влияющих на привкус воды, их суммарная концентрация, выражаемая в долях от нормативов ПДК, не должна быть больше 1.

Метод основан на измерении поглощения излучения резонансной длины волны атомным паром определяемого элемента, образующимся в результате электротермической атомизации анализируемой пробы в графитовой печи спектрометра.

Метод может применяться для определения более высоких концентраций элементов после разбавления анализируемой пробы воды, но не более чем в сто раз [53].

Методика проведения анализа:

Измерение массовой концентрации элементов проводят при нормальных климатических условиях испытаний с учетом требований руководства (инструкции) по эксплуатации спектрометра (спектрофотометра).

Устанавливают оптимальные режимы измерений для конкретного элемента в соответствии с руководством (инструкцией) по эксплуатации спектрометра. Аликвотную часть пробы вводят дозирующим устройством (микродозатором) в графитовую печь спектрометра. Нагревание пробы проводят в токе инертного газа (аргона) по программе, включающей высушивание, озоление, атомизацию пробы и отжиг печи. При измерении железа, кобальта, марганца, меди, мышьяка, никеля, свинца, серебра и цинка

допускается использовать в качестве инертного газа азот. Измерение атомного поглощения элемента в каждой пробе проводят не менее двух раз. Компенсацию неселективного поглощения осуществляют с использованием различных способов коррекции: непрерывного спектра дейтериевой лампой, на основе эффекта Зеемана и другие. Измеряемая массовая концентрация определяемого элемента в пробе должна находиться в пределах найденной градуировочной зависимости [53].

Для повышения температуры озоления проб рекомендуется в графитовую печь атомизатора, перед введением в нее аликвотной части подготовленной пробы, добавлять модификатор, приготовленной в соответствии с рекомендациями фирмы-изготовителя прибора. При этом данную процедуру проводят и при градуировке прибора. Допускается добавлять модификатор матрицы непосредственно в анализируемые пробы, соответствующие градуировочные растворы и холостую пробу [53].

16) Санитарно-бактериологические и гидробиологические показатели. Микронаселение природных вод чрезвычайно разнообразно. Его качественный и количественный состав определяется в первую очередь составом воды.

Особенностью состава воды открытых водоемов является изменение его по сезонам года, сопровождающееся изменениями в количестве и видовом разнообразии микронаселения. Бактериальная загрязненность поверхностных источников обусловлена, главным образом, поступлением в водоемы поверхностного стока, содержащего органические, минеральные вещества и микроорганизмы, смываемые с площади водосбора, и сточных вод.

С позиций санитарной микробиологии оценка качества воды проводится с целью определения ее санитарно-эпидемиологической опасности или безопасности для здоровья человека. Вода играет важную роль в передаче возбудителей многих инфекций, главным образом кишечных. Прямое количественное определение возбудителей всех инфекций для контроля за качеством воды неосуществимо в связи с многообразием их видов и трудоемкостью анализа. В практической санитарной микробиологии поэтому

прибегают к косвенным методам, позволяющим определить потенциальную возможность заражения воды патогенными микроорганизмами.

Санитарно-бактериологическая оценка качества воды основана на определении двух основных показателей, микробного числа и числа бактерий группы *Coli*.

Первый показатель дает представление об общей обсемененности воды аэробными сапрофитами, поэтому часто называется общим счетом аэробных сапрофитов или (кратко) общим счетом. Микробное число определяют методом посева на стандартную среду — мясопептонный агар (МПА).

Аэробные сапрофита составляют только часть общего числа микробов в воде, но являются важным санитарным показателем качества воды, так как между степенью загрязнения ее органическими веществами и микробным числом существует прямая зависимость. Кроме того, полагают, что чем выше микробное число, тем больше вероятность присутствия в воде патогенных микроорганизмов. Микробное число водопроводной воды не должно превышать 100. В природных водах этот показатель изменяется в очень широких пределах для разных водоемов и по сезонам года для одного и того же водоема. В чистых водоемах число аэробных сапрофитов может исчисляться десятками или сотнями, а в загрязненных и грязных водоемах составлять десятки тысяч и миллионы [54].

Методика проведения анализа:

К сапрофитным микроорганизмам относят мезофильных аэробных и факультативных анаэробов, способных расти на питательном агаре данного состава при температуре $(37 \pm 2) ^\circ\text{C}$ в течение 24 ч, образуя колонии, видимые при увеличении в 2 раза.

Из каждой пробы делают посев не менее двух различных объемов, выбранных с таким расчетом, чтобы на чашках выросло от 20 до 300 колоний, при этом ориентируются на результаты предыдущих исследований [54].

При исследовании питьевой воды из системы централизованного водоснабжения в каждую из двух чашек вносят по 1 см^3 пробы без разбавления.

При исследовании воды неизвестной степени микробного загрязнения производят посев 1 см³ и по 1 см³ из первого и второго десятикратных разбавлений.

После тщательного перемешивания пробы готовят разбавления и немедленно вносят по 1 см³ воды из пробы или соответствующих разбавлений в стерильные чашки Петри, слегка приоткрывая крышку.

Сразу же после внесения воды в каждую чашку вливают небольшое количество (5 - 6 см³ на чашку диаметром 95 мм) расплавленного и остуженного до 45 - 48 °С питательного агара после фламбирования края посуды, в которой он находился. Содержимое чашки быстро смешивают, равномерно распределяя его по всему дну, избегая образования пузырьков воздуха, попадания агара на края и крышку чашки. Эту операцию производят на горизонтальной поверхности, где чашки оставляют до застывания агара.

Не допускается применять посев разбавлений, приготовленных заранее. Чашки с посевами инкубируют вверх дном в термостате при температуре (37 ± 2) °С в течение 24 ч [54].

По второму показателю — числу бактерий группы *Coli* (кишечная палочка) оценивают возможное присутствие в воде патогенных микроорганизмов.

Бактерии группы *Coli* относятся к семейству энтеробактерий. Это неспороносные палочки, факультативные анаэробы, сбраживающие лактозу и глюкозу при температуре 37°С с образованием кислоты и газа и не обладающие оксидазной активностью. Именно эти свойства бактерий группы *Coli* обусловили возможность их использования в качестве санитарно-показательных микроорганизмов. Наличие коли - форм в воде говорит о ее фекальном загрязнении, а их число позволяет судить о степени этого загрязнения.

Анализ водопроводной и чистой природной воды проводят после предварительного концентрирования воды на мембранных фильтрах. Результаты выражают в виде коли-индекса — числа бактерий в 1 л воды.

Иногда делают пересчет, определяя коли-титр — наименьший объем воды (в мл), содержащий одну кишечную палочку. Коли-титр = 1000/коли-индекс.

Коли-индекс водопроводной воды должен быть не более 3. Допустимый коли-индекс воды источников водоснабжения зависит от предполагаемого способа очистки. Если намечается только хлорирование воды, то коли-индекс воды в источнике не должен превышать 1000; при полной очистке воды — 10 000 [54].

В питьевой воде планктонные организмы, так же как организмы, видимые невооруженным глазом, должны отсутствовать.

17) Хлорирование воды. Лабораторные исследования по хлорированию воды имеют целью определение дозы хлора, необходимой для окисления органических загрязнений и создания концентрации остаточного хлора, достаточной для обеззараживания воды.

Доза хлора, необходимая для обеззараживания воды, определяется хлорпоглощаемостью воды плюс концентрация остаточного хлора.

Для определения дозы хлора используют хлорную воду известной концентрации.

Хлорная вода готовится насыщением дистиллированной воды газообразным хлором или ГПХ. Концентрацию в растворе активного хлора проверяют непосредственно перед проведением пробного хлорирования воды. Для этого 2 или 5 мл хлорной воды помещают в мерную колбу на 50 мл и доводят до метки дистиллированной водой. Раствор переносят в коническую колбу, добавляют 2 мл разбавленной (1:4) серной кислоты и 5 мл 10% раствора йодистого калия, все перемешивают и ставят на 3 минуты в темное место, закрыв колбу часовым стеклом. Затем титруют 0.01 н раствором тиосульфата натрия до светло – желтого цвета, после чего к смеси добавляют 1 мл раствора крахмала и продолжают титрование до обесцвечивания раствора [55].

Концентрация хлора определяется по формуле:

$$C = \frac{a * K * 0,355}{V},$$

где

a – количество мл 0,01 н раствора тиосульфата натрия, пошедшего на титрование;

K – поправочный коэффициент концентрации раствора тиосульфата натрия;

0,355 – количество активного хлора в мг, соответствующее 1 мл 0,01 н раствора тиосульфата натрия;

V – объем хлорной воды взятой на определение (2 мл).

Методика проведения анализа:

В 8 – 10 конических колб емкостью 500 мл с хорошо подогнанными пробками наливают по 500 мл исследуемой воды. Затем в колбы добавляют расчетное количество хлорной воды с дозой хлора от 0,5 до 5 мг/л (с интервалом 0,5 мг/л). Колбы закрывают пробками, содержимое перемешивают и оставляют в темном месте на 30 минут (или 4 часа).

После 30-ти минутного контакта воды с хлором в каждой колбе определяют общий и свободный хлор. По полученным данным строят график (рисунок 3.2), где по оси абсцисс откладывают дозы хлора в мг/л, а по оси ординат – количество остаточного свободного и общего активного хлора в мг/л [55].



Рисунок 4.1.1. График определения дозы хлора [26]

Необходимой дозой является количество введенного хлора, при котором концентрация остаточного свободного в воде равна 0,5 мг/л (после точки перелома, соответствующей окончанию окисления загрязнений воды).

Время контакта воды с хлором задается или с учетом времени ее обработки на водопроводной станции (4 часа), или согласно требованиям условий обеззараживания воды (0,5 ч. – при использовании свободного хлора и 1 ч. – при использовании связанного хлора).

Учитывая, что качество исходной воды изменяется по сезонам года, изменяются хлорпоглощаемость воды и доза хлора, необходимая для обеззараживания.

Хлорпоглощаемость воды – это разность между введенной дозой хлора и концентрацией остаточного свободного хлора при заданном времени контакта воды с хлором.

С целью уменьшения образования летучих хлорорганических соединений целесообразно использовать для обеззараживания воды связанный хлор в виде хлораминов. При отсутствии аммонийного азота в исходной воде или его недостаточном количестве перед хлорированием вода обрабатывается различными дозами аммонийного азота (аммиачной водой) [55].

Определение дозы аммиака и хлора при использовании связанного хлора проводили следующим образом. Дозу аммиака, который вводится в обрабатываемую воду перед хлорированием, устанавливают с учетом количества аммиака, присутствующего в природной воде.

Пробное хлорирование с аммонизацией проводят также как и без аммонизации. Дозу хлора определяют по максимуму на кривой хлорпоглощаемости (рис. 4.1.2).

