

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

Институт инженерной и экологической безопасности  
(наименование института полностью)

Департамент бакалавриата  
(наименование)

20.04.01 Техносферная безопасность  
(код и наименование направления подготовки)

Аудит комплексной безопасности в промышленности  
(направленность (профиль))

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему Совершенствование системы производственной безопасности в цехе  
очистных сооружений канализации ООО «АВК»

Студент

Д.Ю. Щербатов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный  
руководитель

к.т.н., доцент П.Н. Шенбергер

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультант

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

## Содержание

Введение.....	3
Перечень сокращений и обозначений.....	9
1 Информационно-аналитический обзор требований, предъявляемых к деятельности организаций, занимающихся очисткой воды .....	10
1.1 Анализ нормативно-правовых документов, регулирующих деятельность организаций, занимающихся очисткой воды .....	17
1.2 Анализ эффективности действующей системы промышленной безопасности в ООО «АВК» .....	19
2 Анализ возможных причин несчастных случаев, аварий и инцидентов при использовании хлора.....	32
2.1 Анализ возможных причин несчастных случаев, аварий и инцидентов при использовании хлора в водоподготовке.....	32
2.2 Анализ возможных причин несчастных случаев, аварий и инцидентов на опасном производственном объекте «Склад хлора» цеха ОСК ООО «АВК» .....	35
3 Результаты проведенных теоретических и экспериментальных исследований, формирование выводов и рекомендаций .....	44
3.1 Проведение теоретических и экспериментальных исследований .....	44
3.2 Описание технического устройства, повышающего уровень производственной безопасности на ОПО.....	57
Заключение .....	65
Список используемых источников.....	66

## Введение

На сегодняшний день производственный контроль на опасных технических объектах достигается путем проведения необходимых мероприятий согласно требованиям нормативно-технической документации, с осуществлением обучения ответственных лиц и последующей аттестации их в территориальных органах Ростехнадзора, создания комиссий по проверке знаний рабочего персонала, проведения экспертизы промышленной безопасности ТУ и много другого. Со стороны контролирующих служб заметны изменения в законодательстве, направленные на улучшение и акцентирование внимания в вопросе обеспечения безопасности. «Согласно предварительной статистике Ростехнадзора, в 2017 году количество аварий на опасных производственных объектах уменьшилось со 175 до 150 (на 14,3%), а несчастных случаев со смертельным исходом со 177 до 165 (7%)» [33]. Статистика показывает положительную тенденцию повышения уровня безопасности, а значит все мероприятия являются действенными. Однако полностью исключить возникновения аварий и инцидентов, несчастных случаев на производстве не удастся.

Вода – это один из ключевых ресурсов, используемых не только в повседневной жизни, но и в промышленности. Тольятти - яркий пример города, добывающего сырье для поддержания функционирования разных отраслей промышленности, таких как производство азота, производства минеральных удобрений, машиностроение.

**Актуальность и научная значимость настоящего исследования** заключается в том, что миссией ООО «АВК» является обеспечение надежного и качественного водоснабжения и водоотведения населения и юридических лиц. Характер и масштабы деятельности ООО «АВК» определяются пониманием своей ответственности за обеспечение безаварийной производственной деятельности, безопасных условий труда

работников, сохранность здоровья населения и безопасность будущих поколений.

Стратегическими целями ООО «АВК», определяемыми задачами обеспечения безопасности, являются:

- повышение культуры устойчивой безопасности;
- создание здоровых и безопасных условий труда на всех рабочих местах;
- стремление к отсутствию производственного травматизма и профессиональных заболеваний; стремление к отсутствию аварий и инцидентов;
- обеспечение надежной работы опасных производственных объектов.

Для достижения указанных целей Общество берет на себя следующие обязательства:

- соблюдать требования международного, федерального и регионального законодательства, а также иные требования в области ПБ и ОТ;
- принимать меры по предотвращению производственного травматизма, профессиональных заболеваний, аварий и инцидентов;
- проводить консультации с работниками по вопросам обеспечения ПБ и ОТ;
- обеспечивать эффективное функционирование и непрерывное совершенствование системы управления ПБ и ОТ;
- обеспечивать соблюдение приоритетности планируемых и реализуемых действий и мер, направленных на предотвращение негативного воздействия факторов производства на население перед мерами по ликвидации последствий такого воздействия;
- осуществлять управление и снижение рисков в области ПБ и ОТ;
- обеспечивать внедрение научных разработок, технологий и методов управления ПБ и ОТ;

- привлекать руководителей и работников к активному участию в деятельности по повышению уровня ПБ и ОТ;
- постоянно повышать уровень знаний и компетентности в области ПБ и ОТ;
- осуществлять контроль за соблюдением требований ПБ и ОТ на производстве;
- требовать от третьих лиц, осуществляющих деятельность на объектах ООО «АВК», соблюдения стандартов и норм в области ПБ и ОТ.

Увеличению риска возникновения аварий и инцидентов, последствия которых могут привести к возникновению несчастных случаев, а их воздействия негативно сказаться на всей экосистеме и здоровье людей, способствует эксплуатация устаревшего оборудования в технологических процессах ООО «АВК».

Задача совершенствования системы производственной безопасности в цехе очистных сооружений ООО «АВК», определяемая риском возникновения возможных аварий, позволила охарактеризовать ее как актуальную проблему настоящего исследования.

**Объект исследования:** система производственной безопасности в цехе очистных сооружений.

**Предмет исследования:** опасный производственный объект «Склад хлора» цеха ОСК ООО «АВК».

**Цель исследования:** повышение уровня производственной безопасности на объекте – цех очистных сооружений канализации ООО «АВК».

**Гипотеза исследования** состоит в том, что совершенствовать имеющуюся систему производственной безопасности возможно, если:

- провести анализ действующей системы производственной безопасности в ООО «АВК»;
- определить возможные причины возникновения аварий на опасном производственном объекте «Склад хлора»;

– провести анализ теоретических и экспериментальных исследований причин возникновения аварий на опасном производственном объекте «Склад хлора»;

– ознакомиться с техническими решениями, направленными на совершенствование производственной безопасности.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Провести информационно-аналитический обзор требований. Предъявляемых к деятельности организаций, занимающихся очисткой воды.

2. Выполнить анализ возможных причин несчастных случаев. Аварий и инцидентов при использовании хлора.

3. Получить результаты проведенных теоретических и экспериментальных исследований, сформировать выводы и рекомендации.

**Теоретико-методологическую основу исследования** составили нормативно-правовые акты Российской Федерации, локальные нормативные акты ООО «АВК», описание технического процесса очистки воды и консультации специалистов ООО «АВК».

**Базовыми для настоящего исследования явились также:** научные статьи российских и зарубежных авторов, описания патентов.

**Методы исследования:** при проведении данного диссертационного исследования были использованы такие методы исследования как информационный обзор теоретической и практической информации по объекту исследования, анализ действующих методов промышленной безопасности, выявление и анализ альтернативных методов очистки воды, анализ их положительных сторон и недостатков.

**Опытно-экспериментальная база исследования** подтверждается ссылками на научные труды российских и зарубежных авторов, нормативно-правовую документацию, а также материалы реального технологического процесса очистки воды.

**Научная новизна исследования** заключается в разработке мероприятий по совершенствованию системы производственной безопасности в цехе очистных сооружений канализации, позволяющих минимизировать риски возникновения аварий и инцидентов на территории ОПО «Склад хлора» при использовании хлора и его неконтролируемой утечки, на основе внедрения технического устройства «Камеры для локализации разгерметизированного стандартного контейнера с жидким хлором» [33].

**Теоретическая значимость исследования** заключается в том, что полученные результаты исследования можно использовать в качестве теоретической базы для повышения уровня производственной безопасности на очистных сооружениях, а также, для совершенствования существующих на предприятии методик.

**Практическая значимость исследования** заключается в том, что предложенный способ совершенствования системы промышленной безопасности может быть взят за основу мероприятий по производственной безопасности организаций, занимающихся очисткой воды хлорированием и имеющих в своем составе опасный производственный объект «Склад хлора», а также организаций, занимающихся транспортировкой емкостей с хлором.

**Достоверность и обоснованность результатов исследования** обеспечивались использованием тематической научной литературы, нормативно-правовой базы по теме исследования, специализированных пособий, выдержек из научных статей, описаний патентов и научных журналов.

**Личное участие автора** в организации и проведении исследования состоит в осуществлении информационно-аналитического обзора научной литературы и нормативно-правовых документов в области промышленной безопасности, проведении анализа действующей системы управления промышленной безопасностью в цехе ОСК ООО «АВК», осуществлении анализа альтернативных методов очистки воды и формировании заключения

о целесообразности реконструкции действующего производства, а так же предложении внедрения технического устройства для минимизации последствий аварий и инцидентов на опасном производственном объекте «Склад хлора» цеха ОСК.

**Апробация и внедрение результатов работы** велись в течение всего исследования. Его результаты описаны в научной статье «Анализ действующей системы промышленной безопасности на опасном производственном объекте «склад хлора» и разработка технического метода повышения уровня техносферной безопасности» научного журнала «Студенческий электронный научный журнал 2020» № 11(97). URL: <https://sibac.info/journal/student/97/172858>.

**На защиту выносятся:**

1. Результаты анализа действующей системы управления промышленной безопасностью в цехе ОСК ООО «АВК» с определением потенциальных рисков возникновения аварий и инцидентов.

2. Результаты анализа альтернативных методов очистки воды, а также заключение о целесообразности реконструкции действующего производства.

3. Предложение по внедрению технического устройства для минимизации последствий аварий и инцидентов на опасном производственном объекте «Склад хлора» цеха ОСК.

**Структура магистерской диссертации.** Работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, содержит 13 рисунков, 1 таблицу, список использованной литературы (35 источников). Основной текст работы изложен на 71 странице.

## Перечень сокращений и обозначений

В данной магистерской диссертации используются следующие сокращения и обозначения:

ОПО – опасных производственный объект

ООО «АВК» - Общество с ограниченной ответственностью «АВТОГРАД-ВОДОКАНАЛ»

Цех ОСК - цех очистных сооружений канализации

ЧС – чрезвычайная ситуация

ПМЛА – план мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий

ПЛАС – план локализации и ликвидации аварийных ситуаций

НАСФ – нештатное аварийно-спасательное формирование

ВИК – визуальный и измерительный контроль

ЭПБ – экспертиза промышленной безопасности

ГРУ – газорегуляторная установка

ТУ – техническое устройство

ГПМ – грузоподъемные механизмы

ЛХС – летучие хлорорганические соединения

ТГМ – тригалогенметан

ПДК – предельно допустимая концентрация

## **1 Информационно-аналитический обзор требований, предъявляемых к деятельности организаций, занимающихся очисткой воды**

Вода – это основополагающий ресурс не только для жизнедеятельности организмов, но и функционировании предприятий в целом. Трудно представить предприятия, в деятельности которых не используется вода. В городе Тольятти промышленными гигантами в своих отраслях промышленности являются ПАО «АВТОВАЗ», ПАО «Куйбышев Азот», ПАО «Тольяттиазот».

Организацией, занимающейся водоподготовкой и водоотведением в городе Тольятти является ООО «АВК». Данное предприятие в своей деятельности использует химический способ очистки воды хлорированием. Внешний вид очистных сооружений ООО «АВК» представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 - Внешний вид очистных сооружений ООО «АВК»

Метод хлорирования воды был открыт в середине позапрошлого столетия. Шведский химик Карл Вильгельм Шееле открыл хлор в 1774 году и обнаружил, что при взаимодействии с пожелтевшими тканями из растительных волокон (хлопок, лен) они приобретают белизну.

Хлор в технологии очистки воды стали применять благодаря его уникальным окислительным и дезинфицирующим свойствам, что дает возможность влиять на органолептические показатели питьевой воды, такие как вкус и запах. В 1846 году в одном из венских госпиталей применили ополаскивание рук той самой «хлорной водой». После этого, хлор начали применять как дезинфицирующее средство.

В последствии хлор стали применять при очистке воды, так как заметили, что хлор эффективен в борьбе с заразными болезнями, такими как холера, распространяющимися с питьевой водой. Метод очистки воды хлорированием оказался самым простым и дешевым, поэтому он и получил применение по всему миру. Хлорирование является единственным способом, обеспечивающим контроль за содержанием микроорганизмов в питьевой воде в любой точке распределительной системы благодаря эффекту последствия хлора.

Научно доказано, что все хлорные соединения способны образовывать тригалометаны природного происхождения, такие как дихлорбромметан, хлороформ и дибромхлорметан. Их концентрация снижается на этапе очистки воды от органических соединений и ПДК хлорных соединений не превышает установленные пределы.

В технологическом процессе хлорирования питьевой воды применяются жидкий или газообразный хлор. В качестве альтернативы так же применяют гипохлорит кальция и натрия. На территорию промышленных площадок станций водоподготовки хлор завозится в специализированных контейнерах. Из жидкого состояния хлора получают газообразное путем его испарения в змеевиковых испарителях. Внешний вид ОПО «Склад хлора» цеха ОСК представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 - Внешний вид ОПО «Склад хлора» цеха ОСК

При смешивании хлора с водой образуется соляная и хлорноватистая кислота. В результате реакции хлорноватистая кислота диссоциирует и образуются ионы гипохлорита, обладающие бактерицидными свойствами. Хлорноватистая кислота обладает более мощными бактерицидными свойствами, чем гипохлорит и зависит от щелочности в получаемом растворе. Благодаря своим окислительным свойствам, хлорноватистая кислота и гипохлорит, они быстро проходят через оболочку клетки и оказывают губительное влияние на внутриклеточное вещество, что приводит к распаду клеточной структуры и нарушению жизнедеятельности микроорганизмов. Схема хлорирования воды газообразным хлором показана на рисунке 3.