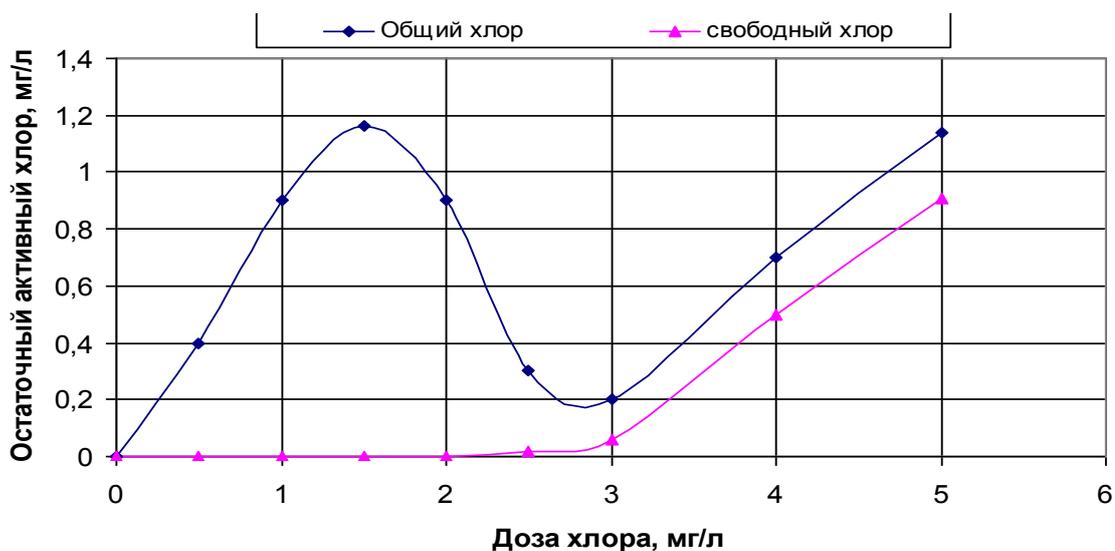


Рисунок 3.2.1 График определения дозы с аммонизацией [26]

4. Результаты и интерпретация

4.1 Внедрение метода хлораммонизации

В начале марта 2010 года на водоочистой станции ООО «Анжерский водоканал» (г. Анжеро-Судженск) совместно со специалистами была разработана и запущена в работу технологическая линия хлораммонизации воды с применением сульфат аммония.

Технология хлораммонизации воды (по данным на 1.10.10) на станции позволит установить следующие задачи внедрения метода:

- стабилизация содержания концентрации остаточного хлора (связанного) в конечных точках водораспределительной сети города;
- значительное снижение содержания хлорорганических соединений в питьевой воде;
- снижение расходов на приобретение гипохлорита натрия [26].

4.1.1 Внедрение метода хлораммонизации на ВОС г. Анжеро-Судженска

Определение оптимальных доз хлора и аммония, эффективность использования связанного хлора для обеззараживания воды р. Яя проводились в марте 2010 года на водоочистных сооружениях ООО «Анжерский водоканал» перед запуском и во время запуска схемы хлораммонизации.

График хлорпоглощаемости воды р. Яя в этот период представлен на рис. 4.1.1 (после 30-ти минутного контакта) [26].

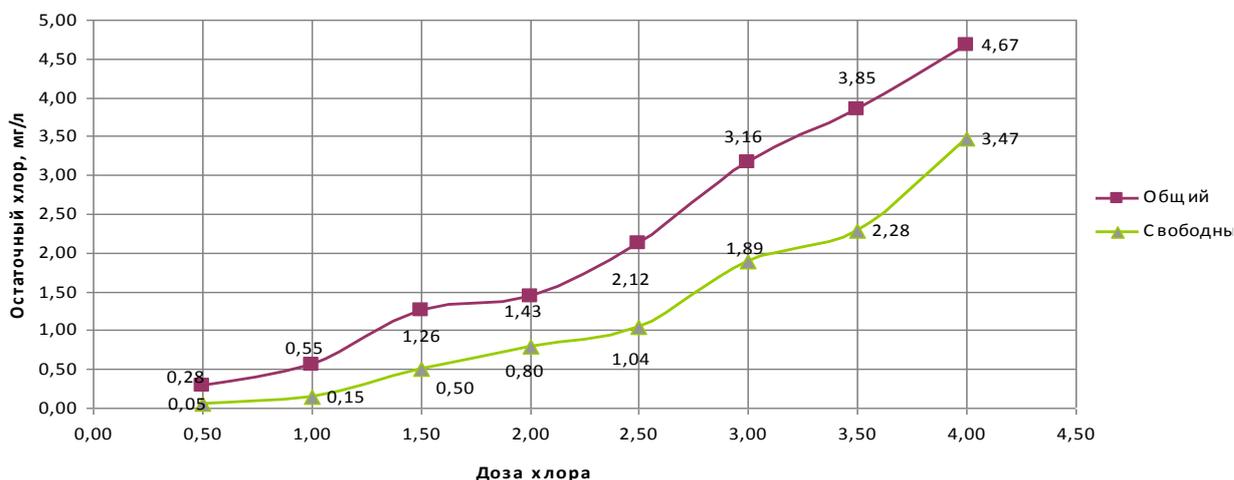


Рисунок 4.1.1 Хлорпоглощаемость воды без аммонизации после 30 минутного контакта воды с хлором [26]

Анализ этих данных показывает, что в марте доза хлора для обеспечения 0,5 мг/л остаточного свободного хлора после 30 минут составляет 1,5 мг/л.

В исходной воде присутствует аммоний в количестве 0,15 мг/л. Дальнейшие данные приведены на аммоний, вводимый в воду дополнительно.

Результаты лабораторных исследований по аммонизации с целью определения необходимых доз аммония и хлора, представлены на рис. 4.2.2 и рис. 4.2.3. На них показано изменение величины остаточного связанного хлора в воде после 30-ти минутного контакта в зависимости от дозы введенного аммония и дозы хлора [26].

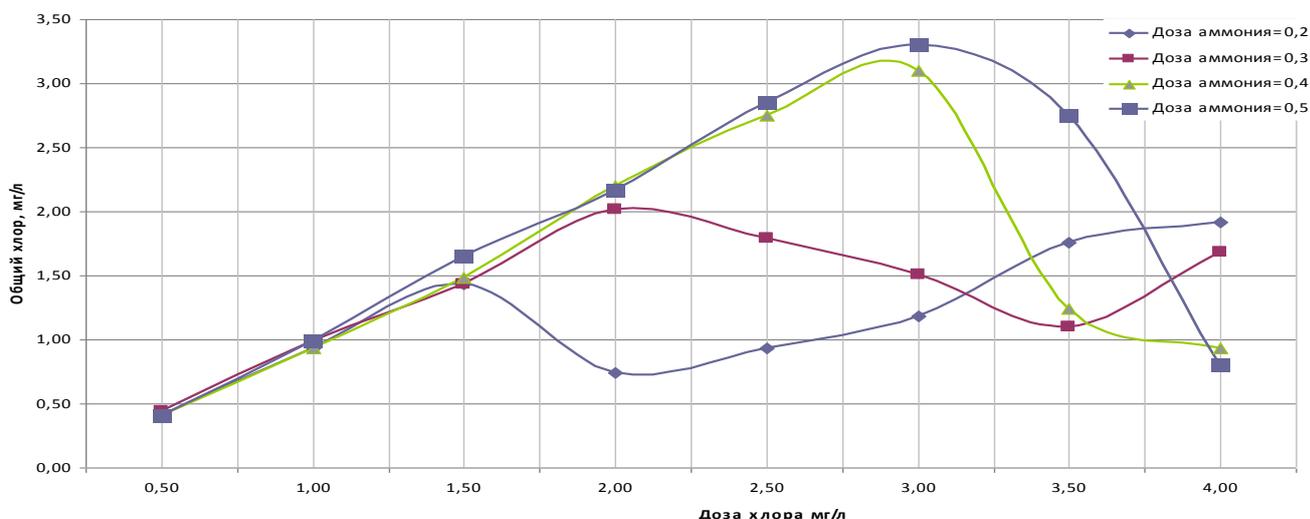


Рисунок 4.1.2 Влияние дозы аммония и дозы на концентрацию остаточного связанного хлора в воде [26]

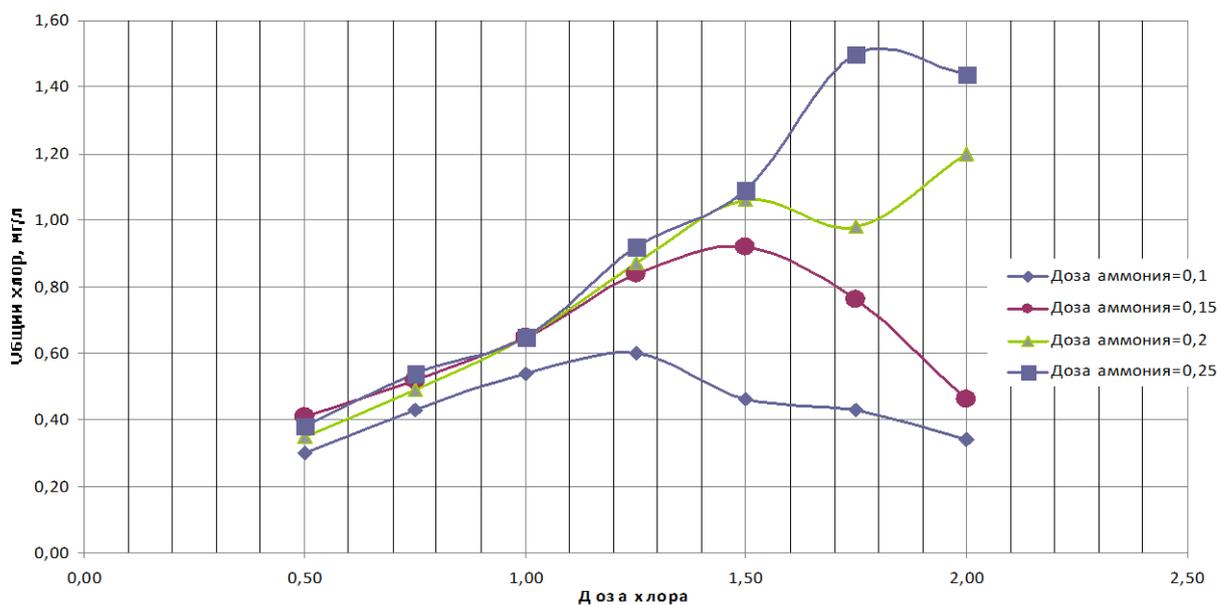


Рисунок 4.1.3 Влияние дозы аммония и дозы хлора на концентрацию остаточного связанного хлора в воде [26]

Оптимальные условия проведения аммонизации соответствуют максимуму на кривых хлорпоглощаемости воды. По графику хлорпоглощаемости определяют необходимую дозу хлора при заданной дозе аммония, не превышает того значения, при котором достигается максимум остаточного хлора. При меньшей дозе хлора в воде присутствуют в основном монохлорамины, которые менее эффективны для обеззараживания воды. При большей дозе уменьшается концентрация связанного хлора, и в воде может появиться остаточный свободный хлор, способствующий образованию ХОС, а также существенно увеличивается расход хлора.

С точки зрения эффективности обеззараживания воды выбирать дозу хлора на кривой хлорпоглощаемости следует на участке увеличения остаточного общего хлора ближе к точке максимума [26].

На рисунке 4.1.3 показано как меняется величина остаточного связанного хлора в воде после 30-ти минутного и 4-х часового контакта в зависимости от дозы введенного аммония при постоянной подаче гипохлорита натрия.

Оптимальные условия проведения аммонизации соответствуют максимуму на кривых хлорпоглощаемости воды. По графику

хлорпоглощаемости определяют необходимую дозу хлора при заданной дозе аммония, не превышает того значения, при котором достигается максимум остаточного хлора. При меньшей дозе хлора в воде присутствуют в основном монохлорамины, которые менее эффективны для обеззараживания воды. При большей дозе уменьшается концентрация связанного хлора, и в воде может появиться остаточный свободный хлор, способствующий образованию ХОС, а также существенно увеличивается расход хлора.

С точки зрения эффективности обеззараживания воды выбирать дозу хлора на кривой хлорпоглощаемости следует на участке увеличения остаточного общего хлора ближе к точке максимума [26].

На рисунке 4.1.3 показано как меняется величина остаточного связанного хлора в воде после 30-ти минутного и 4-х часового контакта в зависимости от дозы введенного аммония при постоянной подаче гипохлорита натрия.

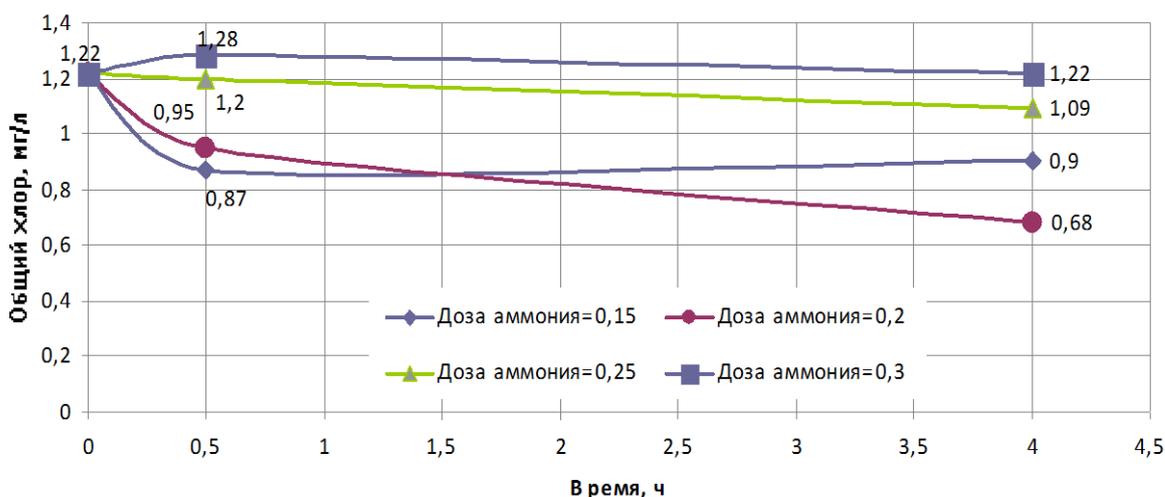


Рисунок 4.1.4 Влияние дозы аммония на концентрацию остаточного общего хлора в воде [26]

На рисунке 4.1.5 показано как меняется величина остаточного связанного хлора в воде после 30-ти минутного и 4-х часового контакта в зависимости от дозы введенного гипохлорита натрия при постоянной дозе аммония.

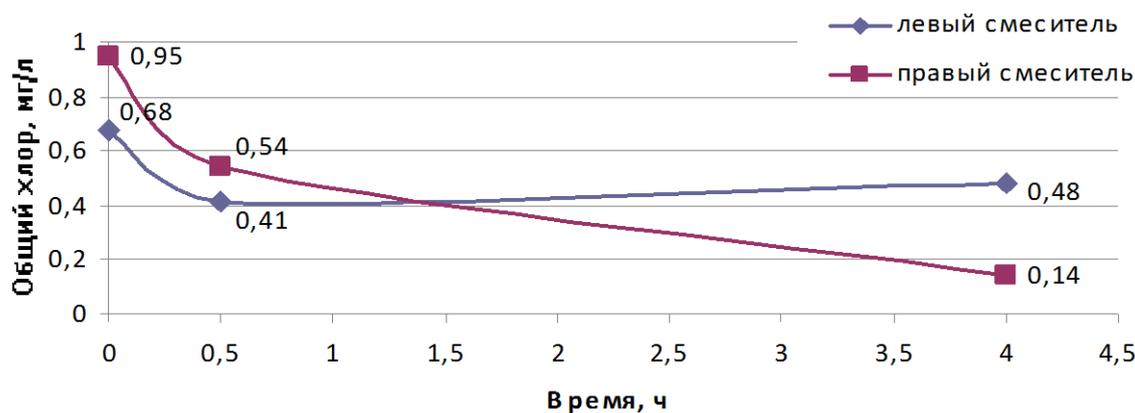


Рисунок 4.1.5 Влияние дозы гипохлорита натрия на концентрацию связанного хлора в воде [26]

По графику видно, что с увеличением подачи хлора (снижением отношение $D_{AC}/D_{хл}$) количество хлораминов уменьшается и, соответственно, уменьшается количество связанного хлора с течением времени. Данные соотношений доз аммиака и хлора представлены в таблице 4.1.1.

Таблица 4.1.1 Данные соотношений доз аммиака и хлора

Доза АС, мг/л	Доза хлора, мг/л	Отношение $D_{AC}/D_{хл}$	Количество остаточного хлора, мг/л	
			30 мин.	4 часа
0,15	1,22	1:8,1	0,87	0,9
0,2	1,22	1:6,1	0,95	0,68
0,25	1,22	1:4,9	1,2	1,09
0,3	1,22	1:4,1	1,28	1,22

Чем меньше доза аммония, тем меньше связанного хлора образуется при хлорировании воды. Так, при дозе хлора 1,22 мг/л и дозе вводимого аммония 0,2 мг/л, концентрация остаточного связанного хлора после 4-х часов будет 0,68 мг/л. При той же дозе хлора и дозах вводимого аммония 0,25 мг/л и 0,3 мг/л концентрация остаточного связанного хлора после 4-х часов составит 1,09 и 1,22 мг/л соответственно. Кроме того, с увеличением дозы аммония расширяется интервал оптимальных доз хлора, что облегчает в производственных условиях поддержание заданного режима хлорирования. В

то же время избыточные дозы аммония приводят к необоснованному расходу реагента. В данный период необходимая доза вводимого аммония составляет 0,25 – 0,3 мг/л. Остаточный хлор при этом сохраняется в воде разводящей сети более 24 часов [26].

4.2. Результаты лабораторных анализов воды разводящей сети города

В период внедрения метода хлораммонизации, лабораторией ООО «Анжерский водоканал» г. Анжеро – Судженск был усилен контроль за качеством питьевой воды в разводящей сети города. Анализу подвергались большее количество точек (в том числе тупиковых) с акцентом на содержание активного связанного хлора и микробиологические показатели питьевой воды [26].

В Таблице 4.2.1 представлены данные лабораторного контроля по содержанию общего хлора в различных зонах распределительной сети г. Анжеро – Судженска до и после внедрения схемы хлораммонизации.

Таблица 4.2.1 Данные лабораторного контроля по содержанию общего хлора в различных зонах распределительной сети г. Анжеро-Судженска до и после внедрения схемы хлораммонизации

Точки отбора проб	Средние данные содержания общего Сl до ввода АС, мг/л	Данные содержания общего (связанного) Сl после ввода АС, мг/л			
		1 сутки	2 сутки	5 сутки	7 сутки
ОВС перед подачей в сеть	0,69 – 0,73	0,8 – 0,9	0,8 – 0,9	0,95 – 1,02	0,82-0,85
3-й подъем (РЧВ)	0,5 – 0,6	0,76	0,74	0,79	0,79
Гидроузел (РЧВ)	0,4 – 0,5	0,59	0,53	0,76	0,76
Школа №20	0,13 (следы хлора)	0,38	0,35	0,76	0,73
Школа №17	0,1 – 0,2	0,51	-	0,73	0,64
Зеленстрой	0,33 – 0,35	0,32	-	0,67	0,67
База(лаборатория)	0,5 – 0,6	0,7	0,68	0,76	0,79

Анализируя представленные данные, можно сделать следующие выводы:

- количество общего (связанного) С1 перед подачей в разводящую сеть составляет 0,8-1,02 мг/л, что соответствует требованиям СанПиН 1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» [31] 0,8-1,2 мг/л:

- количество общего (связанного) С1 после ввода сульфата аммония значительно увеличилось по всей разводящей сети, в том числе в тех точках, где ранее обнаруживались следы хлора;

- снижение содержания хлора по разводящей сети составило 0,1-0,3 мг/л в зависимости от удаления от ВОС.

В Таблице 4.2.2 представлены данные лабораторного контроля по микробиологическим показателям в различных зонах распределительной сети г. Анжеро – Судженска до и после внедрения схемы хлораммонизации.

Таблица 4.2.2 Данные лабораторного контроля по микробиологическим показателям в различных зонах распределительной сети г. Анжеро-Судженска до и после внедрения схемы хлораммонизации

Дата отбора	Место отбора	ОМЧ КОЕ/1мл	ОКБ КОЕ/100мл	ТКБ КОЕ/100мл	ССРК спор/20мл
1	2	3	4	5	6
28.02.– 01.03.2010г До ввода аммония	Перед подачей в распределит. сеть	2	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены
	Гидроузел	2	Не обнаружены	Не обнаружены	
	НС 3 подъема	2	Не обнаружены	Не обнаружены	
	Школа № 17	2	Не обнаружены	Не обнаружены	
	Школа № 20	1	Не обнаружены	Не обнаружены	
	Зеленстрой	2	Не обнаружены	Не обнаружены	
05.03.10г	Лаборатория База (Милицейская 64)	2	Не обнаружены	Не обнаружены	
	Перед подачей в распределит. сеть	2	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены
	Гидроузел	3	Не обнаружены	Не обнаружены	
	НС 3 подъема	1	Не обнаружены	Не обнаружены	

Окончание таблицы 4.2.2

Дата отбора	Место отбора	ОМЧ КОЕ/1мл	ОКБ КОЕ/100мл	ТКБ КОЕ/100мл	ССРК спор/20мл
1	2	3	4	5	6
	Школа №20	2	Не обнаружены	Не обнаружены	
	Поликлиника №2	3	Не обнаружены	Не обнаружены	
	Лаборатория	2	Не обнаружены	Не обнаружены	
06.03.10г	Перед подачей в распределит. сеть	2	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены
07.03.10г	Перед подачей в распределит. сеть	3	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены
08.03.10г	Перед подачей в распределит. сеть	2	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены
09.03.10г	Перед подачей в распределит. сеть	1	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены
	Гидроузел	3	Не обнаружены	Не обнаружены	
	НС 3 подъема	1	Не обнаружены	Не обнаружены	
	Школа № 20	1	Не обнаружены	Не обнаружены	
	Школа № 17	1	Не обнаружены	Не обнаружены	
	п. Лебедянский Лаборатория	3 2			
10.03.10г	Перед подачей в распределит. сеть	1	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены
	Поликлиника №2	1	Не обнаружены	Не обнаружены	
	Поликлиника детская	2	Не обнаружены	Не обнаружены	
	НС 3 подъема	1	Не обнаружены	Не обнаружены	
	ш/у «Анжерское»	1	Не обнаружены	Не обнаружены	
	Лаборатория	1	Не обнаружены	Не обнаружены	
11.03.10г	Перед подачей в распределит. сеть	1	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены
	Дом ребёнка	2	Не обнаружены	Не обнаружены	
	Школа №8	1	Не обнаружены	Не обнаружены	
	ул. Горняцкая (столовая)	2	Не обнаружены	Не обнаружены	
	пер. Телефонный (гостиница)	1	Не обнаружены	Не обнаружены	
	Лаборатория	2	Не обнаружены	Не обнаружены	
12.03.10г	Перед подачей в распределит. сеть	2	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены

Окончание таблицы 4.2.2

Дата отбора	Место отбора	ОМЧ КОЕ/1мл	ОКБ КОЕ/100мл	ТКБ КОЕ/100мл	ССРК спор/20мл
1	2	3	4	5	6
	Гидроузел	2	Не обнаружены	Не обнаружены	
	Школа №17	1	Не обнаружены	Не обнаружены	
	Школа № 20	1	Не обнаружены	Не обнаружены	
	пер. Лебедянский (БиО)	3	Не обнаружены	Не обнаружены	
	Лаборатория	1	Не обнаружены	Не обнаружены	
13.03.10г	Перед подачей в распределит. сеть	2	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены
14.03.10г	Перед подачей в распределит. сеть	3	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены
15.03.10г	Перед подачей в распределит. сеть	2	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены
	Дом ребёнка	2	Не обнаружены	Не обнаружены	
	Школа № 8	1	Не обнаружены	Не обнаружены	
	ул. Горняцкая (столовая)	2	Не обнаружены	Не обнаружены	
	пер. Телефонный (гостиница)	1	Не обнаружены	Не обнаружены	
Лаборатория	1	Не обнаружены	Не обнаружены		
16.03.10г	Перед подачей в распределит. сеть	1	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены
	Поликлиника №2	1	Не обнаружены	Не обнаружены	
	Поликлиника детская	1	Не обнаружены	Не обнаружены	
	НС 3 подъема	1	Не обнаружены	Не обнаружены	
	ш/у«Анжерское»	1	Не обнаружены	Не обнаружены	
	Лаборатория	2	Не обнаружены	Не обнаружены	

Питьевая вода прохлорированная связанным хлором соответствует СанПиН 2.1.4.1074-01 и по бактериологическим показателям не уступает воде, обеззараженной свободным хлором [31].