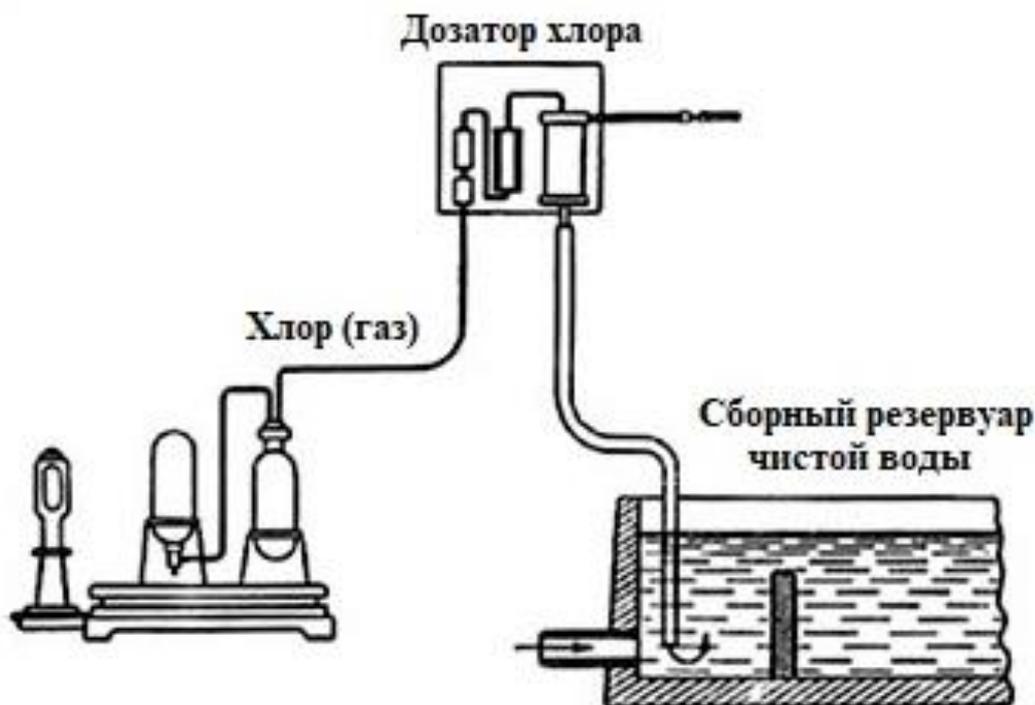


Рисунок 3 – Схема хлорирования воды газообразным хлором [2]

Газообразный хлор подается под большим давлением в среде азота из емкостей с хлором в дозатор хлора по трубопроводам. В свою очередь дозатор хлора подает газообразный хлор в сборный резервуар чистой воды. Подобная конструкция в случае возникновения аварии позволяет быстро локализовать и нейтрализовать хлор.

Хлорирование воды жидким хлором заключается в его подаче из баллонов в промежуточный баллон, после чего распределительная система перекачивает смесь газа и питьевой воды по трубопроводу. Схема хлорирования воды жидким хлором показана на рисунке 4.

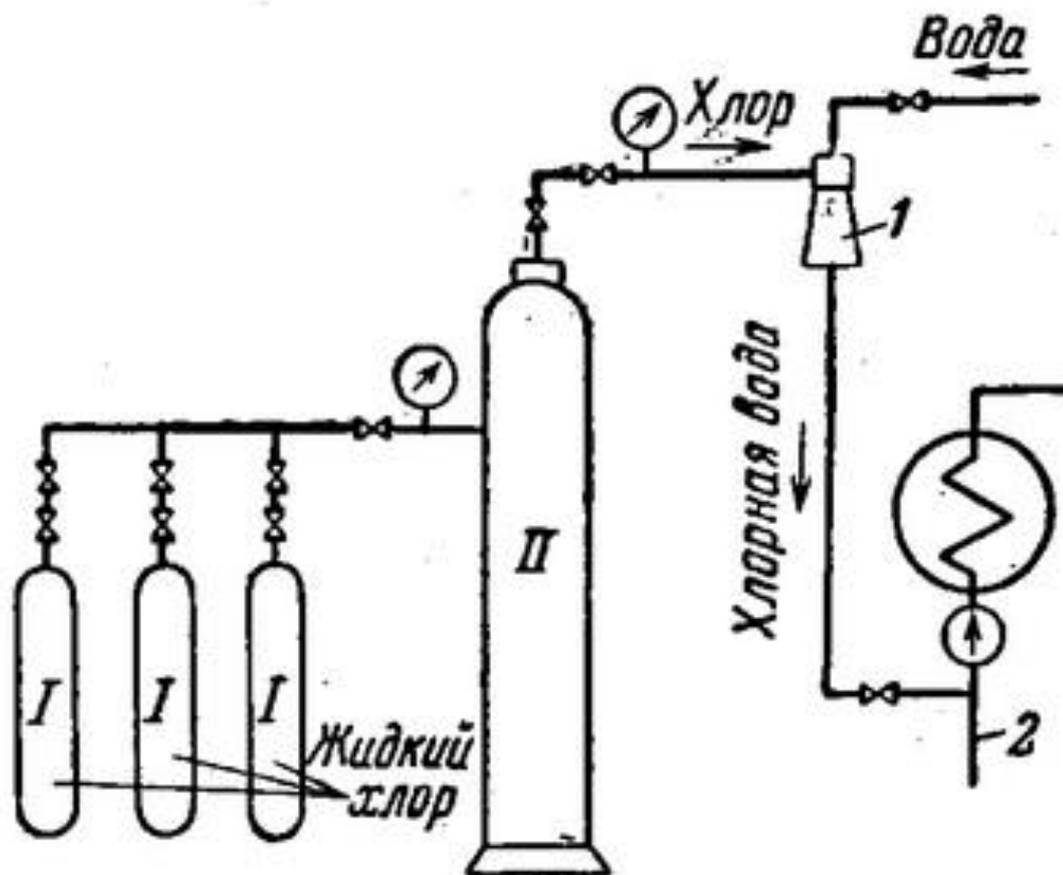


Рисунок 4 - Схема хлорирования воды жидким хлором [2]

Методы обеззараживания воды при помощи соединений хлора подразделяют на две группы в зависимости от исходного состава воды – прехлорирование и постхлорирование.

Целью прехлорирования является понижение концентрации тригалометанов природного происхождения и удаление органических соединений. Дехлорирование на данном этапе не осуществляется. Завершающей стадией водоподготовки является постхлорирование воды. На данном этапе при необходимости существует возможность увеличить дозу хлора до 1,0 – 10,0 мг/л, в зависимости от бактериальных загрязнений. Избытки хлора удаляют дехлорированием или аэрацией.

В ООО «АВК» выделено специальное структурное подразделение «Центр аналитического контроля качества воды», занимающееся отбором

проб питьевой воды для определения количества остаточного хлора и определения химического состава воды в целом.

Работу данного структурного подразделения регламентируют различные стандарты, такие как:

– ISO 7393-1:1985 «Качество воды. Определение содержания свободного хлора и общего хлора. Часть 1. Титриметрический метод с применением N, N-диэтил-1, 4-фенилендиамина». Данный стандарт устанавливает титриметрический метод определения свободного хлора и общего хлора в воде. Метод применим для концентраций общего хлора в пересчете на хлор (Cl<sub>2</sub>) от 0,0004 до 0,07 ммоль/л (0,03 – 5 мг/л), а при более высоких концентрациях – посредством разбавления проб.

– МУК 4.1.965-99 «Определение концентрации остаточного свободного хлора в питьевой и пресной природной воде хемиллюминесцентным методом». Методические указания устанавливают методику хемиллюминесцентного количественного химического анализа воды централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения для определения в ней содержания остаточного свободного хлора в диапазоне концентраций от 0,01-2,0 мг/дм<sup>3</sup>. Измерение концентрации активного свободного хлора основано на его способности инициировать хемиллюминесценцию люминола в щелочной среде, интенсивность которой пропорциональна его концентрации в анализируемой пробе. Концентрирование активного свободного хлора из воды не осуществляют. Нижний предел измерения 0,0001 мкг.

– ГОСТ 18190-72 «Вода питьевая. Методы определения содержания остаточного активного хлора». Данный стандарт распространяется на питьевую воду и устанавливает методы определений содержания остаточного активного хлора: йодометрический метод, метод определения свободного остаточного хлора титрованием метиловым оранжевым, метод отдельного определения свободного монохлорамина и дихлорамина по методу Пейлина.

– ISO 7393-2:1985 ««Качество воды. Определение содержания свободного хлора и общего хлора. Часть 2. Колориметрический метод с использованием N, N-диэтил-1, 4-фенилендиамина для повседневного контроля». Данный стандарт устанавливает метод определения содержания свободного хлора и общего хлора в воде, пригодный для применения в полевых условиях. Метод применяют при концентрации хлора между 0,03 и 5 мг/л.

Данным подразделением применяются экспресс-анализаторы хлора в питьевой воде. К ним можно отнести индикаторные тест-полоски. Принцип работы тест-полосок заключается в их погружении в специально отобранную воду. Тест-полоска меняет свой цвет в зависимости от содержания остаточного хлора в образце, а также содержание различных загрязняющих вредных примесей. Далее результаты сравнивают с калиброванной цветной панелью. Но в промышленных масштабах организации водоочистки данный способ не используют, так как погрешность измерений при помощи тест-полосок  $\pm 30\%$ .

Более чувствительными приборами для определения содержания загрязняющих вредных примесей и хлора в образцах воды являются колориметрические наборы (тест-боксы), принцип работы которых основан на изменении цвета раствора воды и реагентного теста. Погрешность при использовании таких тест-боксов снижается до 15%.

В промышленных масштабах применяются более точные и современные приборы, называемые фотометры. Фотометры бывают кюветные и реагентные. Принцип работы фотометров основан на приготовлении раствора образца воды и специальных реактивов. Прибор автоматически вычисляет содержание вредных примесей, в том числе содержание остаточного хлора. Определение содержания вредных веществ в питьевой воде с помощью фотометра занимает всего 2-3 минуты, в то время как классический метод требует 20-30 минут.

Помимо фотометров при определении количества хлора в воде используются автоматические анализаторы хлора.

Преимуществами метода очистки воды хлорированием являются его простота, эффективность, предотвращение роста водорослей, «попутное» удаление неприятного запаха и привкуса, а также высокая экономичность. Но из-за возможности возникновения потенциальной угрозы здоровью человека в случае утечки хлора к данному методу предъявляются повышенные требования к условиям перевозки и хранения хлора, а также существует необходимость соблюдения строгих мер безопасности.

### **1.1. Анализ нормативно-правовых документов, регулирующих деятельность организаций, занимающихся очисткой воды**

В процессе очистки воды хлорированием неминуемо появляется потребность в получении лицензии на очистку сточных вод, водоснабжение и водоотведение. Данное требование содержится в Федеральном законе «О водоснабжении и водоотведении» от 07.12.2011 № 416-ФЗ [3].

Так как ООО «АВК» использует химический способ очистки воды хлорированием, то появляется потребность в создании на территории предприятия - склада хлора. Использование хлора предполагает организацию опасного производственного объекта второго класса опасности, так как количество опасного вещества 25 тонн и более, но менее 250 тонн [4]. Так же, использование хлора предопределяет получение организацией соответствующей лицензией на эксплуатацию опасных производственных объектов. Пунктом 2 статьи 6 Федерального закона «О промышленной безопасности» № 116-ФЗ [4], являющегося по своей сути главным документом, регулирующим деятельность организаций, в составе которых имеются опасные производственные объекты. Помимо лицензии, в данном Федеральном законе закреплено требование в получении свидетельства о

регистрации с присвоением номера для каждого ОПО, эксплуатируемого организацией.

Помимо регистрации, владельцы ОПО в обязательном порядке должны организовывать обязательное заключение договоров страхования гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте [6].

Так как в составе ОПО находятся технические устройства, законодательно закреплены нормы по проведению их технического диагностирования. Организации, эксплуатирующие ОПО, обязаны заключать договоры на проведения технического обслуживания и технического диагностирования технических устройств силами специализированной организации. Так же, все технические устройства должны быть включены в материалы идентификации ОПО и переданы в территориальный орган Ростехнадзора.

Персонал, занятый обслуживанием технических устройств, в обязательном порядке должен быть обучен безопасным приемам выполнения работ, проходить вводный, первичный на рабочем месте, повторный, целевой и внеплановый инструктажи по охране труда [7].

Руководители и специалисты организаций, эксплуатирующих ОПО, должны иметь аттестацию в области промышленной безопасности в органах Ростехнадзора по требуемым направлениям. Результатом аттестации по промышленной безопасности является протокол аттестации по проверке знаний промышленной безопасности, который выдается для руководителей и специалистов на 5 лет. Данную проверку знаний рабочего персонала разрешается проводить внутри организации внутренней комиссией по заранее подготовленным билетам. Члены комиссии выбираются из числа руководителей и специалистов, получивших по необходимым направлениям подготовки аттестацию Ростехнадзора. Создание такой комиссии оформляется внутренним приказом по организации.

Работники, чья деятельность связана с работами на опасных производственных объектах, в обязательном порядке обеспечиваются средствами индивидуальной защиты [8]. Так же, они не имеют противопоказаний к работе по результатам проведения медицинских осмотров. Контингенты лиц, направляемых на медосмотр, разрабатываются и утверждаются на основании Приказа Минздравсоцразвития России от 12 апреля 2011 г. № 302н [9] и СОУТ.

Федеральным законом от 28.12.2013 № 426-ФЗ [10] регулируется проведение специальной оценки условий труда. Результатами проведения СОУТ является выдача соответствующих карт и протоколов оценки условий труда. В зависимости от класса работникам могут предоставляться определенные льготы и компенсации.

## **1.2. Анализ эффективности действующей системы промышленной безопасности в ООО «АВК»**

На территории цеха очистных сооружений канализации ООО «АВК» функционируют два опасных производственных объекта: склад хлора и сеть газораспределения и газопотребления. В своей совокупности они представляют огромную опасность для населения и экологии в целом. На территорию склада хлора подрядной организацией производится поставка емкостей с хлором под давлением. Сам по себе хлор транспортируется от склада хлора до станции очистки воды внутренними, наружными и подземными газопроводами. Существует множество причин возникновения возможных аварий и инцидентов на данных ОПО, таких как прорыв газопровода, утечка хлора при присоединении емкости, утечка хлора из емкости по причине нарушения целостности стенок емкости и многие другие.

Соответственно, для предотвращения возможности возникновения аварий и инцидентов на территории ООО «АВК» разрабатываются,

согласовываются и утверждаются планы мероприятий по обеспечению производственной безопасности, ежегодные и ежемесячные планы работ инженера по техническому надзору, специалиста по охране труда и инженера-механика.

«Анализ аварий и инцидентов показывает, что основными источниками повреждений при эксплуатации магистральных трубопроводов являются локальные зоны напряжений – локальная коррозия, трещины по принципу коррозионного растрескивания под напряжением (КРН), а также деформации от монтажной сборки стыков, которые образуются под действием рабочих нагрузок. Основной задачей всех методов неразрушающего контроля (НК) и средств диагностики при оценке состояния трубопроводов, находящихся в длительной эксплуатации, является поиск (или определение) потенциально опасных участков с развивающимися повреждениями» [11].