Для определения влияния аммонизации воды на содержание хлорорганических соединений, лаборатория г. Кемерово провела анализы на наличие в воде хлороформа. В Таблице 4.2.3 представлены данные

лабораторного контроля по содержанию хлороформа в питьевой воде г. Анжеро-Судженска до и после внедрения схемы хлораммонизации.

Таблица 4.2.3 Данные лабораторного контроля по содержанию хлороформа в питьевой воде г. Анжеро-Судженска до и после внедрения схемы хлораммонизации

Место отбора	Хлороформ, мг/л					
	03.12.09г.	19.01.10г.	04.02.10г.	среднее	11.03.10г.	Норматив мг/л, не более
Перед подачей в распределительную сеть	0,058	0,028	0,038	0,041	0,005	0,06
База лаборатория	0,042	0,024	0,042	0,036	0,004	0,06

Внедрение схемы аммонизации на ВОС Анжеро-Судженска способствовало значительному снижению хлорорганических соединений в питьевой воде. Концентрация хлороформа уменьшилась с 0,036 до 0,004 мг/л (в 9 раз).

4.3 Результат проведенного испытания влияния метода хлораммонизации на процесс обеззараживания воды

Проведены лабораторные испытания влияния метода хлораммонизации на процесс обеззараживания воды.

Из полученных данных можно сделать следующий вывод. Хлораммонизация обеспечивает консервацию остаточного хлора, что обеспечивает стабильное его содержание в резервуарах чистой воды, протяженных водоводах и конечных точках водопроводных сетей. Это в свою очередь повлечет за собой уменьшение биообрастания трубопроводов и сооружений, снижает загрязнение воды продуктами жизнедеятельности

микроорганизмов, что в конечном итоге обеспечивает санитарно-эпидемиологическую безопасность воды.

Вследствие стабилизации содержания остаточного хлора в обработанной воде, для обеспечения нормативного его содержания требуются меньшие дозы хлорреактанта нежели при классическом хлорировании, когда значительная часть свободного хлора просто улетучивается, либо идет на образование вредных хлорорганических соединений.

Из приведенного выше анализа следует, что внедрение метода хлораммонизации обеспечит:

- пролонгацию обеззараживающего действия хлорреактанта;
- экономию хлорреактанта ~30%;
- снижение затрат на транспортировку хлорреактанта;
- уменьшение коррозии стальных водоводов;
- снижения содержания канцерогенных веществ при хлорировании (хлороформа и других видов тригалогенметанов).

Данный метод успешно применяется на водоочистных сооружениях г.г. Москва, Кемерово, Екатеринбург, Тюмень и др.).

4.4 Результаты внедрения метода хлораммонизации

В марте 2010 г. специалистами службы эксплуатации ООО «Анжерский водоканал» на водоочистных сооружениях г. Анжеро – Судженск внедрен метод хлораммонизации воды. По результатам внедрения можно сделать следующие выводы:

1. Доза хлора уменьшилась на 15 – 20% (в период паводков и в летний период снижение дозы увеличивается до 30%)
2. Количество общего (связанного) С1 перед подачей в разводящую сеть составляет 0,8-1,02 мг/л, что соответствует требованиям СанПиН 1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» [31] .

3. Количество общего (связанного) Сl после ввода сульфата аммония значительно увеличилось по всей разводящей сети, в том числе в тех точках, где ранее обнаруживались следы хлора.

4. Время контакта связанного хлора с водой до подачи в разводящую сеть составляет порядка 4 часов что соответствует нормативной величине (СанПиН 1.4.1074-01 примечание к п. 3.4.3. «При обеззараживании воды свободным хлором время его контакта с водой должно составлять не менее 30 минут, связанным хлором не менее 60 минут»).

5. Питьевая вода прохлорированная связанным хлором соответствует СанПиН 2.1.4.1074-01 [31] и по бактериологическим показателям не уступает воде, обеззараженной свободным хлором.

6. Внедрение схемы аммонизации на ВОС Анжеро-Судженска способствует предотвращению образования хлорорганических соединений в питьевой воде. Концентрация хлороформа уменьшилась с 0,036 до 0,004 мг/л (в 9 раз).

7. Снижение содержания хлора по разводящей сети относительно подачи в разводящую сеть составило 0,1-0,3 мг/л в зависимости от удаления от ВОС.

8. При проведении аммонизации воды доза аммония зависит от качества исходной воды (хлорпоглощаемости) и может изменяться в пределах от 0,3 до 0,6 мг/л. Чем больше мутность исходной воды и хлорпоглощаемость, тем больше соотношение доз аммиака и хлора. При этом необходимо учитывать концентрацию аммония в речной воде.

Таблица 4.4.1 Расход реагентов до и после аммонизации

реагент	Расход до аммонизации, кг/сут	Расход после аммонизации, кг/сут	
	с 1.03.-4.03.2010	4.03-10.03	11.03
ГПХ	670	541	490
Сульфат аммония	-	50	50

Таблица 4.4.2 Данные лабораторного исследования по содержанию общего хлора в распределительной сети города

Точки отбора проб	Средние данные содержания общего Сl до ввода СА, мг/л	Данные содержания общего (связанного) Сl после ввода СА, мг/л			
		1 сутки	2 сутки	5 сутки	7 сутки
ОВС перед подачей в сеть	0,69 – 0,73	0,8 – 0,9	0,8 – 0,9	0,95 – 1,02	0,82 – 0,85
III подъем (РЧВ)	0,5 – 0,6	0,76	0,74	0,79	0,79
Гидроузел (РЧВ)	0,4 – 0,5	0,59	0,53	0,76	0,76
Школа №20	0,13 (следы хлора)	0,38	0,35	0,76	0,73
Школа №17	0,1 – 0,2	0,51	-	0,73	0,64
Зеленстрой	0,33 – 0,35	0,32	-	0,67	0,67
База (Лаборатория)	0,5 – 0,6	0,7	0,68	0,76	0,79

4.5 Рекомендации по применению хлораммонизации на водоочистных сооружениях ООО «Анжерский водоканал»

1. Для предотвращения образования хлорорганических соединений, снижения доз хлора, пролонгирования остаточного бактерицидного действия хлора в распределительной городской сети, снижения эксплуатационных затрат рекомендуется применять аммонизацию воды, которая осуществляется путем введения в исходную воду сульфата аммония перед хлорированием.

2. Для последующего сокращения расхода гипохлорита и сульфата аммония необходимо внедрить постааммонизацию – подачу аммония после скорых фильтров (перед третичным хлорированием). В этом случае расход ГПХ сократится на 40-50 и более % относительно предыдущих годов, планируемая доза составит 2,5-2,7 мг/л против 6,0-6,2 мг/л – дозы 2009 г.

Схема постаммонизации, перечень оборудования и материалов представлены в техническом заключении «1-й этап Подготовительные работы. Разработка документации по аммонизации на ВОС г. Анжеро-Судженска».

3. Как отмечалось ранее, количество общего (связанного) С1 перед подачей в разводящую сеть составляет 0,8-1,02 мг/л, что соответствует требованиям СанПиН 1.4.1074-01 [31]. При снижении концентрации хлора по разводящей сети на 0,1-0,3 мг/л его средняя концентрация у потребителя в диктуемых (тупиковых, отдаленных) точках составляет 0,7 мг/л (Таблица 4.1.2). Концентрация С1 у потребителя не нормируется и обусловлена безопасностью по микробиологическим и паразитологическим показателям.

Исходя из опыта эксплуатации водоочистных сооружений с использованием для обеззараживания воды связанного хлора и обеспечения безопасности питьевой воды в эпидемическом отношении, в диктуемых точках концентрация С1 должна быть в пределах 0,3-0,4 мг/л.

Для достижения этих значений количество общего (связанного) С1 перед подачей в разводящую сеть должна составлять 0,5-0,7 мг/л.

4. Для сокращения содержания вредных химических веществ, поступающих и образующихся в воде в процессе ее обработки в системе водоснабжения необходимо согласовать с контролирующими органами концентрацию остаточного связанного хлора в диктуемых точках в пределах 0,3-0,4 мг/л и производить хлорирование согласно установленных концентраций.

5. Хлораммонизацию воды на станции можно проводить в течение всего года или только в те периоды, когда существенно увеличивается концентрации хлороформа в питьевой воде. Продолжительность этого периода на станции составляет около 7 – 8 месяцев с апреля по октябрь – ноябрь.

6. Преаммонизацию в зимний период можно не проводить, так как при низких температурах воды скорость инактивации микроорганизмов хлорреагентами уменьшается, и при этом целесообразно использование свободного хлора.

7. Устройство точки ввода сульфата аммония перед резервуаром чистой воды (до ввода хлора) позволяет проводить аммонизацию при вторичном хлорировании, например в зимний период для пролонгирования обеззараживающего действия хлора в сети, когда не будет проводиться преаммонизация.

8. При проведении преаммонизации на водопроводной станции с целью уменьшения хлорорганических соединений и обеспечения необходимой степени обеззараживания воды следует выполнять три условия при выборе доз сульфата аммония и гипохлорита натрия.

- Для получения необходимого количества связанного хлора для обеззараживания воды, концентрация которого согласно требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 должна быть в пределах 0,8 – 1,2 мг/л, первоначально следует определить необходимую дозу аммония, при которой при первичном хлорировании максимум образующегося связанного хлора будет не менее 1,2 мг/л. Для воды р. Яя доза вводимого аммония составляет 0,25 – 0,6 мг/л [31].
- Дозу хлора при первичном хлорировании следует определять по кривой хлорпоглощаемости исходной воды с аммонизацией, на участке увеличения остаточного общего хлора ближе к точке максимума. При необходимости вторичное хлорирование проводится только добавлением гипохлорита натрия (без АС) до получения остаточного связанного хлора на уровне 0,8 – 1,2 мг/л.
- Хлораммонизацию следует проводить в условиях, когда весь хлор находится в связанном состоянии в виде хлораминов, свободный хлор в воде отсутствует.

9. Оптимальные соотношения доз аммиака и хлора в зависимости от качества исходной воды в марте изменяются от 1/4 до 1/5. В течение года соотношение будет составлять от 1/4 до 1/8.

4.6 Выводы

1. Внедрение технологии хлораммонизации воды на станции позволило:

- стабилизировать содержание концентрации остаточного хлора (связанного) в конечных точках водораспределительной сети города;

- значительно снизить содержание хлорорганических соединений в питьевой воде (до ввода процесса аммонизации содержание хлороформа в распределительной сети – 0,03-0,06 мг/л; после ввода – 0,004-0,005 мг/л);

- снизить расходы на приобретение гипохлорита натрия на 35-38% [26].

2. Хлораммонизация обеспечивает консервацию остаточного хлора, что обеспечивает стабильное его содержание в резервуарах чистой воды, протяженных водоводах и конечных точках водопроводных сетей. Это в свою очередь повлечет за собой уменьшение биообрастания трубопроводов и сооружений, снижает загрязнение воды продуктами жизнедеятельности микроорганизмов, что в конечном итоге обеспечивает санитарно-эпидемиологическую безопасность воды.

3. Количество общего (связанного) Сl перед подачей в разводящую сеть составляет 0,8-1,02 мг/л, что соответствует требованиям СанПиН 1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» [31].

4. Внедрение схемы аммонизации на ВОС Анжеро-Судженска способствовало предотвращению образования хлорорганических соединений в питьевой воде. Концентрация хлороформа уменьшилась с 0,036 до 0,004 мг/л (в 9 раз).

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Организованная структура управления и основные направления деятельности ООО «Анжерский водоканал»

ООО «Анжерский водоканал», расположен в городе Анжеро-Судженске Кемеровской области.

Основная деятельность ООО «Анжерский водоканал»:

1. Услуги по снабжению водой питьевого качества населения, промышленных предприятий и др. г. Анжеро-Судженска.

2. Услуги по очистки городских сточных вод и их сброс в р.Алчедат.

В состав предприятия входят следующие структурные подразделения (участки):

1. Участок «ОВС» (водозабор речной и очистная водопроводная станция) - забор воды поверхностной из р.Яя, водоподготовка, подача воды в город.

2. Участок «АБК»

2.1. Лаборатория

2.2. Контора

3. Участок «ОКС» (очистные канализационные сооружения) - очистка сточных води их сброс в поверхностный водный источник р.Алчедат [26].



Рисунок 5.1 Структура службы качества [26]

Производственный контроль качества питьевой и сточных вод осуществляется химико-бактериологической лабораторией ООО «Анжерский водоканал», имеющий Аттестат аккредитации испытательной лаборатории в системе аналитических лабораторий.

Лаборатории расположены:

на участке «АБК» - отделение контроля соответствия воды в распределительной сети питьевому качеству;

на участке «ОВС» - отделение контроля соответствия приготовленной воды питьевому качеству, отслеживание технологического процесса водоподготовки.

Очистные сооружения являются одним из составных элементов системы водоснабжения и тесно связаны с ее остальными элементами. Вопрос о месте расположения очистной станции решается при выборе схемы водоснабжения объекта. Часто очистные сооружения располагают вблизи источника водоснабжения. Компоновка очистных сооружений должна предшествовать выбору схемы технологического процесса очистки воды, а также установление типа, числа и размеров отдельных сооружений (отстойников, фильтров и др.). Этот выбор производится на основе результатов технологических анализов воды источника и в зависимости от требований потребителей к качеству воды. Выбор схемы очистки воды, типа сооружений и их компоновки должен быть сделан на основании технико-экономических сравнений возможного варианта [13].

5.2 Техническое задание на производство работ по разработке технологической схемы и проведению пуско-наладочных работ по внедрению метода аммонизации на очистных сооружениях водопровода (ОСВ) ООО «Анжерский водоканал» г. Анжеро-Судженск

Цель работы – повышение эффективности процесса обеззараживания воды, снижение эксплуатационных затрат на очистных сооружениях водопровода (ОСВ) г. Анжеро-Судженск, производительностью до 50000 м³/сут.

Перечень работ:

I-й этап

1. Изучение проектной, исполнительной и нормативной документации, анализ эксплуатации данных и оценка технического, технологического состояния хлорного хозяйства на ОСВ.

2. Проведение лабораторных испытаний, изучение влияния хлораммонизации на процесс обеззараживания. Предварительная оценка технологической и экономической эффективности внедрения данного метода.

3. Разработка и выдача технологической схемы по внедрению метода аммонизации. Расчеты и подбор насосов – дозаторов, трубопроводов, емкостей и другого оборудования принятого к исполнению.

II-й этап

1. Проведение технологической наладки работы метода хлораммонизации на ОСВ, отработка технологических режимов работы сооружений.

2. Разработка и выдача режимных указаний по работе сооружений.

III-й этап

1. Составление и выдача технологического отчета с отражением эффективности выполненных работ, рекомендации по эксплуатации очистных сооружений и экономического эффекта от проделанной работы [56].

5.3 Расчет трудоемкости работ и сметной стоимости проектируемых работ по разработке технологической схемы и проведению пуско – наладочных работ по внедрению метода аммонизации на очистных водопроводных сооружениях (ОВС)

Лабораторные исследования по хлорированию воды имеют целью определение дозы хлора, необходимой для окисления органических загрязнений и создания концентрации остаточного хлора, достаточной для обеззараживания воды, все проводится в соответствии с ГОСТ 18190-72 [55]. Метод основан на окислении йодирования активным хлором до йода, который титруют тиосульфатом натрия.

Йодометрический метод предназначен для анализа воды с содержанием активного хлора более 0,3мг/дм³ при объеме 250 см³. Метод может быть рекомендован также для окрашенных и мутных вод. В условиях большой протяженности водоводов необходимо обеспечивать сохранение обеззараживающего эффекта при транспортировке питьевой воды по водопроводным сетям. Для этой цели служит технология хлораммонизации питьевой воды [55].

Технологический отчет разработан на основе действующих нормативных документов (СНиП 2.04.02-84 [32], СанПиН 2.1.4.1074-01 [31]) с учётом опыта использования АС на предприятиях водоподготовки.

Состав пусконаладочных работ по технологическим установкам, относящимся к сооружениям водоснабжения, относящихся к сооружениям канализации.

Таблица 5.3.1 Затраты на выполнение состава пусконаладочных работ

№ этапа	Состав работ по периодам и этапам	% от общего объема работ
	Период I. Подготовительные работы	10
1.1	Выявление оснащённости лаборатории, проверка правильности отбора проб и производства анализов, систематизация и оценка показателей качества исходной и очищенной воды по сезонам года. Уточнение графика лабораторно-производственного контроля.	
	Итого по I периоду	10
	Период II. Наладочные работы	
2.1	Подготовка к работе лабораторного оборудования, приборов, реактивов, приготовление стандартных растворов, построение градуировочных графиков и расчет градуировочного коэффициента.	10
2.2	Отработка методики аналитического контроля и пробной реагентной обработки воды на фактическом или смоделированном составе воды.	20
2.3	Обучение персонала производству анализов и проведению пробных опытов.	5
2.4	Проведение анализов для проверки соответствия проекту фактического состава воды, подлежащей очистке или очищенной.	10
2.5	Проведение внешнего контроля достоверности выполнения анализов.	5
2.6	Подготовка лаборатории к аттестации, аккредитации.	30
	Итого по II периоду	80
	Период III. Составление технического отчета	
3.1	Составление технического отчета о выполненной работе с обобщением результатов, выводами и рекомендациями.	10
	Итого по III периоду	10
	Всего по периодам	100

Для выполнения данных работ привлекаются следующие сотрудники: заведующий лабораторией, лаборант 1 категории, лаборант 2 категории [57].

Таблица 5.3 Календарный план затрат времени по сотрудникам для проектируемых работ

№ п.п.	Наименование работ и основных этапов его исполнения	Продолжительность этапа, сут.
1.	I-й этап Подготовительные работы Разработка технологической схемы метода аммонизации	30
2.	II-й этап Наладочные работы Проведение пуско – наладочных работ по внедрению метода аммонизации	20
3.	III-й этап Оформление технической документации Составление и выдача технологического отчета по внедрению метода аммонизации с отражением эффективности выполненных работ.	20
	ИТОГО:	70

Техническая часть расчета трудоемкости работ:

1. Настоящие федеральные единичные расценки (в дальнейшем изложении - расценки) предназначены для определения прямых затрат в сметной стоимости пусконаладочных работ по сооружениям водоснабжения и канализации на вводимых в эксплуатацию строящихся, а также реконструируемых, расширяемых и технически перевооружаемых действующих предприятиях, зданиях и сооружениях.

2. Расценки отражают среднеотраслевой уровень технологии и организации пусконаладочных работ.

3. При применении настоящего сборника, помимо положений, содержащихся в настоящей технической части, необходимо учитывать требования общего характера, приведенные в Указаниях по применению федеральных единичных расценок на пусконаладочные работы.

4. Расценки разработаны исходя из характеристик и сложности серийно выпускаемого, освоенного промышленностью оборудования, систем и сооружений в соответствии с требованиями 3-й части СНиП, стандартов, технических условий, технологических регламентов, правил, инструкций и

других нормативных документов на изготовление, поставку, эксплуатацию оборудования и ведение технологического процесса, а также директивных документов, касающихся приемки в эксплуатацию очистных сооружений, и других требований по охране окружающей среды.

5. Состав пусконаладочных работ, учтенных в расценках, приведен в вводных указаниях к отделам сборника.

6. Расценками настоящего сборника не учтены затраты на проведение пусконаладочных работ по оборудованию и системам, предусмотренным соответствующими сборниками ФЕРп-2001 [58].

7. При применении сборника следует руководствоваться следующими определениями принятых единиц измерений расценок:

«сооружение» - это объемная система, предназначенная для выполнения производственных процессов.

«узел» - это группа сооружений, размещенных на одной территории, с общими коммуникациями и вспомогательными службами. Примером отдельного узла являются радиальные отстойники производительностью 20 тыс. м³/сут. Это узел из расчетного количества отстойников (2, 3, 4 шт.), насосной станции осадка, камер и трубопроводов внутри группы отстойников;

«установка» - это взаимосвязанные единицы оборудования для выполнения определенного технологического процесса.

8. Расценки приведены в целом по сооружениям, узлам, установкам.

9. При одновременном выполнении пусконаладочных работ на нескольких однотипных технологических линиях к расценкам по сооружениям, узлам и установкам, входящим во вторую и последующие технологические линии [58].

Таблица 5.4 Расчет сметной стоимости проектируемых работ на очистных сооружениях водопровода (ОВС).

СМЕТА

на работы по внедрению новых методов очистки (аммонизация) на ВОС

г. Анжеро-Судженск.

Наименование объекта – водоочистная станция г. Анжеро-Судженск.

Производительность – 50 000 м³/сут.

№ п.п.	Содержание этапов работ	Поз.Ценника	Стоимость, руб.
1.	I Этап: Подготовительные работы Реагентная установка	01-37	29130,536
2.	II Этап: Наладочные работы Реагентная установка	01-38	35229,316
3.	III Этап: Оформление технической документации Реагентная установка	01-39	7031,772
	Всего:		71391,624
	С учетом коэффициентов:		
4.	K=1,3	районный	92809
5.	С коэффициентом к 1995 г. K=21,83	Письмо минрегион развития №3652 СК/08 от 12.02.2009	2026020,47
6.	Коэффициент договорной K=0,18		364683,68
7.	НДС (18%)		65643,06
8.	Всего по смете:		430327

Согласно сметному расчету стоимость работ по внедрению новых методов очистки (аммонизация) на ВОС составит 430327 (четыреста тридцать тысяч триста двадцать семь рублей) без НДС, т.к. организация работает по упрощенной системе налогообложения [59].

6. Социальная ответственность при оценке качества питьевой воды на фоне внедрения технологии аммонизации на примере ООО Анжерский водоканал

ООО «Анжерский водоканал» расположен в г. Анжеро-Судженске Кемеровской области.

Целью данного раздела является анализ вредных и опасных факторов труда специалиста и разработка мер защиты от них, оценка условий труда и микроклимата рабочей среды. В разделе также рассматриваются вопросы техники безопасности, охраны окружающей среды, даются рекомендации по созданию оптимальных условий труда.

Нормативами качества окружающей среды являются нормативы, которые установлены в соответствии с физическими, химическими, биологическими и иными показателями для оценки состояния окружающей среды и при соблюдении которых обеспечивается благоприятная окружающая среда [60].