На основании вышеизложенного, основной причиной возникновения аварий и инцидентов на ОПО является эксплуатация зарубежного и отечественного оборудования, отработавшего свой проектный срок эксплуатации. Но имея сложившуюся экономическую ситуацию, замена устаревшего оборудования на современное не представляется возможной. В связи с этим в организации требуется обеспечение ужесточенного контроля и надзора в области производственной безопасности. «Аварии на газопроводах наносят непоправимый ущерб окружающей среде, экономике и нередко бывают причиной гибели людей. Примеров аварий, приводящих к значительному экологическому и экономическому ущербу, можно привести много, поскольку на трубопроводном транспорте нефти и газа ежегодно происходит свыше 100 аварий с выходом продукта. В общем, по данным РАО «Газпром», дефекты, вызвавшие разрушения, составили: металлургические - 13,3 %; строительные - 23,9 %; эксплуатационные - 36,7 %; прочие - 26,1 %. По данным мировой статистики только за последние 30 лет количество аварий в нефтяной и газовой промышленности возросло в три раза, а ущерб от них вырос в девять раз» [12]. Одним из самых значимых

мероприятий, позволяющих получить детальное заключение о пригодности оборудования и используемых в технологическом процессе устройств является заключение договора на проведение экспертизы промышленной безопасности специализированной организацией.

Экспертиза промышленной безопасности позволяет получить обоснованную оценку технического состояния устройств и оборудования, определить сроки и условия их дальнейшей безопасной эксплуатации, либо своевременно выявить технические устройства не пригодные для дальнейшей эксплуатации и вовремя вывести их из технического процесса.

Помимо проведения технического диагностирования технических устройств, входящих в состав опасных производственных объектов «Сеть газораспределения и газопотребления» и «Склад хлора», ООО «АВК» уделяет непосредственное внимание повышению квалификаций сотрудников, правилам допуска к самостоятельной работе, проведению стажировки. Обязательным документом, обязывающим организации поддерживать уровень квалификации и подтверждать знания требований промышленной безопасности своих работников, является Федеральный закон «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам подтверждения компетентности работников опасных производственных объектов, гидротехнических сооружений и объектов электроэнергетики» от 29.07.2018 №271-ФЗ [13].

Статьей 14.1 Федерального закона от 21.07.1997 №116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» статьей 14.1 закреплено требование об обязательной аттестации в области промышленной безопасности: «Работники, в том числе руководители организаций, осуществляющие профессиональную деятельность, связанную с проектированием, строительством, эксплуатацией, реконструкцией, капитальным ремонтом, техническим перевооружением, консервацией и ликвидацией опасного производственного объекта, а также изготовлением, монтажом, наладкой, обслуживанием и ремонтом технических устройств,

применяемых на опасном производственном объекте (далее - работники), в целях поддержания уровня квалификации и подтверждения знания требований промышленной безопасности обязаны не реже одного раза в пять лет получать дополнительное профессиональное образование в области промышленной безопасности и проходить аттестацию в области промышленной безопасности. Категории таких работников определяются Правительством Российской Федерации» [13].

Приказом внутри организации назначены ответственные за проведение стажировки работников, разработан Порядок допуска работника к самостоятельной работе, создана комиссия по проверке знаний требований промышленной безопасности работников ООО «АВК», заполняются протоколы проверки знаний требований промышленной безопасности работников, отделом по работе с персоналом подаются заявки на обучение работников по направлениям промышленной безопасности в учебные центры Самарской области, в частности г. Тольятти, имеющие соответствующую лицензию. Состав инженерно-технических работников в обязательном порядке проходит аттестацию в органах Ростехнадзора.

На основании Приказа Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 23.01.2014 №25, ООО «АВК» обязаны подавать сведения об организации производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности в Федеральную службу по экологическому, технологическому и атомному надзору [14].

Помимо вышеперечисленного, проводится ежедневный, ежемесячный, ежегодный контроль состояния охраны труда и промышленной безопасности. Так же разрабатываются графики проведения третьей ступени контроля за состоянием охраны труда и промышленной безопасности.

Ответственное за проведение производственного контроля лицо, ежемесячно проводит плановые проверки состояния промышленной безопасности опасных производственных объектов и, если присутствуют замечания, оформляет их в форме предписаний. В ходе проверки

удостоверяется наличие всех необходимых документов на технические устройства (акты проверок, результаты испытаний, заключения экспертиз промышленной безопасности, паспорта и т.д.), контролируется ведение различных журналов, отслеживается актуальность протоколов проверки знаний требований промышленной безопасности работников, состояние технических устройств, зданий и сооружений, устранение замечаний предыдущих предписаний. Так же, проверяется наличие производственных инструкций, соблюдения работниками своих должностных обязанностей.

К вышеуказанным мероприятиям так же следует отнести разработку планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах. Постановление Правительства РФ от 26.08.2013 № 730 «Об утверждении Положения о разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах» закрепляет данное требование [15]. В соответствии с пунктом 3 Постановления, «Планы мероприятий разрабатываются для опасных производственных объектов, указанных в пункте 2 статьи 10 Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [15]. Так как на территории земельного участка цеха ОСК ООО «АВК» находятся два зарегистрированных в государственном реестре опасных производственных объектов, Постановление не запрещает разрабатывать один план мероприятий на оба объекта: «План мероприятий разрабатывается для объекта, зарегистрированного в государственном реестре опасных производственных объектов. В случае если 2 и более объекта, эксплуатируемых одной организацией, расположены на одном земельном участке или на смежных земельных участках, организация, эксплуатирующая эти объекты, вправе разрабатывать единый план мероприятий» [15]. Настоящий план разрабатывается на основании «Рекомендаций по разработке планов локализации и ликвидации аварий на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах», утвержденные Федеральной службой

по экологическому, технологическому и атомному надзору приказом от 26.12.2012 №781 [16].

В соответствии с данным планом проводятся учебные тренировки персонала цеха. Каждая тренировка оформляется отдельным актом проведения тренировки, в который включаются сведения о готовности персонала к действиям при возникновении аварий и действиям по локализации и ликвидации их последствий.

В ООО «АВК» разработана методика идентификации и оценки профессиональных рисков. Данная методика определяет последовательность оценки рисков:

- оценка уровня профессионального риска;
- оценка приемлемости профессионального риска;
- сравнительная оценка профессиональных рисков.

При оценке уровня профессионального риска работников на рабочем месте профессиональный риск рассматривается как сочетание (комбинация) вероятности негативного события, при котором может проявиться опасность, и тяжести ее проявления. Оценка уровня профессионального риска осуществляется с использованием матрицы оценки профессионального риска, которая представляет собой табличную форму, в которой содержатся 5 строк, соответствующих 5 интервалам тяжести возможного ущерба, и 5 столбцов, соответствующих 5 интервалам вероятности негативных событий (применяется матрица 5 x 5). Оценка вероятности и тяжести проявления опасности производится с учетом применяемых на практике мер управления профессиональными рисками и статистики несчастных случаев и происшествий.

При использовании матрицы оценки профессионального риска необходимо последовательно выбрать подходящие для данного случая значения тяжести возможного ущерба и частоту (оценку вероятности) события. Матрица оценки профессионального риска представлена на рисунке 5.



Рисунок 5 - Матрица оценки профессионального риска [10]

После проведения оценки профессиональных рисков разрабатываются мероприятия по их управлению. Общий объем мероприятий по управлению профессиональными рисками состоит из следующих типов мероприятий:

- мероприятия по оценке профессиональных рисков;
- мероприятия по внедрению дополнительных мер управления;
- мероприятия по осуществлению действующих мер управления;

– мероприятия по выполнению корректирующих действий по результатам контроля и анализа эффективности управления профессиональными рисками.

Результатом этапа планирования работ по оценке и управлению профессиональными рисками является сформированный перечень рабочих мест, подлежащих управлению профессиональными рисками, а также планы мероприятий, сформированные в рамках соответствующих процедур в соответствии с формами, определенными нормативными документами описывающие соответствующие процедуры.

В целях проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ в очагах поражения и зонах чрезвычайных ситуаций, руководством ООО «АВК» было принято решение о создании на производстве нештатного аварийно-спасательного формирования, а именно аварийно-спасательное звено. «Нештатные аварийно-спасательные формирования представляют собой самостоятельные структуры, созданные организациями на нештатной основе из числа своих работников, оснащенные специальной техникой, оборудованием, снаряжением, инструментами и материалами, подготовленные для проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ в очагах поражения и зонах чрезвычайных ситуаций» [17].

Обеспечение аварийно-спасательных формирований специальной техникой, оборудованием, снаряжением, инструментами и материалами является самым дорогостоящим, но необходимым мероприятием. Дополнительно к табелизации требуется организовывать доплаты работникам, занятым на работах в НАСФ.

Примерные нормы оснащения нештатных аварийно-спасательных формирований специальной техникой, оборудованием, снаряжением, инструментами и материалами определены «Порядком создания нештатных аварийно-спасательных формирований», утвержденного Приказом МЧС России от 23.12.2005 № 999 [17]. Данные нормы включают в себя обеспечение НАСФ средствами индивидуальной защиты, медицинским

имуществом, средствами радиационной, химической разведки и контроля, средствами специальной обработки, инженерным имуществом и аварийно-спасательным инструментом.

«В перечень средств индивидуальной защиты должны быть включены:

- противогаз фильтрующий (в том числе с защитой от аварийно химически опасных веществ) по одному комплекту на человека;
- респиратор фильтрующий по одному на человека;
- противогаз изолирующий на сжатом воздухе или кислороде по одному комплекту на человека;
- средство индивидуальной защиты кожи изолирующего типа герметичное по одному комплекту на человека;
- костюм защитный облегченный по одному комплекту на человека;
- мешок прорезиненный для зараженной одежды по одному на человека;
- самоспасатель фильтрующий по одному комплекту на человека;
- респиратор газодымозащитный по одному на человека» [17].

«Медицинское имущество в обязательном порядке должно включать в себя:

- индивидуальный противохимический пакет по одному на человека;
- комплект индивидуальный медицинский гражданской защиты по одному комплекту на человека;
- комплект индивидуальный противоожоговый с перевязочным пакетом по одному на человека;
- носилки мягкие бескаркасные огнестойкие (огнезащитные) в количестве двух штук на звено;
- санитарная сумка с укладкой для оказания первой помощи одна на 5% штатной численности всех формирований;

– набор перевязочных средств противоожоговый один на 20% штатной численности всех формирований» [17].

«Средства радиационной, химической разведки и контроля должны включать в себя:

– дозиметр-радиометр  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  и излучения (носимый) с диапазоном измерений мощности амбиентного эквивалента дозы  $\gamma$  излучения от 0,10 мкЗв/ч до 10 Зв/ч и плотности потока  $\alpha$  - излучения от 0,01 до 1500 с<sup>-1</sup>\*см<sup>-2</sup> и  $\beta$  -излучения от 0,1 до 1500 с<sup>-1</sup>\*см<sup>-2</sup> по одному комплекту каждому формированию радиационной и химической защиты;

– дозиметр  $\gamma$  излучения (персональный) с диапазоном измерений мощности дозы  $\gamma$  излучения от 0,1 мкЗв/ч до 3 мЗв/ч и дозы от 1,0 мкЗв до 100 Зв по одному комплекту на человека;

– дозиметр гамма-излучения с диапазоном измерений мощности амбиентного эквивалента дозы  $\gamma$  излучения от 0,10 мкЗв/ч до 10 Зв/ч и выносным блоком детектирования (бортовой или стационарный) по одному комплекту на пункт управления (подвижный, стационарный) и транспортные средства формирований радиационной и химической защиты;

– электронный дозиметр с диапазоном измерения эквивалента дозы  $\gamma$  излучения от 0,10 мкЗв до 15 Зв (со связью с ПЭВМ) по одному на каждого человека руководящего состава;

– комплект дозиметров (индивидуальных) с диапазоном измерения от 20 мкЗв до 10 Зв со считывающим устройством по одному комплекту на звено;

– комплект дозиметров радиофлуоресцентных (индивидуальных) с измерительным устройством и устройством для отжига по одному комплекту на отряд, команду;

– метеорологический комплект с электронным термометром по одному комплекту на звено;

– комплект носимых знаков ограждения по два комплекта на формирование разведки;

– газосигнализатор автоматический для определения зараженности воздуха и автоматической сигнализации об их обнаружении по одному на формирование разведки;

– многокомпонентный газоанализатор для измерения и анализа концентрации (от 1 ПДК в рабочей зоне) в воздухе и автоматической сигнализации об их обнаружении по одному комплекту каждому химику-разведчику;

– комплект отбора проб по одному комплекту каждому химику-разведчику;

– войсковой прибор химической разведки с комплектом индикаторных трубок по одному комплекту каждому химику-разведчику;

– экспресс-лаборатория для определения индикаторными средствами загрязненности воздуха, воды, почвы и продуктов питания по одному комплекту каждому химику-разведчику» [17].

«Средства специальной обработки должны включать в себя:

– комплект специальной обработки транспорта по одному на единицу автотракторной техники;

– комплект специальной обработки автомобильной техники по одному на 1 единицу автомобильной техники;

– комплект санитарной обработки по одному комплекту на звено» [17].

«Инженерное имущество и аварийно-спасательный инструмент должны включать в себя:

– аварийно-спасательный инструмент и оборудование по одному комплекту на 10% личного состава;

– пояс спасательный с карабином по одному на человека;

– приборы газопламенной резки с резаками, напорными рукавами, редукторами и газовыми баллонами (керосинорезы, газосварочные аппараты) по одному комплекту на звено;

- комплект шанцевого инструмента (лопата штыковая и совковая, лом, кувалда, кирка-мотыга, топор плотничный, пила поперечная) по одному комплекту на каждый автомобиль (легковой, грузовой, специальный) всех формирований;
- грузоподъемные средства (лебедка, тали, домкраты и др.) по одному комплекту на звено;
- трос разный по 75-100 погонных метров на каждую лебедку, таль;
- канат пеньковый по 75 погонных метра на формирование;
- блоки разные по одному комплекту на каждую лебедку, таль;
- фонарь карманный электрический по одному на человека;
- защитные очки по одному комплекту на человека;
- моторную пилу по одной на звено;
- мотобетонолом по одному комплекту на каждые 10 человек всех формирований;
- ножницы для резка проволоки по два на каждые 10 человек формирования;
- осветительную установку по одному комплекту на каждые 15 человек формирования;
- бинокль по одному на формирование;
- компас по одному на формирование;
- надувную лодку с мотором по одной на каждое формирование, проводящее аварийно-спасательные работы на водах;
- пневмокаркасный модуль по одному комплекту на пункт управления проведением аварийно-спасательных работ» [17].

Таким образом, из представленных списочных данных можно наблюдать обширность требований к обеспечению нештатных аварийно-спасательных формирований специальными техникой, оборудованием, снаряжением, инструментами и материалами.

### **1.3 Выводы по первому разделу**

В первом разделе определена характеристика действующей системы промышленной безопасности в ООО «АВК», описана изученная научная литература и нормативно-правовые документы в области промышленной безопасности. Рассмотрен технологический процесс очистки воды хлорированием и определены его слабые стороны, такие как: предъявление контролирующими органами повышенных требований к обеспечению производственной безопасности вследствие организации на территории предприятия опасного производственного объекта «Склад хлора»; организация на территории производства нештатного аварийно-спасательного формирования и обеспечение его специальной техникой, оборудованием, снаряжением, инструментами и материалами, использование различных технологических устройств при использовании хлора в водоподготовке и необходимость регулярного прохождения ими экспертизы промышленной безопасности. Представлен анализ действующей системы производственной безопасности и сделан вывод о необходимости ее совершенствования.