К нормативам качества окружающей среды относятся:

- нормативы, установленные в соответствии с химическими показателями состояния окружающей среды, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций химических веществ;

- нормативы, установленные в соответствии с физическими показателями состояния окружающей среды, в том числе с показателями уровней радиоактивности и тепла;

- нормативы, установленные в соответствии с биологическими показателями состояния окружающей среды, в том числе видов и групп растений, животных и других организмов, используемых как индикаторы качества окружающей среды, а также нормативы предельно допустимых концентраций микроорганизмов [60].

Основным видом работ в помещении являются лабораторные. Лабораторные работы выполняются подрядной организацией в аккредитованной лаборатории.

6.1 Производственная безопасность

Согласно ГОСТ 12.1.003-74 [61] основные опасные и вредные производственные факторы подразделяются на следующие группы: физические, химические, биологические.

При работе в лаборатории персонал подвержен воздействию физических факторов, таких как повышенная температура воздуха рабочей зоны, недостаточная освещенность рабочей зоны, повышенное значение напряжения в электрической сети, неосторожность работы с инструментом. К химическим вредным и опасным факторам относятся наличие токсичных веществ в воздухе. Электроопасность в лаборатории относится к помещениям без повышенной опасности согласно ГОСТ 12.1.013-78 [62] т.е. сухое, беспыльное, с нормальной температурой воздуха, изолирующими полами, имеет мало заземленных предметов. Биологические вредные и опасные производственные факторы при работе в лаборатории отсутствуют.

Соблюдение и учет требований безопасности при проведении работ в лаборатории является основой производственной безопасностью. Площадь химико-бактериологической лаборатории должны соответствовать требованиям строительных норм и правил.

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 [61] ССБТ с измен. 1999 г. факторы производства, приводящие к травме и другому резкому ухудшению здоровья, классифицируются как опасные, а приводящие к заболеванию организма или снижению работоспособности - вредные.

Таблица 6.1.1 Основные элементы производственного процесса,
формирующие опасные вредные факторы при проведении внедрения метода
хлораммонизации на ООО «Анжерский водоканал»

Этапы работ	Наименование запроектованных видов работ и параметров производственного процесса	Факторы ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ с измен. 1999 г.[3]		Нормативные документы
		Опасные	Вредные	
Лабораторные работы	Проведение анализов отобранных проб питьевой воды и пр. в лаборатории с применением приборов и хим.реагентов. Обработка информации на компьютере.	Поражение электрическим током Пожароопасность	Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны Недостаточная освещенность рабочей зоны Повреждение химическими реактивами, порезы и ранения осколками стекла;	ГОСТ 12.1.019-79 ГОСТ 12.1.004-91 СНиП 23-05-95 СанПиН 2.2.2.542-96

6.1.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

К опасным производственным факторам относятся те факторы, которые способны вызвать острое нарушение здоровья, травмы, гибель организма.

6.1.1.1 Электробезопасность в лаборатории

Все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям электробезопасности при работе с электроустановками по ГОСТ 12.1.019-79 [63].

1. Все электрооборудование с напряжением свыше 36 В, а так же оборудование и механизмы, которые могут оказаться под напряжением, должны быть надежно заземлены.

2. Для отключения электросетей на вводах должны быть рубильники или другие доступные устройства. Отключение всей сети, за исключением дежурного освещения производится общим рубильником.

3. В целях предотвращения электротравматизма запрещается:

- работать на неисправных электрических приборах и установках;
- перегружать электросеть;
- переносить и оставлять без надзора включенные электроприборы;
- работать вблизи открытых частей электроустановок, прикасаться к ним;
- загромождать подходы к электрическим устройствам.

4. О всех обнаруженных дефектах в изоляции проводов, неисправности рубильников, штепсельных вилок, розеток, а также заземления и ограждений следует немедленно сообщить электрику.

5. Категорически запрещается прикасаться к корпусу поврежденного прибора или токоведущим частям с нарушенной изоляцией и одновременно к заземленному оборудованию (другой прибор с исправным заземлением, водопроводные трубы, отопительные батареи), либо прикасаться к поврежденному прибору, стоя на влажном полу.

6. При поражении электрическим током необходимо как можно быстрее освободить пострадавшего от действия электрического тока, отключив электроприбор, которого касается пострадавший. Отключение производится с помощью отключателя или рубильника.

7. Во всех случаях поражения электрическим током необходимо вызвать врача [64].

Все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 [65] и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83 [66].

6.1.1.2 Пожарная безопасность в лаборатории

1. Лаборатория должна быть оснащена пожарными кранами (не менее одного на этаж) с пожарными рукавами. В каждом рабочем помещении должны быть в наличии огнетушители и песок, а в помещениях с огнеопасными и легковоспламеняющимися веществами – дополнительные средства пожаротушения.

2. В помещении лаборатории на видном месте должен вывешен план эвакуации сотрудников в случае возникновения пожара.

3. Все сотрудники лаборатории должны быть обучены правилами обращения с огне- и взрывоопасными веществами, газовыми приборами, а также должны уметь обращаться с противогазом, огнетушителем и другими средствами пожаротушения, имеющимися в лаборатории.

4. В помещениях лаборатории и в непосредственной близости от них (в коридорах, под лестницами) запрещается хранить горючие материалы и устанавливать предметы, загромождающие проходы и доступ к средствам пожаротушения.

5. Курить разрешается только в отведенном и оборудованном для этой цели месте.

Курить в помещениях лаборатории строго запрещается!

6. Все нагревательные приборы должны быть установлены на термоизолирующих подставках.

7. Без разрешения начальника лаборатории и лица, ответственного за противопожарные мероприятия, запрещается установка лабораторных и нагревательных приборов, пуск их в эксплуатацию, переделка электропроводки [64].

6.1.1.3 Хранение пожароопасных реактивов

К пожароопасным относятся огнеопасные, самовоспламеняющиеся и взрывоопасные вещества.

1. Запасы пожароопасных реактивов должны храниться в изолированных, хорошо вентилируемых помещениях вдали от отопительных приборов и прямых лучей солнца.

2. Помещения для хранения пожароопасных веществ должны быть оснащены противопожарными средствами: порошковыми огнетушителями, сухим песком, лопатами, ведрами, листовым асбестом, кошмой, суконными одеялами и рукавицами.

Тушение пожара водой и воздушно-механической пеной недопустимо!

3. В местах хранения пожароопасных реактивов запрещено размещать посторонние предметы и мебель, загромождающие доступ к средствам пожаротушения.

4. Хранение пожароопасных веществ допускается в строго соответствующей таре, имеющей этикетки с точным наименованием вещества и надписью «Огнеопасно» («Взрывоопасно»).

5. Совместное хранение в одном помещении самовоспламеняющихся, огнеопасных и взрывоопасных веществ не допускается.

При отсутствии отдельных помещений допускается хранение небольших количеств (10-15г) вышеназванных веществ в одном помещении, но в отдельных, плотно закрывающихся железных шкафах.

6. Не разрешается также совместно хранить вещества, которые способны при своем взаимодействии вызывать образование пламени или выделять большое количество тепла.

7. Хранение легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) допускается в толстостенных, снабженных герметичными пробками бутылках, вместимостью не более 1дм³, особо опасные ЛВЖ – в объеме не более суточной потребности.

Бутыли с ЛВЖ помещают в специальные металлические ящики вдали от источников тепла и окислителей.

Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности. Заболевания, возникающие под действием вредных производственных факторов, называются профессиональными.

К помещениям химических лабораторий предъявляется довольно жесткий набор требований по организации вытяжных систем. Связано это с использованием в них веществ, которые в результате участия в реакциях приводят к выделению дыма, испарениям, взрывоопасных веществ непосредственно на рабочем месте.

Вентиляция химических лабораторий должна обеспечивать удаление побочных продуктов исследований непосредственно с рабочего места. При этом для нежелательных веществ организовывается такой вывод из лаборатории за пределы здания, чтобы происходило их рассеивание в открытом воздухе, и исключалась вероятность попадания этих газов через воздухозаборные отверстия снова в здание. Кроме того, вентиляция химических лабораторий должна предусматривать более низкое давление воздуха в них по сравнению с коридорами и окружающими помещениями здания. Это является методом недопущения распространения вредных, опасных и тому подобных веществ за пределы лаборатории. Также наличие в лаборатории взрывоопасных веществ, вентиляционная система не должна допускать рециркуляцию воздуха. Для химической лаборатории системой вентиляции предусматривается возможность управления ею непосредственно из лаборатории [64].

6.1.1.4 Требования к организации вентиляции в химической лаборатории

1. Вентиляция химической лаборатории должна являться автономной от общей системы вентиляции здания. Если в здании имеется несколько однопрофильных химических лабораторий, они могут быть объединены единой вентиляционной системой.

2. Требуется обеспечение высокой скорости выпуска воздуха, поскольку это служит гарантией того, что выбросы не попадут в воздухозаборные отверстия и открытые окна.

3. Мощность воздуховода вытяжной системы должна преобладать над приточной. Таким способом достигается и поддерживается необходимое понижение давления.

4. В химической лаборатории, как правило, организовывается вентиляционная система с механическим побуждением.

5. Вытяжные вентиляторы лаборатории не должны отключаться системами пожарной сигнализации.

6. Система вентиляции должна быть снабжена контрольными приборами, посредством которых осуществляется проверка прохождения воздуха в вытяжных воздуховодах [64].

Расчет воздухообмена для очистки воздуха

Потребный воздухообмен определяется по формуле:

$$L = G * 1000 / X_H - 0,3 * X_B \text{ м}^3/\text{ч}$$

где

L , $\text{м}^3/\text{ч}$ – потребный воздухообмен;

G , $\text{г}/\text{ч}$ – количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения;

X_B , $\text{мг}/\text{м}^3$ – предельно допустимая концентрация вредности в воздухе рабочей зоны помещения, согласно ГОСТ 12.1.005-88 [67].

Применяется также понятие кратности воздухообмена (n), которая показывает сколько раз в течение одного часа воздух полностью сменяется в помещении. Значение $n < \lambda$ может быть достигнуто естественным воздухообменом без устройства механической вентиляции.

Кратность воздухообмена определяется по формуле:

$$n=L/V_n, \text{ ч}^{-1}$$

где

V_n – внутренний объем помещения, м³

Определим требуемую кратность воздухообмена в помещении, где работают 3 человека.

По методике определяем количество CO₂, выделяемой одним человеком $g = 23$ л/ч. По таблицам методики определяем допустимую концентрацию CO₂. Тогда $x_v = 1$ л/м³ и содержание CO₂ в наружном воздухе для малых городов $x_n = 0,4$ л/м³.

$$L(\text{CO}_2) = (23 \cdot 3) / (1 - 0,4) = 69 / 0,6 = 115 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Зная требуемый воздухообмен, определим кратность воздухообмена:

$$n(\text{CO}_2) = 115 / 432 = 0,26 \text{ ч}^{-1}$$

Согласно СП 2.2.1.1312-03 [68], кратность воздухообмена $n > 10$ недопустима. В данном случае кратность воздухообмена в норме.

6.1.1.5 Недостаточная освещенность рабочей зоны

В помещениях существует естественное и искусственное освещение. Освещение выполняет полезную общефизиологическую функцию, способствующую появлению благоприятного психологического состояния людей. С улучшением освещения улучшается работоспособность, качество работы, снижается утомляемость, вероятность ошибочных действий, травматизма, аварийности.

Освещение должно обеспечиваться коэффициентом естественного освещения (КЕО) не ниже 1,0 %.

Естественное и искусственное освещение в помещениях регламентируется нормами СНИП 23-05-95 [69] в зависимости от характера зрительной работы, системы и вида освещения, фона, контраста объекта с фоном.