## **2 Анализ возможных причин несчастных случаев, аварий и инцидентов при использовании хлора**

### **2.1 Анализ возможных причин несчастных случаев, аварий и инцидентов при использовании хлора в водоподготовке**

Такой природный ресурс как вода является основополагающим для жизнеобеспечения, как людей, так и производств. Важную роль играет качество воды, а, следовательно, ее водоподготовка. Это мнение подтверждается в статье зарубежных авторов Justin Rashtian, Diana E. Chavkin, Zaher Merhi: «Вещества, загрязняющие воду и почву, часто являются следствием техногенных отходов, таких как бытовые отходы, отходы производства и сельского хозяйства, удобрения, используемые фермерами, разливы нефти и радиоактивные материалы. Загрязнение водоема может включать реки, озера и океаны, и это может поставить под угрозу морские растения и животных. Загрязненная вода и почва представляют серьезную угрозу для человека, так как они могут вызвать острую токсичность, мутагенез, канцерогенез и тератогенез для людей и других организмов» [20]. Очистка воды – обязательная составляющая жизнедеятельности всех организмов и любых предприятий.

Использование в водоподготовке хлора подразумевает собой создание опасных производственных объектов, таких как склад хлора и сеть газораспределения и газопотребления. Анализом возникновения несчастных случаев, аварий, инцидентов и травмирования персонала занимается Ростехнадзор. Из доклада о правоприменительной практике контрольно-надзорной деятельности в Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору при осуществлении федерального государственного надзора в области промышленной безопасности за 9 месяцев 2019 года, утвержденного Приказом Ростехнадзора от 24 декабря 2019 г. №507 [21], можно увидеть сводные данные по причинам

возникновения несчастных случаев, аварий, инцидентов и травмирования персонала на ОПО. В сводных данных доклада представлена информация о произошедших авариях, инцидентах и несчастных случаях: «За период 9 месяцев 2019 г. на опасных производственных объектах химического комплекса зафиксировано 2 аварии и 1 групповой несчастный случай со смертельным исходом (3 человека). На опасных производственных объектах транспортирования опасных веществ аварий и несчастных случаев со смертельным исходом не зарегистрировано» [21].

К характерным причинам возникновения нарушений требований промышленной безопасности относятся:

- нарушение требований промышленной безопасности на химически опасном производственном объекте при эксплуатации технологического оборудования, технологических трубопроводов, систем и средств управления, контроля противоаварийной защиты, и автоматики (при ведении взрывоопасных и химически опасных технологических процессов, при обеспечении электробезопасности);
- эксплуатация опасных производственных объектов без разработанного комплекса компенсационных мер дальнейшей безопасной эксплуатации;
- допуск лица на опасный производственный объект, имеющего медицинские противопоказания к работе с применением изолирующих средств индивидуальной защиты и фильтрующих противогазов;
- не постановка на учет оборудования, работающего под избыточным давлением;
- случаи отсутствия расследования причин произошедших инцидентов.

Исходя из доклада Ростехнадзора, были проверены организации, в составе которых функционируют объекты газораспределения и газопотребления. «За 9 месяцев 2019 г. на опасных производственных объектах газораспределения и газопотребления произошло 12 аварий, в

результате чего показатель аварийности на объектах уменьшился на 20 % по сравнению с аналогичным периодом 2018 г. (за 9 месяцев 2018 г. – 15 аварий)» [21]. На основании анализа причин возникновения аварий на ОПО газораспределения и газопотребления был сделан вывод, что на механические повреждения наружных газопроводов приходится 83% от общего количества аварий в данной отрасли. Динамика показателей аварийности и травматизма представлена на рисунке 6.

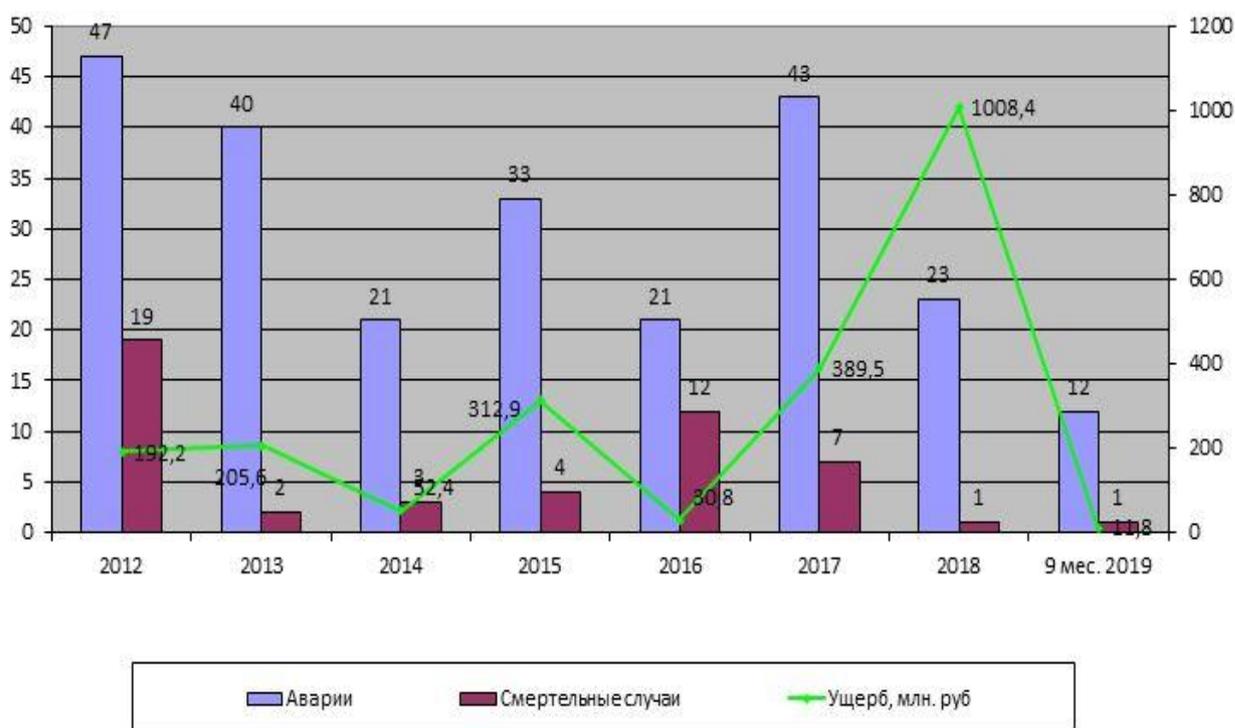


Рисунок 6 - Динамика показателей аварийности и травматизма на объектах газораспределения и газопотребления [21]

«Предварительно общий экономический ущерб от происшедших аварий за 9 месяцев 2019 г. составил 11,8 млн. рублей, тогда как за аналогичный период 2018 г. общий ущерб составлял 17,3 млн. рублей. Техническое расследование аварий показывает, что основными причинами возникновения аварий явились механические повреждения наружных газопроводов вследствие воздействия посторонних лиц и организаций при производстве земляных работ в границах охранной зоны газопроводов» [21].

В ходе контрольно-надзорной деятельности на объектах газораспределения и газопотребления выявлены следующие нарушения:

- эксплуатация зданий, сооружений и технических устройств, применяемых на объектах, за пределами расчетного срока службы, установленного изготовителем, без проведения экспертизы промышленной безопасности;
- неудовлетворительная организация производственного контроля за своевременным и качественным проведением комплекса мероприятий, включая систему технического обслуживания и ремонта, обеспечивающих содержание опасных производственных объектов сетей газораспределения и газопотребления в исправном и безопасном состоянии;
- нарушение требований при организации и проведении газоопасных работ.

## **2.2 Анализ возможных причин несчастных случаев, аварий и инцидентов на опасном производственном объекте «Склад хлора» цеха ОСК ООО «АВК»**

При водоподготовке и водоочистке ООО «АВК» использует хлор. О хлорировании воды упоминает в своей научной статье «Химические аспекты процесса хлорирования воды» Муллина Э.Р.: «Хлорирование воды в России было впервые применено в 1910 г. как принудительная мера, во время эпидемии холеры (в Кронштадте) и брюшного тифа (Нижегородский ярмарочный водопровод). Период с 1910 г. по 1913 г. является началом развития хлорирования питьевых вод в России. Первоначально хлорирование воды производилось раствором хлорной извести. Первые опыты по применению газообразного хлора были проведены в 1917 г. на ленинградской водопроводной станции. При выборе дезинфицирующего хлорсодержащего вещества учитывают содержание в нём «активного хлора». Активным хлором называется количество хлора способное вступить в

реакцию взаимодействия с составными частями клеток микроорганизмов и другими примесями воды. Понятие «активный» хлор» определяет не истинное содержание хлора в соединении, а окислительную способность соединения в кислой среде по йодистому калию. Хлорсодержащие дезинфектанты считаются пригодными к употреблению при содержании в них «активного хлора» не менее 15 %» [22].

За период с 2017 года по 2019 год в ООО «АВК» было зарегистрировано 2 несчастных случая, один из которых со смертельным исходом, но не связанный с производством, а также 1 инцидент. Аварий за прошедший период не происходило.

Проведенный анализ имеющейся документации по промышленной безопасности в ООО «АВК» показывает, что все документы разработаны и применяются в технологическом процессе. Данный перечень включает в себя:

- предписания надзорных органов;
- план мероприятий по локализации аварий, инцидентов и ликвидации их последствий;
- книгу нарядов, наряд-допуск на производство работ повышенной опасности, перечень работ повышенной опасности;
- программу обучения и инструктажей по технике безопасности и журналы учета инструктажей, протоколы проверки заседаний аттестационных комиссий;
- приказы о назначении лиц, ответственных за техническое состояние, безопасное производство работ и по надзору за безопасной эксплуатацией оборудования, а также инструкции для этих лиц;
- должностные инструкции;
- сертификаты соответствия, акты испытаний и освидетельствований, разрешения на изготовление и применение технических устройств;
- договор страхования риска ответственности владельца ОПО;

- свидетельство о регистрации объекта в Государственном реестре и карта учета;
- лицензии на виды деятельности, связанные с эксплуатацией опасного объекта;
- акты расследования несчастных случаев и профзаболеваний, технического расследования причин аварий, а также журналы учета аварий, инцидентов и несчастных случаев;
- договоры на обслуживание опасных производственных объектов аварийно-спасательными службами;
- планы работ по осуществлению производственного контроля;
- документы, подтверждающие право должностных лиц на техническое руководство работами и их выполнение;
- инструкции по технике безопасности и охране труда для профессий, рабочих мест, по эксплуатации оборудования и производственных объектов, на выполнение отдельных видов работ;
- правила внутреннего трудового распорядка;
- проектная, конструкторская, эксплуатационная, ремонтная документация, технологические регламенты, паспорта технических устройств и т.п.;
- заключения экспертиз промышленной безопасности технических устройств;
- материалы идентификации ОПО;
- учредительные документы и документ, удостоверяющий государственную регистрацию.

В результате проведенного в ходе исследования анализа возможных причин возникновения аварий на ОПО «Склад хлора» цеха ОСК показал обширность факторов, влияющих на возникновение возможных аварийных ситуаций. К данным факторам можно отнести: механические повреждения трубопроводного и емкостного оборудования, разгерметизацию запорной арматуры, фланцевых и сварных соединений, коррозионное и тепловое

воздействие на него, дефекты и усталостные явления в металле и его сварных элементах, попадание в сосуды с жидким хлором посторонних веществ, гидравлический разрыв или разгерметизацию сосудов при их переполнении жидким хлором, ошибки, допущенные при проектировании, изготовлении, монтаже, ремонте и выполнении технологических операций в процессе производства, хранения и потребления хлора, взрыв трихлорида азота.

При утечке хлора из емкости или трубопровода, важно знать показатель давления в них, геометрические размеры сквозного отверстия, температуру окружающей среды, а также агрегатное состояние высвобожденного хлора. Самым опасным состоянием хлора является хлор-жидкость, так как при испарении 1 л жидкого хлора образуется около 450 л газообразного.

Основной причиной образования утечек хлора из трубопровода или контейнера является нарушение герметичности трубопровода, контейнера или емкости в следствие возникновения точечной коррозии в их стальных стенках. Данный процесс проходит интенсивно и зависит от температуры и ее перепадов, относительной влажности воздуха и загазованности атмосферы хлором.

Попадание влаги в место соединения штока с корпусом вентиля контейнера может привести к заклиниванию вентиля, в следствии чего вентиль не открывается. Данные сосуды являются аварийными и требуют приостановки и последующей замены на новые, так как дальнейший процесс коррозии может привести к разрушению сосуда или возникновению утечек.

При переполнении сосудов, либо в следствие попадания воды или иных органических соединений в емкость с хлором может привести к ее гидравлическому разрыву и разгерметизации.

Существует три последовательные стадии, описывающие процесс выброса хлора в атмосферу: мгновенного испарения, интенсивного кипения и квазистационарного кипения хлора.

Мгновенное испарение хлора происходит из-за накопленной в нем теплоты, зависящей от условий хранения, и характеризуется быстрым переходом в газообразное состояние. Жидкая фаза хлора (до 18%), диспергированная испарившимся хлором, будет входить в состав газоаэрозольного хлорного облака. Оставшаяся часть жидкого хлора продолжает кипеть вследствие теплопритока от поверхности контакта. По мере остывания поверхности контакта этот процесс замедляется в течение 15-20 минут и переходит в режим квазистационарного испарения. Очевидно, что наиболее опасной стадией является стадия мгновенного испарения. Образующееся токсичное облако имеет высокую плотность, вследствие чего слабо рассеивается и хорошо растекается. Сам процесс растекания не превышает одной минуты, но скорость растекания может достигать до 10 м/с.

Из этого следует, что в случае возникновения аварии или инцидента на территории ОПО «Склад хлора» цеха ОСК неминуемо будет нанесен вред персоналу и экологической обстановке данного района. Из-за высокой скорости растекания в короткие сроки будет отравлена достаточно большая территория и пострадает большое количество человек.

Цех ОСК обеспечивается жидким хлором по договору подряда. Подрядчик сам наполняет емкости хлором и транспортирует на территорию цеха. Далее емкости поступают на склад. По мере необходимости емкости перемещаются при помощи кран-балок, ручных талей и мостовых кранов, например, для подключения к хлораторам. «Химические вещества, перевозимые или используемые в городских районах гораздо более подвержены возникновению аварий и инцидентов, чем на заводах в отдаленных местах. Например, газообразный хлор транспортируется в резервуарах высокого давления (+2000 кПа) в жидком виде. Химические вещества могут быть рассеяны в густонаселенных районах, таких как столичные города и вызывают риск возникновения чрезвычайной ситуации», сообщают в научном журнале «Advances in Environmental Technology» в своей статье Eslam Kashi<sup>1</sup>, Farshad Mirzaei, Farzad Mirzaei [19].

Так как ООО «АВК» в своей деятельности использует жидкий хлор и хранит его на складе в количествах 2,5 тонны и более, но менее 25 тонн, данный склад является опасным производственным объектом третьего класса опасности в соответствии с Федеральным законом от 21.07.1997 №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [4]. ООО «АВК» были получены необходимые лицензии для данного вида деятельности, а также проведены все требуемые экспертизы промышленной безопасности ОПО.

По своим свойствам хлор во всех своих состояниях является ядом и к тому же высокотоксичным. Его негативное воздействие на человека проявляется не только при приеме очищенной хлором воды внутрь, но и при контакте с человеческой кожей. При значительных концентрациях хлора высока вероятность летального исхода пострадавшего через несколько минут. К основным симптомам отравления хлора можно отнести остановку дыхания из-за сужения голосовой щели, судороги, потерю сознания, вздутие вен на шее и лице, непроизвольное мочеиспускание и дефекацию.

Во избежание возникновения аварийного разлива жидкого хлора и причинения вреда здоровью персонала и жителей г. Тольятти и его окрестностей, здание склада хлора оборудовано сигнализаторами загазованности, принцип работы которых – оповещать персонал предприятия об утечке хлора и его повышенном содержании в воздухе.

Анализ возникновения аварии или инцидента на территории ОПО «Склад хлора» будет нанесен вред персоналу и экологической обстановке данного района. Данный анализ указывает на обширность различных факторов, которые могут привести к аварии или инциденту на ОПО. Использование метода очистки воды хлорированием требует акцентирования внимания на возможных отказах технологического оборудования, а также разработки инновационных решений, направленных на исключение или локализацию возможных неблагоприятных последствий на ОПО.

В таблице 1 представлены результаты проведенного анализа.



Таблица 1 – Анализ теоретических и экспериментальных исследований причин возникновения аварий на опасном производственном объекте «Склад хлора»

Этап проведения исследований	Характеристики средств измерений и обработки	Условия проведения исследований	Методика исследований	Полученные результаты исследований
1	2	3	4	5
Анализ причин возникновения аварий на опасном производственном объекте «Склад хлора»	<p>Лупы, в том числе измерительные от 1,5 до 7-кратного увеличения по ГОСТ 25706-83; иглы измерительные - для определения глубины пор, язв, подрезов и т.п.; щупы N 2 - 4; нутромеры микрометрические по ГОСТ 10-88 и индикаторные по ГОСТ 868-82; шаблоны (типа УШС по ТУ 1021.338-83) радиусные и др.; линейки измерительные металлические по ГОСТ 427-75; магниты металлические.</p>	<p>1. Испытания проводятся в здании ОПО «склад хлора цеха ОСК»                  2. Испытания проводятся при следующих климатических условиях:                  - атмосферное давление 1013 ГПа (760 мм рт. ст.), допустимое отклонение 5 %;                  - температура окружающего воздуха от +18 °С до +23 °С.                  3. Испытания проводятся при освещении светильниками во взрывозащищенном исполнении с соответствующей степенью или уровнем защиты.</p>	<p>Производится расчет допустимого напряжения в соответствии с п.21 (б) Решения Совета Евразийской экономической комиссии от 02.07.2013 N 41 "О техническом регламенте Таможенного союза "О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением" "РД 03-421-01. Методические указания по проведению диагностирования технического состояния и определению остаточного срока службы сосудов и аппаратов" (утв. Постановлением Госгортехнадзора РФ от 06.09.2001 N 39)</p>	<p>Анализ возможных причин возникновения аварий на опасном производственном объекте «Склад хлора» показал обширность различных факторов, влияющих на возникновение возможных аварийных ситуаций. К этим факторам относятся: разгерметизация запорной арматуры, фланцевых и сварных соединений, механические повреждения оборудования, коррозионное и тепловое воздействие на него, взрыв три хлорида азота, попадание в сосуды с жидким хлором посторонних веществ, гидравлический разрыв или разгерметизация сосудов (железнодорожные цистерны, танки, контейнеры, баллоны) при их</p>

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
				<p>переполнении жидким хлором, дефекты и усталостные явления в металле и сварных элементах сосудов и трубопроводов, ошибки, допущенные при проектировании, изготовлении, монтаже, ремонте и выполнении технологических операций в процессе производства, хранения и потребления хлора. Утечки хлора из трубопровода, емкости или контейнера, как правило, образуются из-за точечной коррозии стали, из которой они изготовлены. Но не исключен тот факт, когда процесс коррозии протекает и вне контейнера или трубопровода. Данный процесс протекает наиболее интенсивно и зависит от относительной влажности воздуха, загазованности атмосферы хлором, температуры и ее градиента.</p>

Из таблицы мы наблюдаем обширность различных факторов, возникновение которых может повлечь за собой возникновение аварий инцидентов и несчастных случаев на производстве.

### **2.3 Выводы по второму разделу**

Во втором разделе приведен анализ возможных причин возникновения несчастных случаев, аварий и инцидентов в ООО «АВК». Описаны риски возникновения несчастных случаев, аварий и инцидентов при использовании действующего метода очистки воды хлорированием. Представлены сводные данные Ростехнадзора по возникновению нарушений требований промышленной безопасности в данной отрасли, а также приведена динамика показателей аварийности и травматизма на объектах газораспределения и газопотребления. Проведены теоретические и экспериментальные исследования по теме магистерской диссертации, для чего рассмотрены научные статьи отечественных и зарубежных авторов на тему очистки воды, а также приведен анализ альтернативных методов очистки воды с описанием технических процессов. Определен перечень разрабатываемой документации, регламентирующей эксплуатацию ОПО.

### **3 Результаты проведенных теоретических и экспериментальных исследований, формирование выводов и рекомендаций**

#### **3.1 Проведение теоретических и экспериментальных исследований**

К методам очистки воды можно отнести хлорирование, озонирование и ультрафиолетовую очистку. Данные методы справляются со своей задачей и действенны, но за их основу взяты различные принципы.

В научной статье Анопольского В. Н., Фельдштейна Г. Н., Фельдштейна Е. Г. «Некоторые аспекты водоснабжения и охраны гидросферы от загрязнения» описан метод очистки воды хлорированием: «В технологии очистки природных вод из поверхностных источников широкое распространение получило хлорирование – как для обеззараживания питьевых вод после полной их очистки, так и для повышения эффективности коагуляции и обесцвечивания очищаемых вод, для чего применяется предварительное хлорирование. При обеззараживании очищенных вод обычными дозами активного хлора 2,0–3,0 мг/л только часть его расходуется на разрушение бактериальных клеток, а значительное количество активного хлора потребляется на реакции окисления, присоединения или замещения с остаточными неорганическими и органическими веществами, содержащимися в водах и взаимодействующими с хлорсодержащим реагентом. Поэтому даже в результате обеззараживания, не говоря уже о предварительном хлорировании дозами 4–14 мг/л, в водах могут образовываться летучие хлорорганические соединения (ЛХС), в основном относящиеся к группе тригалогенметанов (ТГМ), в частности хлороформ» [25].

Процесс хлорирования заключается в том, что в очищаемые водные массы вводится хлор в жидком состоянии. В результате реакции образуется

хлорноватистая и соляная кислоты, а после происходит диссоциация образовавшейся хлорноватистой кислоты. Полученные в ходе диссоциации гипохлоритные ионы очищают воду, так как они обладают бактерицидным свойством. Важно правильно назначать дозу хлора, потому что его излишек значительно влияет на качество очищенной воды и ее органолептические показатели. Недостаточная концентрация не окажет нужного бактерицидного действия. Так же, для концентрации загрязнителей в воде используются коагулянты. Смысл их применения заключается в том, что в воду добавляются специальные вещества, которые входят в реакцию с примесями и вредными веществами, концентрируя их между друг другом и заставляют выпадать в осадок под действием собственной силы тяжести. Очистка природных вод осуществляется, как правило, по последовательно-параллельной схеме. Данная схема показана на рисунке 7.

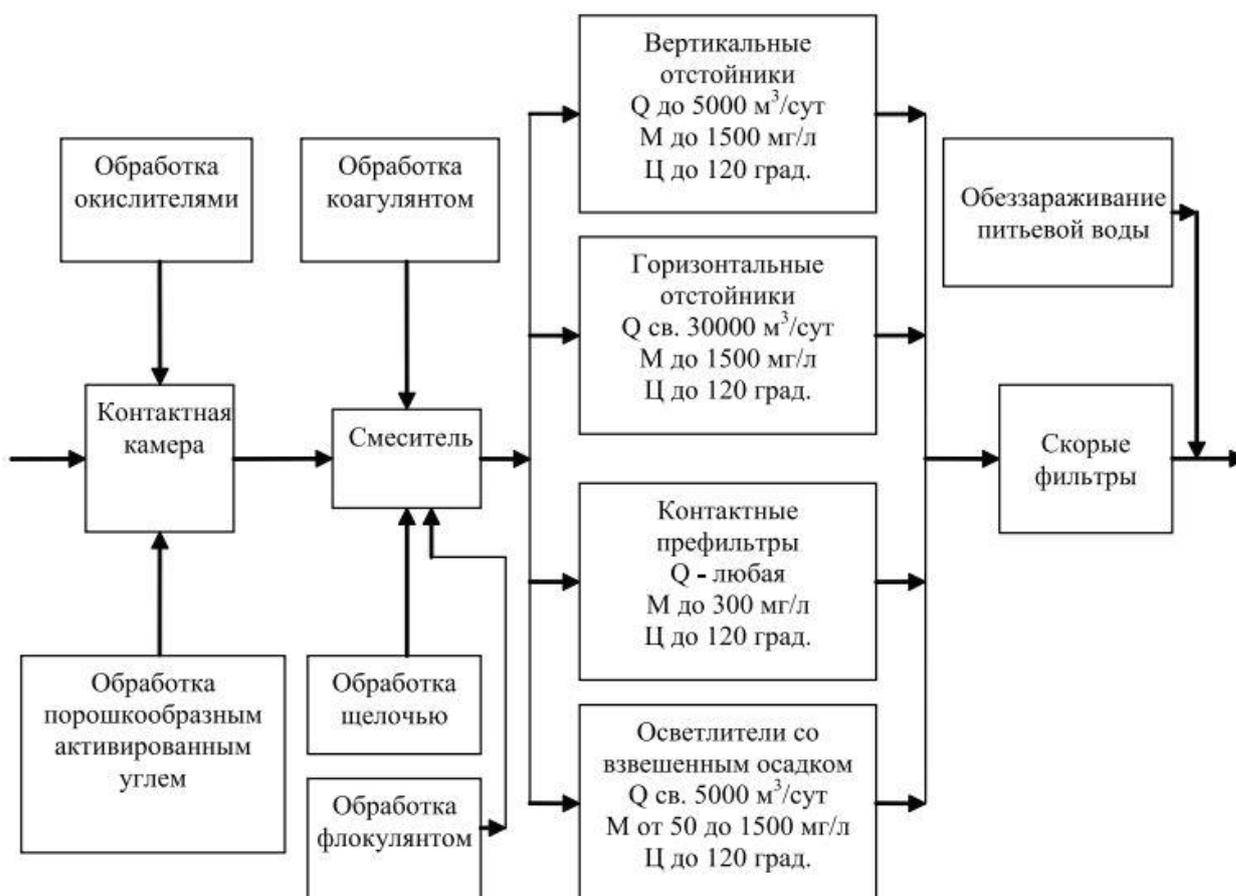


Рисунок 7 - Последовательно-параллельная схема очистки воды [25]

Применяя при водоочистке хлорирование заставляет задуматься о более современных действенных методах проведения контроля за производственной безопасностью и совершенствовании ее системы. С развитием промышленности все больше появляется сложных технических процессов, новых требований к ним и обеспечении производственной безопасности в целом, новых более мощных технических устройств.

«Но в то же время, в эксплуатации продолжает находиться большое количество прежнего оборудования. По этой причине возрастает риск внезапного возникновения различного рода аварий и инцидентов на опасных производственных объектах, которые могут негативно сказаться на здоровье людей, причинить вред всей экосистеме. Модернизация или полная замена старого оборудования на новое влечет за собой финансовые и временные потери» [33].

«Способ очистки воды хлорированием является самым распространенным в технологиях водоподготовки. Способ отличается эффективностью, доступностью и умеренной стоимостью, и как следствие более 90% водопроводных станций во всем мире обеззараживают и обесцвечивают воду хлором» [2].

«Исходя из анализа опасностей, хлорирование имеет и свои недостатки. К примеру, хлор и его соединения обладают высокой токсичностью, что требует повышенного строгого соблюдения требований техники безопасности при работе с ним. Хлор обладает высокой коррозионной активностью. Хлор вступает в химические реакции со всеми органическими и неорганическими веществами, находящимися в воде. Так же, в городах с развитой промышленностью в воду не исключено попадание вместе с промышленными стоками разного рода красителей, поверхностно-активных соединений, нефтепродуктов, фенолов и прочих веществ. Они в свою очередь образуют опасные токсины, мутагенные вещества и яды, которые оказывают замедленное губительное воздействие на человека» [33].

К действенным альтернативам химическому методу очистки воды хлорированием относятся озонирование и ультрафиолетовая очистка. Принцип метода озонирования описали в своей научной статье Агалакова Л.М., Гагарский К.Н., Мансурова А.А., Матвейчук И.В., Пантелеев В.И., Мамаев Г.А., Розанов В.В. «Озонаторная установка для обеззараживания питьевой воды»: «Озон подобно хлорсодержащим реагентам является не только дезинфектантом питьевых вод, но и окислителем неорганических и органических веществ, содержащихся в природных водах.

На практике применяются четыре варианта озонирования:

- предварительное озонирование для улучшения процессов очистки природных вод и озонирование очищенных вод с целью ее обеззараживания;
- прехлорирование и последующее постозонирование;
- преозонирование и постхлорирование;
- обеззараживание озоном без применения других окислителей для предочистки.

Доза озона для обеззараживания питьевых вод, полученных из подземных источников, составляет 0,75 – 1,00 мг/л, а очищенной из поверхностных водоемов – 1 – 3 мг/л. Преозонирование природных вод производится дозами 1 – 8 мг/л в зависимости от перманганатной окисляемости воды. ПДК остаточного озона в питьевых водах на выходе из станции водоочистки составляет 0,3 мг/л.