Искусственное освещение применяется в случае недостаточности естественного освещения. Искусственное освещение подразделяется на общее и местное. При общем освещении светильники устанавливаются в верхней части помещения, что позволяет отключать их последовательно в зависимости от естественного освещения.

Выполнение таких работ, как, например, обработка документов, требует дополнительного местного освещения, концентрирующего световой поток непосредственно на орудие и предметы труда. Освещенность на поверхности пола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк.

Расчет искусственного освещения

Дано помещение с размерами: длина $A=12\text{м}$, ширина $B=6\text{м}$, высота $H=6\text{м}$. Высота рабочей поверхности $h_{\text{пр}}=0,8\text{м}$. Требуется создать освещенность $E=75\text{лк}$. Коэффициент отражения стен $R_c=10\%$, потолка $R_n=30\%$. Коэффициент запаса $k=1,4$, коэффициент неравномерности $Z=1,1$.

Рассчитаем систему общего люминесцентного освещения.

Выбираем светильники типа ОД, $\lambda=1,4$.

Приняв $h_c=0,5\text{м}$, получаем $h=6-0,5-0,8=4,7\text{м}$;

$$L=1,4*4,7=6,6\text{ м}; L/3=1,5\text{ м}.$$

Размещаем светильники в два ряда. В каждом ряду можно установить 8 светильников типа ОД мощностью 125 Вт (с длиной 1,23 м), при этом разрывы между светильниками в ряду составят 50 см. Учитывая, что в каждом светильнике установлено 2 лампы, общее число ламп в помещении $N=32$.

Находим индекс помещения:

$$i=72/[4,7(12+6)]=0,8.$$

Определяем коэффициент использования светового потока:

$$\eta = 0,39$$

$$\Phi = 75 \cdot 72 \cdot 1,4 \cdot 1,1/32 \cdot 0,39 = 6663 \text{ Лм.}$$

Определяем потребный световой поток ламп в каждом из рядов:

Выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛТБ 125 Вт с потоком 8150 лм.

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq 8150 - 6663 / 8150 \cdot 100\% \leq +20\%.$$

Получаем

$$-10\% \leq 18,2\% \leq +20\%.$$

Определяем электрическую мощность осветительной установки

$$P = 32 \cdot 125 = 4000 \text{ Вт.}$$

6.2 Экологическая безопасность

6.2.1 Вредные воздействия на окружающую среду и мероприятия по их снижению

Подготовка питьевой воды одним из основных приемов обработки, обеспечивающим ее надежное обеззараживание, а также позволяющим поддерживать санитарное состояние очистных сооружений, является хлорирование. Исследования последних лет показали, что в воде могут присутствовать токсичные летучие галогенорганические соединения (ЛГС) [70].

6.2.2 Источники загрязнения питьевых вод летучими хлорорганическими соединениями

Известны два возможных источника попадания ЛХС в питьевую воду:

1) В результате загрязнения источников водоснабжения промышленными сточными водами, содержащими ЛХС. При этом поверхностные источники водоснабжения, как правило, содержат небольшие количества ЛХС, так как в открытых водоемах активно идут процессы самоочищения; кроме того, ЛХС удаляются из воды путем поверхностной аэрации.

2) Образование ЛХС в процессе водоподготовки, в результате взаимодействия хлора с органическими веществами, присутствующими в исходной воде. К органическим веществам, ответственным за образование ЛХС, относятся оксосоединения, имеющие одну или несколько карбонильных групп, находящихся в орто- пара- положении, а также вещества, способные к образованию карбонильных соединений при изомеризации, окислении или гидролизе.

Основные концентрации ЛХС образуются на этапе первичного хлорирования воды при введении хлора в неочищенную воду. В хлорированной воде обнаружено свыше 20 различных ЛХС. Наиболее часто отмечается присутствие четыреххлористого углерода. При этом количество хлороформа обычно на 1-3 порядка превышает содержание других ЛХС, и в большинстве случаев концентрация их в питьевой воде выше установленного норматива в 2-8 раз. Процесс образования ЛХС при хлорировании воды сложный и продолжительный во времени. Существенное влияние на него оказывает содержание в исходной воде органических загрязнений, время контакта воды с хлором, доза хлора и рН воды.

Многочисленными исследованиями установлено, что летучие хлорорганические соединения, присутствующие в исходной воде и образовавшиеся при ее хлорировании, на сооружениях традиционного типа не задерживаются. Максимальная их концентрация отмечается в резервуаре чистой воды [70].

6.2.3 Мероприятия по снижению загрязняющих источников в питьевой воде

Существует два возможных направления уменьшения концентрации ЛХС в питьевой воде: предотвращение их образования при водоподготовке и удаление на заключительных этапах обработки воды. При отсутствии ЛХС в исходной воде целесообразно применять методы, предотвращающие

образование ЛХС в процессе очистки воды. Если ЛХС присутствуют в исходной воде, необходимо применять методы их удаления.

С целью предупреждения загрязнения источников питьевого водоснабжения ЛХС органам по регулированию использования и охраны вод и органам санитарно-эпидемиологической службы необходимо строго регламентировать и контролировать сброс в водоемы хозяйственно-бытовых, сельскохозяйственных и промышленных сточных вод, особенно сточных вод органических производств. В зонах санитарной охраны источников питьевого водоснабжения следует ограничить применение удобрений и ядохимикатов, содержащих хлорорганические соединения, и осуществлять постоянный контроль за их использованием [70].

В процессе использования источника водоснабжения необходимо осуществлять мероприятия:

1. Для предотвращения образования ЛХС в процессе водоподготовки необходимо изменить режим предварительного хлорирования воды, при этом концентрацию ЛХС в питьевой воде можно уменьшить на 15-30 % в зависимости от применяемого приема.

2. С целью сокращения времени контакта неочищенной воды с хлором предварительное обеззараживание воды следует проводить непосредственно на очистных сооружениях. Для этого хлор подается в воду после барабанных сеток или микрофильтров на входы воды в смеситель или после воздухоотделительной камеры.

3. Необходимо регулярно проводить анализ на содержание в воде свободного остаточного хлора. Отсутствие его гарантирует содержание хлороформа в питьевой воде на безопасном уровне (менее 60 мкг/л). При этом на 30-40 % уменьшается доза хлора, необходимая для обеззараживания воды.

4. При обеззараживании воды связанным хлором аммонизацию следует проводить до хлорирования или в крайнем случае одновременно с хлорированием.

5. Преаммонизацию целесообразно применять при транспортировании хлорированной неочищенной воды на большие расстояния с целью пролонгирования обеззараживающего действия хлора и уменьшения образования в воде ЛХС [70].

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

О несчастном случае пострадавший или очевидец обязан немедленно поставить в известность начальника лаборатории, который должен организовать первую помощь пострадавшему и вызвать врача.

При работе в химической лаборатории наиболее вероятны следующие виды повреждений:

- отравления,
- ранения,
- ожоги.

6.3.1 Помощь при отравлениях

1. Если кислота или щелочь, случайно, будет пролита, ее вначале засыпают песком, чтобы он их впитал. Затем песок убирают и место, где была разлита кислота, щелочь засыпают известью или содой, а после замывают водой и насухо вытирают.

2. При химическом ожоге пораженное место сразу же промыть большим количеством проточной холодной воды из под крана, из резинового шланга или ведра в течение 15-20 мин. Если кислота или щелочь попала на кожу через одежду, то сначала надо смыть ее водой с одежды, после чего промыть кожу.

3. При попадании на тело человека серной кислоты в виде твердого вещества необходимо удалить ее сухой ватой или кусочком ткани, а затем пораженное место тщательно промыть водой. При химическом ожоге полностью смыть химические вещества водой не удастся. Поэтому после промывания пораженное место обрабатывают раствором пищевой соды (одна чайная ложка на стакан воды).

4. При попадании брызг щелочи или паров в глаза и полость рта необходимо промыть пораженные места большим количеством воды, а затем раствором борной кислоты (0,5 чайной ложки кислоты на стакан воды).

5. При попадании кислоты или щелочи в пищевод срочно вызвать врача скорой помощи. Нельзя промывать желудок водой. Хороший эффект дает прием внутрь молока, яичного белка, растительного масла, растворенного крахмала [64].

6.3.2 Помощь при ранениях (порезах)

Необходимо в первую очередь удалить из раны осколки, остановить кровотечение, промыть рану 2%-ным раствором перманганата калия или спиртом и забинтовать. В случае загрязнения раны ее следует обработать пероксидом водорода. При обильном кровотечении из раны на конечности необходимо выше раны наложить давящую повязку, кровотечение из ран на других частях тела останавливают тугим перевязыванием раны стерильной марлей. При сильном кровотечении необходимо вызвать врача [64].

6.3.3 Помощь при ожогах

Ожоги делятся на термические и химические. Причиной термических ожогов могут быть прикосновение незащищенными руками к раскаленным или сильно нагретым предметам лабораторного оборудования, воспламенение легковоспламеняющихся или горючих жидкостей [64].

Химические ожоги возникают от действия на кожу различных химических веществ, главным образом кислот и щелочей.

Первая помощь при термических ожогах:

1. Первая степень (краснота): обожженное место присыпать двууглекислым натрием, крахмалом или тальком. Наложить вату, смоченную этиловым спиртом. Повторять смачивание.

2. Вторая степень (пузыри): обработать 3-5%-ным раствором марганцовокислого калия, соды или 5%-ным раствором таннина. Смачивание этиловым спиртом.

3. Третья степень (разрушение тканей): покрыть рану стерильной повязкой, срочно вызвать врача.

Первая помощь при химических ожогах:

1. Кислотами, хлороформом: промыть ожог большим количеством воды затем 5%-ным раствором бикарбоната натрия или 2%-ным раствором соды.

2. Щелочами: промыть обильно водой, затем 2%-ным раствором уксусной кислоты.

3. Бромом: быстро смыть несколькими порциями этилового спирта, смазать пораженное место мазью от ожогов.

4. Ожоги глаз: промыть глаза большим количеством проточной воды. При ожоге кислотами промывание производить 3%-ным раствором бикарбоната натрия, при ожоге щелочами 2%-ным раствором борной кислоты [64].

Заключение

По результатам проведенных исследований была проведена оценка качества питьевой воды на фоне внедрения технологии метода аммонизации.

Специалистами службы эксплуатации ВОС ООО «Анжерский водоканал» проведены лабораторные испытания влияния метода хлораммонизации на процесс обеззараживания воды.

Из полученных данных можно сделать следующий вывод. Хлораммонизация обеспечивает консервацию остаточного хлора, что обеспечивает стабильное его содержание в резервуарах чистой воды, протяженных водоводах и конечных точках водопроводных сетей. Это в свою очередь повлечет за собой уменьшение биообрастания трубопроводов и сооружений, снижает загрязнение воды продуктами жизнедеятельности микроорганизмов, что в конечном итоге обеспечивает санитарно-эпидемиологическую безопасность воды.

Вследствие стабилизации содержания остаточного хлора в обработанной воде, для обеспечения нормативного его содержания требуются меньшие дозы хлорреагента нежели при классическом хлорировании, когда значительная часть свободного хлора просто улетучивается, либо идет на образование вредных хлорорганических соединений.

Из приведенного выше анализа следует, что внедрение метода хлораммонизации обеспечит:

- пролонгацию обеззараживающего действия хлорреагента;
- экономию хлорреагента ~30%;
- снижение затрат на транспортировку хлорреагента;
- уменьшение коррозии стальных водоводов;
- снижения содержания канцерогенных веществ при хлорировании (хлороформа и других видов тригалогенметанов).

Данный метод успешно применяется на водоочистных сооружениях г.г. Москва, Кемерово, Екатеринбург, Тюмень и др.