При озонировании вод одновременно с улучшением их качества существует риск образования побочных продуктов, содержание которых в питьевых водах строго лимитирован. В частности, в обработанных озоном водах возможно появление альдегидов, кетонов, органических кислот и других новообразованных веществ. Для получения информации о побочных продуктах озонирования питьевые воды контролируются на содержание формальдегида как простейшего представителя альдегидов. ПДК формальдегида в питьевых водах после обработки ее озоном составляет 0,05

мг/л. Он относится к веществам 2 класса опасности и нормируется по санитарно-токсикологическому признаку вредности.

Негативно влияют на качество питьевых вод также свободные радикалы, образующиеся в результате окислительно-восстановительных реакций с участием озона. Постоянное потребление вод, содержащих источники образования свободных радикалов, для питьевых целей может вызывать мутагенные эффекты и иметь другие отрицательные последствия для организма, связанные с разрушением биомембран, нарушением функций ДНК, блокированием активных центров ферментов. Вместе с тем содержание свободных радикалов в питьевых водах на сегодняшний день не лимитируется, в связи с чем не осуществляется контроль их концентрации после озонирования» [23].

К устройствам очистки воды озонированием можно отнести «Установку для очистки воды озонированием». Формула данного изобретения указана в патенте RU 2 228 916 С1 Патрушева Е.И. и Лукашевича О.Д. [26]. Данное устройство предназначено для очистки и обеззараживания воды, а именно для удаления железа и других загрязнителей из природной воды, путем предварительного окисления озоном загрязнителей и последующей интенсификацией дальнейшей очистки воды.

«Установка для очистки воды озонированием, содержащая узел обработки воды озоном с патрубком подачи исходной воды и трубопроводом для отвода очищенной воды, насос и эжектор, соединенные между собой последовательно трубопроводами в циркуляционный контур, генератор озона, связанный с эжектором, и фильтр, отличающаяся тем, что узел обработки воды озоном выполнен в виде цилиндрической камеры окисления с крышкой, при этом камера снабжена измерителем уровня воды, взаимодействующим с устройством включения/отключения подачи исходной воды при достижении ею соответственно нижнего или верхнего заданных уровней, и дополнительно содержит кавитатор, размещенный внутри камеры

выше верхнего заданного уровня воды и выполненный в виде двух установленных друг над другом с зазором и жестко скрепленных между собой дисков одинакового диаметра, причем в верхнем диске выполнен центральный сквозной канал, жестко соединенный с трубопроводом, связывающим камеру окисления с эжектором, кроме того, на обращенных друг к другу поверхностях дисков выполнены выступы, расположенные концентрично и сужающиеся к зазору, при этом эжектор установлен над камерой, а фильтр соединен с трубопроводом для отвода очищенной воды, например посредством дополнительного насоса. Установка отличается от аналогов тем, что она дополнительно содержит манометр, установленный на трубопроводе между насосом и эжектором. Так же, данная установка отличается от аналогов тем, что она дополнительно содержит блок разложения остаточного озона, соединенный трубопроводом с камерой окисления, а также ее диски выполнены в форме тарелок» [26]. На рисунке 8 представлена схема установки очистки воды озонированием.

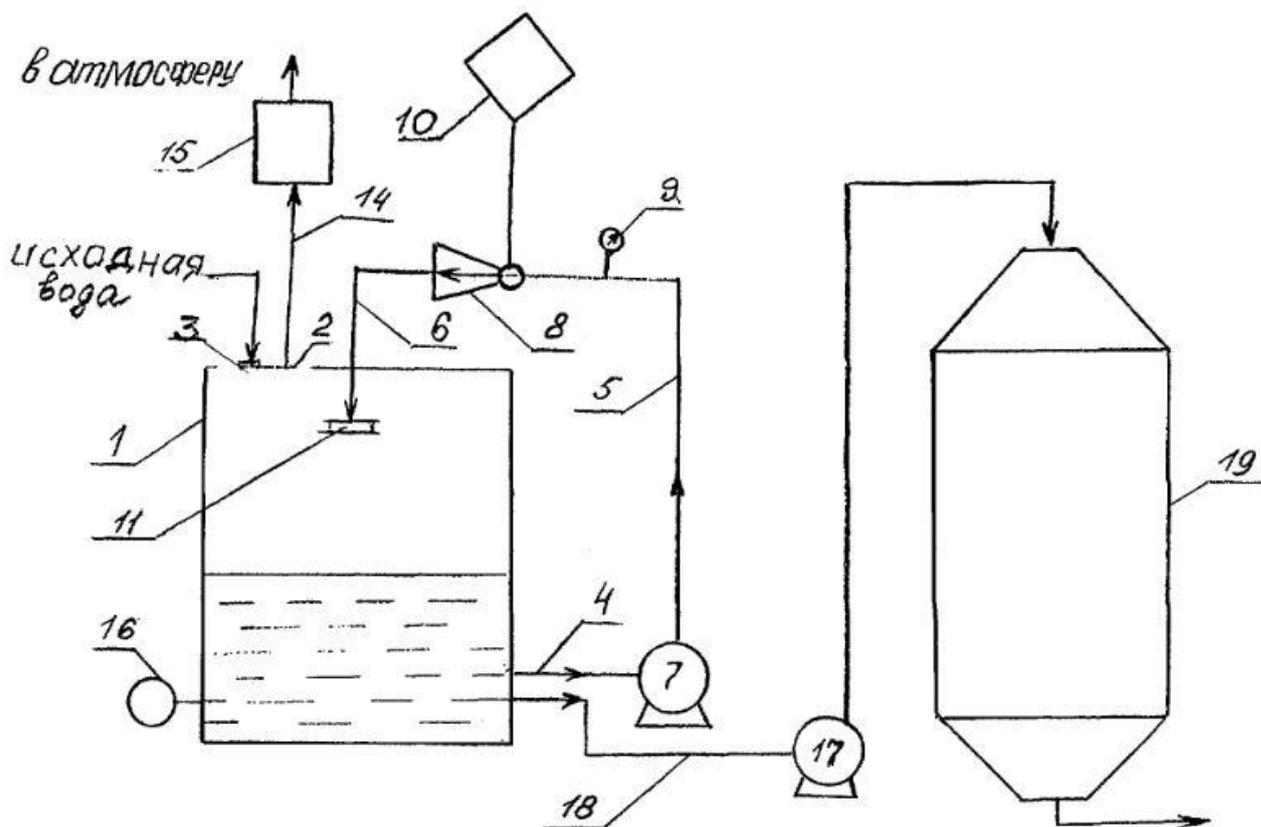


Рисунок 8 - Схема установки очистки воды озонированием [26]

Принцип работы данного устройства заключается в следующем: «Исходная вода поступает в камеру окисления 1 через патрубок 3 и насосом 7 по трубопроводам 4 и 5, составляющим вместе с трубопроводом 6 циркуляционный контур, направляется в эжектор 8, где в камере смешения эжектора 8 благодаря чередующимся стадиям сжатия и разряжения поток разгоняется до большой скорости, происходит тонкое диспергирование газов и водяного пара, и вода насыщается воздухом и озоном, который вырабатывается в генераторе озона 10. Объем засасываемой в эжектор 8 озонозодушной смеси достигает обычно 5 м3/ч (зависит от объема очищаемой воды). Концентрация озона в газозодной смеси, направляемой из эжектора 8 в камеру окисления 1, составляет 1-2% и более. Озон токсичен, поэтому избыточное его количество удаляется из камеры 1 известным способом в блоке разложения остаточного озона 15.

Обогащенная озоном вода по трубопроводу 6, являющемуся одним из трубопроводов циркуляционного контура, направляется в кавитатор 11, расположенный в камере окисления 1. Зазор между дисками, специфический угол наклона выступающих граней (сужение к зазору) создают особые условия для движения воды, попавшей в кавитатор через сквозной канал верхнего диска 12. Поступив через трубопровод в центральную часть кавитатора 11, вода под давлением движется от центра к периферии. При этом она многократно последовательно расширяется и сжимается, испытывая механические удары, завихрения, попадая в пространство между выступами, дает тонкую пленку при выходе из зазора между дисками. Это обеспечивает высокую степень диспергирования воды и газа, образующих систему «газ/жидкость» с коллоидно-дисперсным и грубодисперсным состоянием газозой фазы. В состав газозой фазы входят озон, кислород, водной пар. Турбулентные потоки насыщенной кислородом воды с большой скоростью вырываются из кавитатора по окружности и падают с высоты ~800 мм при высоте емкости ~2 м. Затем вода, прошедшая кавитационное устройство, соединяется с остальной частью воды, находящейся в нижней части камеры

окисления. Таким образом, обеспечиваются условия для интенсивного смешивания воды с газом. При этом концентрации кислорода и озона, находящихся как в истинно растворенном состоянии, так и в виде мелкодисперсных пузырьков в коллоидном состоянии, достигают максимально высоких значений. В камере окисления происходит многократное обращение воды, диспергирование озоновоздушноводяной смеси, активно протекают окислительные процессы. Это обеспечивает высокую эффективность удаления на фильтре окислившихся и скоагулированных загрязнителей. Обычная растворимость кислорода и озона в воде невелика (около 1 г/дм<sup>3</sup> при 25°С), в заявляемом устройстве концентрация озона, как показали эксперименты, достигает 10-20 г/дм<sup>3</sup>. Чем выше степень дисперсности озона, тем эффективнее протекает обработка воды.

Полученная водогазовая смесь многократно циркулирует через эжектор и кавитатор благодаря насосу 7. При этом автоматически контролируются давление (манометром 9) и уровень воды (измерителем 16) в системе, что исключает возникновение внештатных ситуаций, так как устройство автоматически отключается в случае нарушения заданного режима работы (устройство управления, включающая устройство включения/отключения исходной воды, на схеме не показано). Управление может быть осуществлено с помощью компьютера. Верхний заданный уровень определяется исходя из местоположения кавитатора и объема камеры окисления. Обычно уровень воды составляет половину объема камеры 1. При достижении заданного верхнего уровня воды в камере окисления автоматически через устройство включения/отключения подачи исходной воды выключается насос, подающий исходную воду. Включение этого насоса происходит при достижении нижнего допустимого заданного уровня воды в камере, который определяется местоположением трубопроводов 4 и 18 и временем обработки воды. Включение и выключение насоса производится автоматически, на основе показаний измерителя уровня

16 (устройство управления в заявке не рассматривается). Измеритель 16 позволяет синхронизировать работу установки с подающим насосом. Общее время пребывания воды в камере окисления, необходимое для окисления всех восстановленных форм загрязнителей, составляет 10-30 мин и зависит от состава исходной воды. Интенсивность воздействия газовой окислительной смеси можно менять за счет варьирования производительности насоса 7.

Стабильность работы эжектора, хорошее смешивание газа с водой достигается благодаря отсутствию в циркуляционном контуре, объединенном трубопроводами 4, 5, 6, деталей и узлов, создающих изменяющееся гидравлическое сопротивление. Манометр 9 служит чувствительным элементом, показывающим, что по трубопроводам 5 и 6 идет водогазовая смесь. Манометр обеспечивает надежность включения и работы генератора озона.

После достижения желаемого эффекта озонирования система с помощью гидравлических клапанов и затворов (не показаны) переключается на перекачивание воды насосом 17 в фильтр 19 для удаления осадка (преимущественно железосодержащего). Фильтр работает в автоматическом режиме, длительность фильтроцикла и регенерации задаются на основании контролируемых показателей. Очищенная вода направляется к потребителю» [26].

Следующей альтернативой хлорированию в водоподготовке является ультрафиолетовая очистка воды. «Суть метода ультрафиолетовой очистки заключается в том, что под воздействием ультрафиолетовых лучей происходит фотохимическая реакция в структуре молекулы ДНК и РНК, а также это излучение приводит к разрушению структуры мембран и клеточных стенок микроорганизмов, что приводит к их неминуемой гибели» [24].

Компания Millipore проводила исследования на данную тему. «Очищенная двумя системами Elix вода подавалась в два полиэтиленовых

резервуара емкостью по 60 л каждый. На резервуарах были установлены вентиляционные фильтры и модули для автоматической санитарной обработки воды (УФ-лампы мощностью 8 Вт и длиной волны 254 нм). Эксперименты проводились с двумя системами Elix: с УФ-лампой мощностью 6 Вт и длиной волны 254 нм и без лампы. Каждый день из резервуаров отбиралась половина запасенной воды, и затем две системы Elix автоматически включались, пополняя резервуары свежей водой.

Все измерения выполнялись каждый день в течение 2 месяцев, в одно и то же время. Первый образец воды отбирался через 24 часа после остановки системы очистки воды, второй — сразу после 10 мин. облучения УФ-лампами внутренних поверхностей резервуаров, и третий — после заполнения резервуаров свежей водой. Результаты экспериментов, приведенные на рисунке 9, показали, что после 10-минутного облучения резервуара содержание бактерий в нем снижалось в 50 раз, если в резервуар поступала очищенная вода из системы без УФ-лампы, и от 5 до 10 раз, если к резервуару была подключена система Elix со встроенной УФ-лампой» [26].

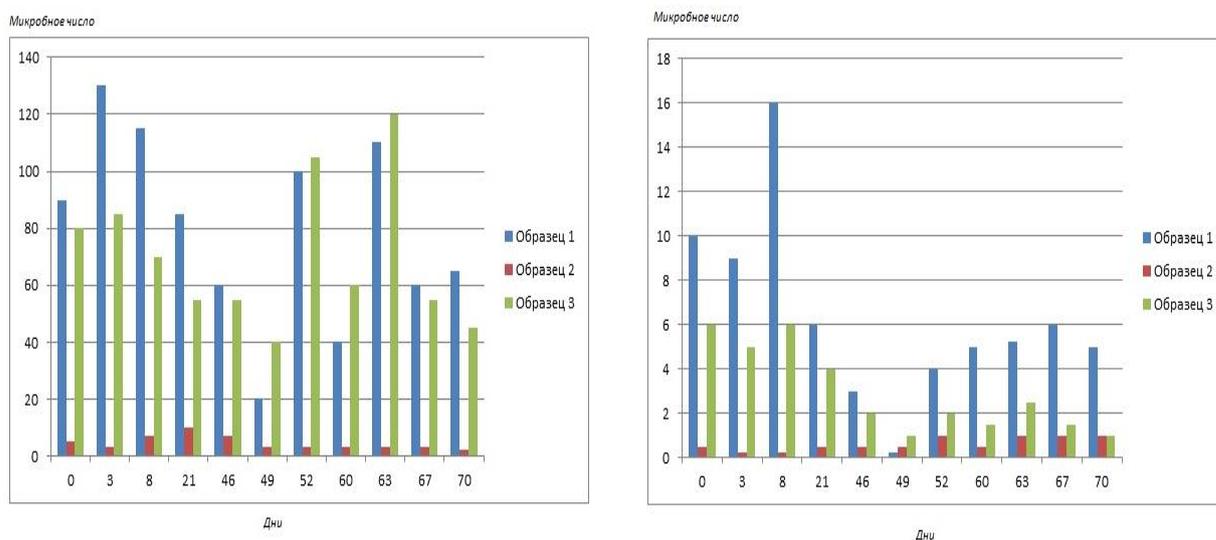


Рисунок 9 – Содержание микробов в трех образцах воды от системы очистки без УФ-лампы (левый рисунок) и со встроенной УФ-лампой (правый рисунок) [26]

«Во втором случае эффект был ниже из-за того, что в резервуаре накапливалась вода, прошедшая предварительную УФ-обработку в системе очистки воды. Содержание бактерий в воде, полученной при помощи системы со встроенной УФ-лампой, было в 10 раз меньше (не более 10 кое/мл), чем без предварительной УФ-обработки. Было обнаружено, что при заполнении резервуара водой с предварительной УФ-обработкой содержание бактерий в резервуаре на всех этапах эксперимента (в образцах 1, 2 и 3) было значительно ниже, чем без нее. И с другой стороны, микробный счет в эксперименте с системой очистки без УФ-лампы оставался неизменным во всех трех образцах воды. Наибольшее снижение бактерий наблюдалось при двухступенчатой схеме УФ-обработки: в системе очистки и в резервуаре» [27].

Для возможности применения метода очистки воды озонированием и ультрафиолетом, Медришом Г.Л., Семеновой М.А. и Корягиным О.Г. предложено «Устройство для обеззараживания воды ультрафиолетом и озоном [28]. На рисунке 10 представлена схема устройства для обеззараживания воды ультрафиолетом и озоном.

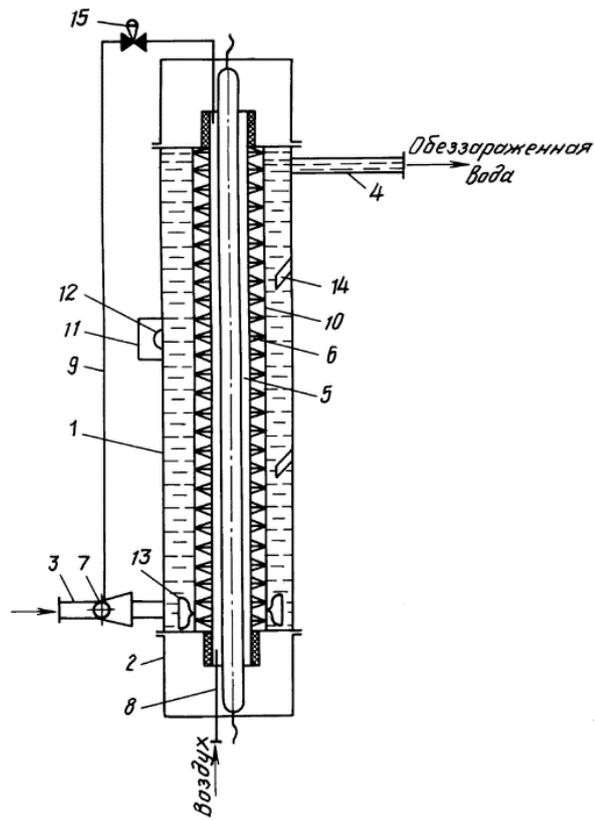


Рисунок 10 - Схема устройства для обеззараживания воды ультрафиолетом и озоном [28]

«Устройство состоит из цилиндрического корпуса 1 с торцовыми крышками 2, патрубками 3 и 4 для подвода исходной воды и отвода обработанной воды соответственно 4. Бактерицидная лампа 5 расположена в защитном кварцевом чехле 6, который коаксиально установлен в корпусе 1. Эжектор 7 установлен на патрубке 3 для подвода исходной воды, при этом полость кварцевого чехла 6 соединена патрубком 8 ввода воздуха с источником воздуха (атмосферой) и трубопроводом 9 рециркуляции озонозодушной смеси с вакуумной полостью эжектора 7. Прочистное устройство 10 щеточного типа расположено коаксиально кварцевому чехлу 6 по всей его длине с возможностью вращения вокруг него. Система 11 контроля ультрафиолетового излучения с фотоприемником 12 установлена в стенке корпуса 1. Лопатки 13, выполненные в виде крыльчатки, установлены в корпусе 1 напротив патрубка 3 подвода исходной воды и соединены с прочистным устройством 10. Направители 14 течения, выполненные в виде выступов, расположены по спирали на внутренней поверхности стенки корпуса 1, а на трубопроводе 9 рециркуляции озонозодушной смеси установлен вентиль 15 для регулировки расхода воздуха» [28].

Принцип действия устройства заключается в том, что: «корпус 1 заполняют водой через патрубок 3 подвода исходной воды, после чего включают бактерицидную лампу 5 ультрафиолетового излучения. Обработываемая сточная вода, подаваемая тангенциально корпусу 1 через патрубок 3, ударяется о лопатки 13, расположенные напротив патрубка 3, приводит их во вращение и изменяет направление движения, при этом, продвигаясь вдоль кварцевого чехла 6 и ударяясь последовательно о направители 14 течения, расположенные по спирали на внутренней поверхности стенки корпуса 1, поток воды турбулизируется, что способствует его интенсивному перемешиванию при обработке. Лопатки 13, соединенные с прочистным устройством 10 щеточного типа кварцевого чехла 6, приводят его во вращение. Вращающееся прочистное устройство создает дополнительную турбулентность потока и предотвращает обрастание

отложений на кварцевом чехле 6. Через патрубок 8 ввода воздуха в кварцевый чехол подается воздух, который желательно предварительно осушить, например, пропусканием через силикагель. В процессе движения воздуха через кварцевый чехол 6 под воздействием ультрафиолетового излучения бактерицидной лампы 5 в нем образуется озон, который в виде озono-воздушной смеси по трубопроводу 9 рециркуляции подают в вакуумную полость эжектора 7 для смешения с исходной водой, подаваемой на обеззараживание через патрубок 3. Обеззараженную воду через патрубок 4 отвода обработанной воды подают для дальнейшего использования» [28].

«По мере изменения расхода воздуха через кварцевый чехол, влажности, давления и т.п. концентрация озона в озono-воздушной смеси может также изменяться. Для ведения процесса с максимально возможным выходом озона трубопровод 9 рециркуляции озono-воздушной смеси снабжен вентилем 15 для регулирования расхода озono-воздушной смеси.

В процессе эксплуатации бактерицидная лампа стареет, кварцевый чехол обрастает отложениями, что приводит к снижению интенсивности воздействия ультрафиолетового излучения на обрабатываемую воду. Предусмотренная в устройстве система 11 контроля ультрафиолетового излучения с фотоприемником 12, установленная в стенке корпуса 1, позволяет поддерживать необходимую и достаточную для бактерицидных целей интенсивность ультрафиолетового излучения» [28].

Описанные альтернативные методы действенны и справляются со своей поставленной задачей. Но главный недостаток их использования это высокая стоимость внедрения и эксплуатации. Реконструкция производства, требуемая при внедрении и использовании данных способов, приведет к значительным временным и финансовым потерям.

«Анализ возможных причин возникновения аварий на опасном производственном объекте «Склад хлора» показал обширность различных факторов, влияющих на возникновение возможных аварийных ситуаций. К этим факторам относятся: разгерметизация запорной арматуры, фланцевых и

сварных соединений, механические повреждения оборудования, коррозионное и тепловое воздействие на него, взрыв три хлорида азота, попадание в сосуды с жидким хлором посторонних веществ, гидравлический разрыв или разгерметизация сосудов (железнодорожные цистерны, танки, контейнеры, баллоны) при их переполнении жидким хлором, дефекты и усталостные явления в металле и сварных элементах сосудов и трубопроводов, ошибки, допущенные при проектировании, изготовлении, монтаже, ремонте и выполнении технологических операций в процессе производства, хранения и потребления хлора.

Утечки хлора из трубопровода, емкости или контейнера, как правило, образуются из-за точечной коррозии стали, из которой они изготовлены. Но не исключен тот факт, когда процесс коррозии протекает и вне контейнера или трубопровода. Данный процесс протекает наиболее интенсивно и зависит от относительной влажности воздуха, загазованности атмосферы хлором, температуры и ее градиента» [33].

### **3.2 Описание технического устройства, повышающего уровень производственной безопасности на ОПО**

«На основании проведенного анализа возможных причин возникновения аварий на опасном производственном объекте «Склад хлора» было предложено внедрение камеры для локализации разгерметизированного стандартного контейнера с жидким хлором [29], целью установки которого является обеспечение безопасности при работе с поврежденным контейнером и предотвращения загрязнения окружающей среды при одновременном использовании хлора для обеззараживания воды или сточных вод» [33]. Данное решение описано в опубликованной в научном журнале «СИБАК» в научной статье «Анализ действующей системы промышленной безопасности на опасном производственном объекте «Склад хлора» и разработка технического метода повышения уровня техносферной

безопасности» [33]. Схема полезной модели установки приведена на рисунке 11.

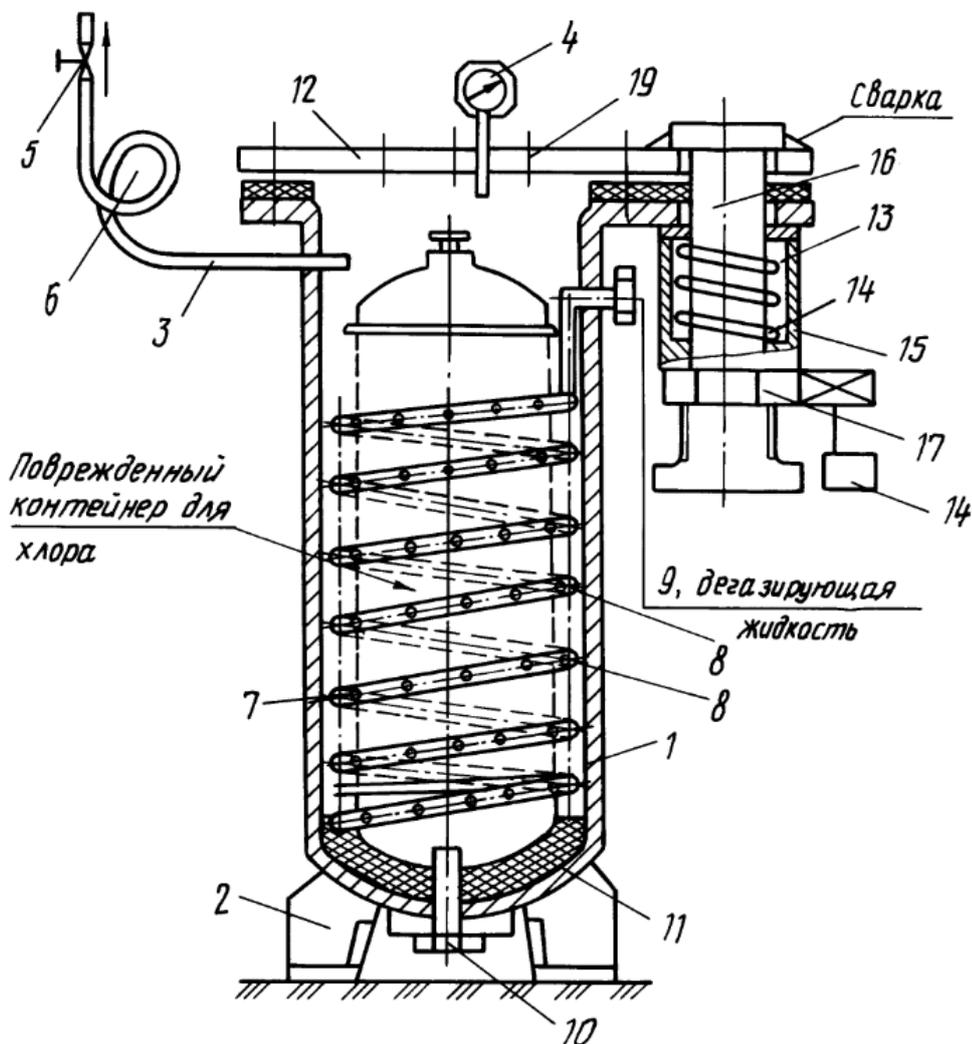


Рисунок 11 - Схема камеры для локализации разгерметизированного стандартного контейнера с жидким хлором [29]

«Принцип работы данного изобретения заключается в том, что поврежденный контейнер помещают в специальную емкость, в которой происходит процесс дегазации и тем самым предотвращается распространение хлора по воздуху. Герметичная вертикальная цилиндрическая емкость 1 камеры снабжена устройством горизонтального перемещения крышки с компенсатором 13 массы и устройством 7 для дегазации хлора, которое выполнено в виде системы перфорированных трубопроводов 8, расположенных в цилиндрической

емкости 1 с образованием вертикального гнезда для установки обрабатываемого контейнера. При этом устройство горизонтального перемещения крышки с компенсатором массы выполнено в виде оси 16, снабженной пружиной сжатия-кручения 14, установленной в стакане 15, причем один конец оси 16 прикреплен к крышке 12 емкости 1, а другой выполнен с резьбой под штурвальную гайку, связанную с приводом» [29]. Внедрение данного изобретения целесообразно из-за его простоты и относительной дешевизны. Исключается потребность переоборудования здания хлораторной, а также исключаются кардинальные изменения технологического процесса» [33].

В научной статье van Be, N., Hornstra, L.M., van der Veen, A., Medema, G. «Efficacy of Flushing and Chlorination in Removing Microorganisms from a Pilot Drinking Water Distribution System» [30] научного журнала «Water» говорится о еще одном преимуществе использования метода хлорирования при обеззараживании воды. Так как цех ОСК занимается очисткой канализационных стоков города, этот метод будет являться более действенным по сравнению с аналогичными, так как «промывая распределительные системы было обнаружено образование микроорганизмов и биопленки, негативно влияющих на конечное качество воды» [30]. Для исключения развития патогенных микроорганизмов, исследователями применялось шоковое хлорирование. «Шоковое хлорирование начинали путем добавления концентрированного гипохлорита натрия в циркуляционный резервуар до концентрации 10 мг/л в воде всей системы. Концентрация свободного хлора измерялась через 20 мин, 1-3-6-24 ч. Во время процедур промывки и хлорирования пробы воды и биопленки отбирали в разные моменты времени, в зависимости от эксперимента: после 3-6-10-15 объемов промывки (объем промываемого участка трубы, т. е. 3 объема промывки означает, что объем участка трубы был заменен три раза) и после 1, 6 и 24 ч времени контакта с хлором» [30]. В результате проведенных опытов выяснилось, что применяемый метод хлорирования полностью

очищает воду от микроорганизмов, что влияет на качество конечного продукта – питьевой воды.