Список использованной литературы

1. ГОСТ Р 52109 – 2003 «Вода питьевая, расфасованная в емкости» - Москва: Изд-во госстандарт, 2003. – 3 с.
2. Водные товары Амила [Электронный ресурс] – 2009 – Режим доступа: <http://voda-pribor.ru/?id=52> (дата обращения 28.04.2016).
3. Вода. Основные понятия. Источники водоснабжения [Электронный ресурс] – 2010 – Режим доступа: <http://www.termoshop.ru/articles/11> (дата обращения 30.05.2016).
4. Медиана фильтр [Электронный ресурс] – 2010 – Режим доступа: <http://www.mediana-filter.ru/st8.html> (дата обращения 28.04.2016).
5. Экология и жизнь [Электронный ресурс] – 2016 – Режим доступа: <http://www.exposen.ru/okidirs-540-1.html> (дата обращения 28.04.2016).
6. ГОСТ 2874-82-1985 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством» - Москва: Изд-во стандартов, 1985. – 2 с.
7. ГОСТ 2761-84 – 2006 «Источники централизованного хозяйственно – питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора» - Москва: Изд-во стандартиформ, 2006. – 2 с.
8. СанПиН 42-121-4130-88 «Санитарные нормы предельно – допустимого содержания вредных веществ в воде водных объектов хозяйственно – питьевого и культурно – бытового использования».
9. СанПин 4630-88 «Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения».
10. Федеральный закон «Водный кодекс Российской Федерации» (с последующими изменениями от 28 ноября 2015 года).
11. ОчистиВоду.ру [Электронный ресурс] – 2012 – Режим доступа: <http://ochistivodu.ru/laboratornye-metody-analiza-vody/kachestvennye-kriterii-pitevoi-vody> (дата обращения 29.04.2016).
12. Бурение скважин на воду [Электронный ресурс] – 2009 – Режим доступа: <http://byrim.com/ochistka-vody/kachestvo-vody.html> (дата обращения 29.04.2016).

13. Технологический регламент очистных сооружений канализации г. Анжеро-Судженска Кемеровской области – Анжеро-Судженск: «СУ Росводоканал» - 1993г. – 178 с.

14. Методы водоподготовки [Электронный ресурс] – 2003 – Режим доступа: <http://vodopodgotovka-vodi.ru/vodopodgotovka/metody-vodopodgotovki> (дата обращения 26.04.2016).

15. ГОСТ 30812 – 2002 «Вода и водоподготовка» - Минск: Изд-во официальное, 2002. – 55 с.

16. ГОСТ Р 51592 – 2000 «Вода. Общие требования к отбору проб» - Москва: Изд-во стандартиформ, 2008. – 250 с.

17. ГОСТ Р 51593 – 2000 «Вода. Отбор проб» - Москва: Изд-во стандартиформ, 2008. – 297 с.

18. ГОСТ 17.1.5.05-85 – 1985 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков» - Москва: Изд-во стандартов, 1986. – 305 с.

19. ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97 – 1997 «Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений биохимической потребности в кислороде после n-дней инкубации (БПКполн.) в поверхностных пресных, подземных (грунтовых), питьевых, сточных и очищенных сточных водах» - Москва: Изд-во стандартов, 2004. – 2 с.

20. ПНД Ф 14.1:2:4.139-98 – 1998 «Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовых концентраций железа, кобальта, марганца, меди, никеля, серебра, хрома и цинка в пробах питьевых, природных и сточных вод методом атомно-абсорбционной спектроскопии» - Москва: Изд-во стандартов, 2010. – 1 с.

21. ГОСТ Р 52247 – 2004 «Нефть. Методы определения хлорорганических соединений» - Москва: Изд-во госстандарт, 2005. – 102 с.

22. ГОСТ 18963-73 – 2008 «Вода питьевая. Методы санитарно-бактериологического анализа» - Москва: Изд-во стандартиформ, 2008. – 868 с.

23. Медицинский портал. Медицина от А до Я [Электронный ресурс] – 2014 – Режим доступа: http://xn--80ahc0abogjs.com/gigiena-sanepidkontrol_733/spetsialnyie-metodyi-obrabotki.html (дата обращения 01.05.2016).

24. Инструкция по обеззараживанию питьевой воды и очищенных сточных вод [Электронный ресурс] – 2004 – Режим доступа: <http://ecovod.ru/novosti/instruktsiya-po-obezzarazhivaniyu-pitevoy-vodyi-i-ochischennyih-stochnyih-vod> (дата обращения 01.05.2016).

25. Технологическая экологическая компания Орлова [Электронный ресурс] – 2010 – Режим доступа: <http://www.tekonet.ru/water/primtech/xloramm/> (дата обращения 02.05.2016).

26. Технический отчет по внедрению метода аммонизации на водоочистных сооружениях ООО «Анжерский водоканал» г. Анжеро-Судженск – 2010г.

27. ГОСТ 9097-82 – 1985 «Сульфат аммония. Технические условия» - Москва: Изд-во стандартиформ, 2006. – 3 с.

28. Водоснабжение и санитарная техника [Электронный ресурс] – 1999 – Режим доступа: <http://www.vstmag.ru/component/tag/хлораммонизация> (дата обращения 01.05.2016).

29. Водоснабжение и санитарная техника [Электронный ресурс] – 1999 – Режим доступа: <http://www.vstmag.ru/archives-all/2010/2010-1/215-podgotovka-vodi-n-n> (дата обращения 01.05.2016).

30. Физико-географическая характеристика г. Анжеро-Судженска и его окрестностей учебное пособие / И.Л.Мершина – Анжеро-Судженск, 2001 – 13 с.

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

32. СНиП 2.04.02-84 – 2000 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения (с Изменением №1)»

33. ГОСТ 28498-90 – 1990 «Термометры жидкостные стеклянные. Общие технические требования. Методы испытаний» - Москва: Изд-во стандартиформ, 2007. - 2 с.

34. ЦВ 1.01.17 – 2004 «Качество воды. Методика выполнения измерений содержания свободной углекислоты в пробах питьевых и природных вод. Титриметрический метод» - Санкт-Петербург: Изд-во госстандарт, 2005.

35. ГОСТ 3351-74 – 1975 «Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности» - Москва: Изд-во стандартов, 2003. – 324 с.

36. ПНД Ф 14.1:2:4.254 – 2009 «Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовых концентраций взвешенных веществ и прокаленных взвешенных веществ в пробах питьевых, природных и сточных вод гравиметрическим методом» - Москва: Изд-во стандартов, 2012. – 115 с.

37. ПНД Ф 14.1:2:4.261 – 2010 «Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации сухого и прокаленного остатков в пробах питьевых, природных и сточных вод гравиметрическим методом» - Москва: Изд-во стандартов, 2015. – 7 с.

38. ГОСТ Р 52964 – 2008 «Вода питьевая. Методы определения содержания сульфатов» - Москва: Изд-во стандартиформ, 2011. – 6 с.

39. ГОСТ 4245-72 – 1974 «Вода питьевая. Методы определения содержания хлоридов» - Москва: Изд-во стандартиформ, 2010. – 491 с.

40. ГОСТ 4974-72 – 1974 «Вода питьевая. Методы определения содержания марганца» - Москва: Изд-во стандартиформ, 2010. – 546 с.

41. ПНД Ф 14.1:2.50 – 1996 «Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации общего железа в природных и сточных водах фотометрическим методом с сульфосалициловой кислотой» - Москва: Изд-во стандартов, 2004. – 8 с.

42. ГОСТ Р 52963 – 2008 «Вода. Методы определения щелочности и массовой концентрации карбонатов и гидрокарбонатов» - Москва: Изд-во стандартиформ, 2009. – 112 с.

43. ГОСТ 31865 – 2012 «Вода. Единица жесткости» - Москва: Изд-во стандартиформ, 2013. – 1 с.
44. ГОСТ Р 52407 – 2005 «Вода питьевая. Методы определения жесткости» - Москва: Изд-во стандартиформ, 2007. – 340 с.
45. ПНД Ф 14.1:2:4.227 – 2013 «Методика измерений массовых концентраций азота органического методом кьельдаля в питьевых, природных и сточных водах» - Москва: Изд-во стандартиформ, 2013. – 10 с.
46. ГОСТ 18309 – 2014 «Вода. Методы определения фосфосодержащих веществ» - Москва: Изд-во стандартиформ, 2015. – 11 с.
47. ГОСТ 31861 – 2012 «Вода. Общие требования к отбору проб» - Москва: Изд-во стандартиформ, 2013. – 1 с.
48. ГОСТ 31862 – 2012 «Вода питьевая. Отбор проб» - Москва: Изд-во стандартиформ, 2013. – 4 с.
49. ГОСТ 55684 – 2013 «Вода питьевая. Метод определения перманганатной окисляемости» - Москва: Изд-во стандартиформ, 2014. – 11 с.
50. ПНД Ф 14.1:2:4.178 – 2002 «Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации сульфидов, гидросульфидов и сероводорода в пробах питьевых, природных и сточных вод фотометрическим методом» - Москва: Изд-во стандартиформ, 2010. – 10 с.
51. ГОСТ 4386-81 «Вода питьевая. Методы определения концентрации фтора» - Москва: Изд-во стандартиформ, 2010. – 121 с.
52. МУК 4.1.1090-02 «Определение йода в воде» - 2002 г.
53. ГОСТ 51309 – 1999 «Вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектроскопии» - Москва: Изд-во госстандарт, 2006. – 431 с.
54. ГОСТ 24849 – 1981 «Вода питьевая. Полевые методы санитарно-микробиологического анализа» - Москва: Изд-во стандартиформ, 2010. – 894 с.
55. ГОСТ 18190 – 1972 «Вода питьевая. Методы определения содержания остаточного активного хлора» - Москва: Изд-во стандартиформ, 2009. – 354 с.

56. Техническое задание на производство работ по разработке технологической схемы и проведению пуско-наладочных работ по внедрению метода аммонизации на очистных сооружениях водопровода (ОВС) «ООО Анжерский водоканал» г. Анжеро-Судженск.

57. Государственные элементные сметные нормы на пусконаладочные работы. Сборник №9 Сооружения водоснабжения и канализации/ г. Анжеро-Судженск – 2001 г. – 272 с.

58. ФЕРп 81-04-09 – 2001 «Федеральные единичные расценки на пусконаладочные работы. Сборник №9. Сооружения водоснабжения и канализации».

59. Справочник базовых цен на проектные работы г. Новокузнецк – Изд-во 2002 г.

60. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 года №7 ФЗ (с последующими изменениями от 29 декабря 2015 года).

61. ГОСТ 12.0.003 – 1974 «Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» - Москва: Изд-во стандартов, 1983. – 2 с.

62. ГОСТ 12.1.013 – 1978 «Система стандартов безопасности труда. Строительство. Электробезопасность. Общие требования» - Москва: Изд-во стандартов, 1980. – 192 с.

63. ГОСТ 12.1.019 – 1979 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» - Москва: Изд-во стандартов, 2000. – 3 с.

64. Инструкция по охране для работников химико-бактериологической лаборатории.

65. ГОСТ 12.1.004 – 1991 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования» - Москва: Изд-во стандартиформ, 2006. – 8 с.

66. ГОСТ 12.4.009 – 1983 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание» - Москва: Изд-во стандартов, 2005. – 3 с.

67. ГОСТ 12.1.005 – 1988 «Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» - Москва: Изд-во стандартиформ, 2008. – 5 с.

68. СП 2.2.1.1312-03 «О введении в действие санитарно-эпидемиологических правил».

69. СНиП 23-05-95 – 1996 «Естественное и искусственное освещение».

70. Руководство на технологию подготовки питьевой воды, обеспечивающую выполнение гигиенических требований в отношении хлорорганических соединений.