Сравнивая имеющийся метод очистки воды хлорированием с его аналогами, был получен вывод о нецелесообразности изменения технологического процесса и полного отказа от хлора. Так же, сравнивая используемый метод хлорирования при очистке сточных вод с его аналогами, раскрывается еще одно преимущество этого способа. Оно заключается в том, что метод хлорирования воды не оставляет в конечном продукте мутности. Американскими учеными было проведено исследование, в ходе которого наблюдались образцы сточной воды, в которые был добавлен в разных концентрациях свободный хлор. «После добавления в образцы воды хлора показатель мутности (NTU) снижался в зависимости от содержания в растворе свободного хлора (MF). В ходе эксперимента установлено, что в 10 из 12 образцов добавление хлора влияет положительней на 83% при изначальной мутности более 5 NTU, тогда как для 6/8 образцов имеющих показатель мутности менее 5 NTU эффективность добавления в раствор хлора оказалась положительней на 75%» [31]. На основании данного исследования можно сделать вывод о том, что прошедшая дезинфекцию и очистку хлором вода является прозрачной, без мутности, что положительно влияет на органолептические показатели очищенной воды.

Так же, касаясь образования побочных продуктов при обеззараживании питьевой воды разными методами очистки, хлорирование является наиболее действенным по сравнению со своими аналогами. Исследователи в данной области Urs von Gunten, Amy Driedger, Herve Gallard и Elisabeth Salhi поставили эксперимент на данную тему. Свои результаты они описали в научной статье «By-products formation during drinking water disinfection: a tool to assess disinfection efficiency?» научного журнала «Water Research»: «В очистке питьевой воды, инактивация из микроорганизмов увеличивается с увеличением экспозиции дезинфицирующего средства (произведение концентрации и времени контакта, КТ). Кроме того,

образование нежелательных (токсичных) побочных продуктов увеличиваются с КТ. Обеззараживание питьевой воды озонированием повлекло за собой образование брома, причем его концентрация в конечном растворе была пропорциональна КТ» [32].

Использование хлора как химический способ борьбы с биологическими обрастаниями является действенным методом, так как свойства хлора губительны для микроорганизмов-обрастателей. Использование хлора эффективно против бактерий дозой 1-2 мг/л (считая по остаточному активному хлору).

В статье «Методы борьбы с биологическими обрастаниями» Филимоновой В. А. и Харчевниковой Е. О. научного журнала «Вологдинские чтения» сформулирован вывод о том, почему при хлор эффективен против бактерий и вредных микроорганизмов: «Предпочтение хлору отдают по той причине, что он дешев, удобен в обращении и в водах с  $\text{pH} = 6 - 8$  разрушает органические примеси путем их окисления, затраты труда на его введение и контроль за обработкой минимальные. Кроме того, при оптимальных для практики концентрациях он не вызывает коррозии металла или бетона, причем кратковременно могут быть допущены концентрации даже до 100 мг/л» [34].

Еще одним дезинфектантом на ряду с хлором является гипохлорит натрия. Но данный дезинфектант имеет не такое широкое применение из-за его эксплуатационных параметров. Сравнивая эксплуатационные параметры хлора и гипохлорита натрия можно сделать вывод о том, что затраты предприятий на газообразный хлор значительно ниже, чем затраты на гипохлорит натрия. Газообразный хлор просто встраивается в имеющуюся систему очистки воды, чего не сказать про гипохлорит натрия. Так же, организовать складское хранение газообразного хлора легко, по сравнению с гипохлоритом натрия, так как прослеживается потеря активности вещества по истечению 10 суток. Срок службы оборудования, применяемого при использовании газообразного хлора более 15 лет, что втрое больше срока

службы оборудования, применяемого при использовании гипохлорита натрия. Транспортные затраты на газообразный хлор значительно ниже транспортных затрат на гипохлорит натрия. Это объясняется увеличением объема транспортировки железнодорожных цистерн с гипохлоритом натрия. Помимо этого, удельные затраты при использовании газообразного хлора падают с ростом расхода химического вещества, а при применении гипохлорита натрия удельные затраты растут с ростом расхода химического вещества.

Из таблицы видно, что для предприятий, только начинающих заниматься очисткой воды внедрение хлора выгоднее по сравнению с внедрением гипохлорита натрия. Данное мнение подтверждается в научной статье Кожевникова А.Б. и Петросяна О.П. «Хлорирование и микробиологическая безопасность воды» научного журнала «Водоснабжение и водоотведение»: «Замена хлора на гипохлорит увеличивает себестоимость воды, ухудшая ее качество по бактериологическим показателям и химическому составу. Более того, поскольку объекты, использующие газообразный хлор, всегда входили в категорию опасных производственных объектов и находились под контролем Госгортехнадзора, они, как правило, должны соответствовать требованиям Федерального закона № 116-ФЗ. Отечественная промышленность производит полный перечень оборудования, имеющего разрешение на применение на опасных объектах. Задача сводится лишь к проведению регламентных работ, замене морально устаревшего оборудования, внедрению систем автоматизации, ограничивающих влияние человеческого фактора» [35].

Применяя хлор при водоподготовке следует использовать современное оборудование, имеющее разрешение к применению его на ОПО. Выполнение этого правила позволяет надежно и безопасно проводить дезинфекцию воды и очистку ее от вредных примесей. На рисунке 12 представлена схема автоматической дезинфекции воды на основе данных о потоке воды и содержании хлора в воде. «В схеме используются два вакуумных хлоратора,

автоматический вакуумный переключатель 4, который автоматически отключает пустые баллоны, электромеханический вентиль (ЭМДВ), работающий на основе сигналов, поступающих с аквапроцессора 13. Аквапроцессор обрабатывает данные анализатора хлора в воде 14 и расходомера воды 16 и определяет сигналы на открытие или закрытие ЭМДВ для поддержания заданного значения остаточного хлора в воде. В случае утечки хлора в воздух автоматически включается система нейтрализации газообразного хлора 17» [35].

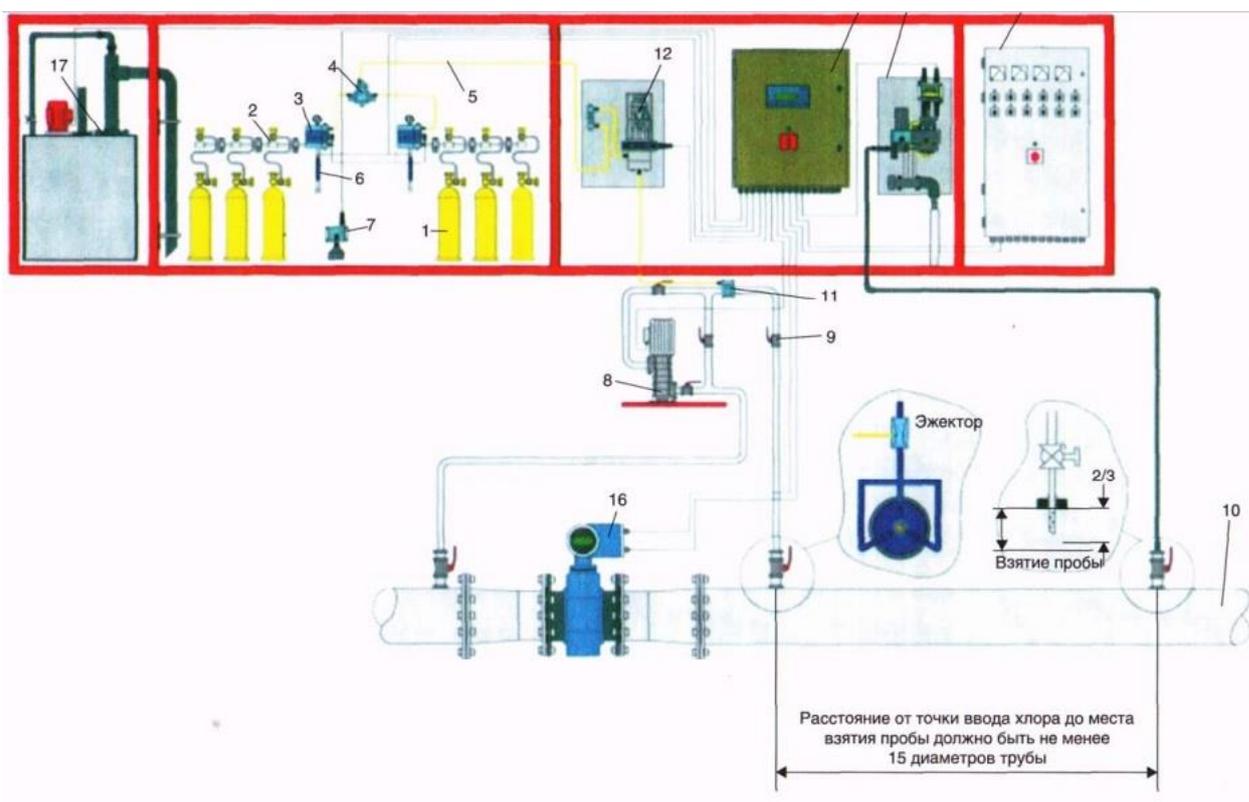


Рисунок 12 - Схема автоматической дезинфекции воды на основе данных о потоке воды и содержании хлора в воде [35]

В мировой практике хлор получил широкое применение и используется наиболее часто в вопросах об обеззараживании питьевой воды. В 99 случаях из 100 организации водоподготовки используют в своей деятельности хлор или хлорсодержащие продукты. На рисунке 13 показаны объемы потребления хлора для дезинфекции воды в США и в России.

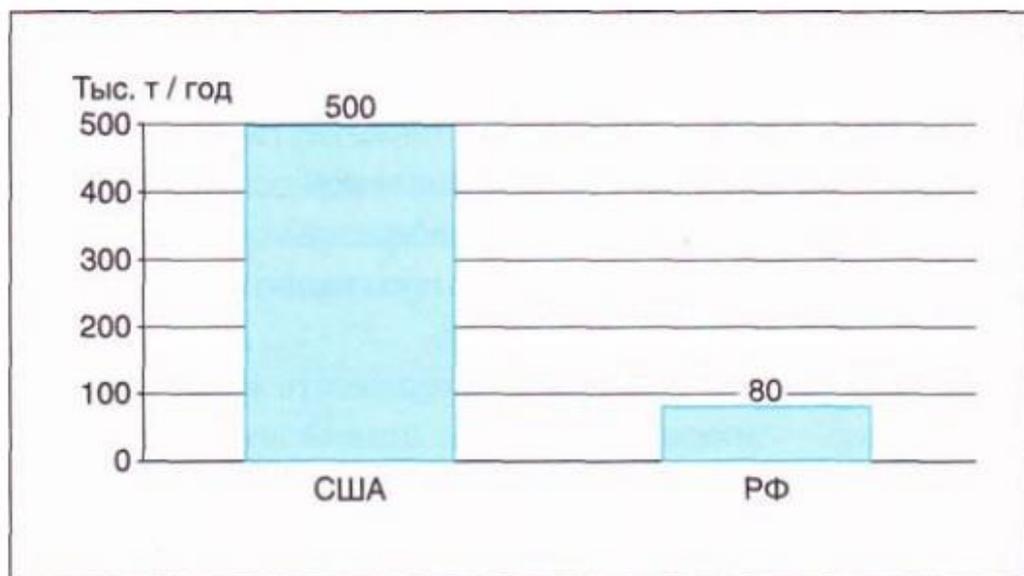


Рисунок 13 - Объемы потребления хлора для дезинфекции воды в США и в России

Из представленного рисунка мы видим, что США использует не менее 500 тысяч тонн ежегодно, что более чем на 400 тонн больше чем в России.

### 3.3 Выводы по третьему разделу

В третьем разделе приведен анализ результатов исследований по теме магистерской диссертации, сформулированы выводы и рекомендации, а именно, предложено внедрение технического устройства, повышающего уровень промышленной безопасности ООО «АВК» без значительных изменений действующего технологического процесса.

## Заключение

В ходе выполнения данного исследования был рассмотрен вопрос об оценке текущего состояния системы промышленной безопасности в ООО «АВК» и ее совершенствовании. На основании проведенной работы получены следующие результаты:

1. Проведенный информационно-аналитический обзор требований, предъявляемых к организациям очистки воды, показал необходимость совершенствования системы производственной безопасности при использовании хлора.

2. Проведенный анализ возможных причин возникновения аварий на опасном производственном объекте «Склад хлора» цеха ОСК показал, что утечки хлора из трубопровода, емкости или контейнера, как правило, образуются из-за точечной коррозии стали, из которой они изготовлены.

3. Рассмотрены альтернативные методы очистки воды без применения хлора, такие как озонирование и ультрафиолетовая очистка. Но применение данных методов нецелесообразно, ввиду их дороговизны внедрения.

4. Предложено внедрение технического устройства, позволяющего локализовать утечку хлора из емкости, тем самым исключить отравление персонала, а также минимизировать последствия аварии.

5. Предложенный способ внедрения технического устройства, повышающего уровень производственной безопасности, может быть использован ООО «АВК», а также подобными организациями, очищающими воду хлорированием. Данный способ также может быть полезен организациям, занимающимся транспортировкой хлора в емкостях.

## Список используемых источников

1. Об утверждении доклада о правоприменительной практике контрольно-надзорной деятельности в федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору при осуществлении федерального государственного надзора в области промышленной безопасности за 9 месяцев 2017 года [Электронный ресурс] : Приказ Ростехнадзора от 28 декабря 2017 г. № 595. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_287569/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_287569/) (дата обращения 05.06.2020).

2. Макотрина Л. В., Зверькова А. С. Влияние обеззараживания питьевой воды хлором на здоровье человека // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2011. №1 С.1.

3. О водоснабжении и водоотведении [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 07.12.2011 № 416-ФЗ. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=314392&fld=134&dst=1000000001,0&rnd=0.09344879177087906#0930359108118276> (дата обращения 05.06.2020).

4. О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=303638&fld=134&dst=1000000001,0&rnd=0.6095672083518486#06962896637399132> (дата обращения 05.06.2020).

5. Сазонова С.А. Надежность технических систем и техногенный риск: учеб. пособие. М. ; ГАСУ:ЭБС ; Воронеж : АСВ, 2013. 147 с.

6. Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 27.07.10 № 225-ФЗ. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_103102/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_103102/) (дата обращения 05.06.2020).

7. Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций [Электронный ресурс] : Постановление Минтруда РФ и Минобразования РФ от 13 января 2003 г. № 1/29. URL: <http://base.garant.ru/185522/> (дата обращения 05.06.2020).

8. Межотраслевые правила обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты [Электронный ресурс] : Приказ Минздравсоцразвития России от 1 июня 2009 г. № 290н. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_91478/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_91478/) (дата обращения 05.06.2020).

9. Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры, и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда [Электронный ресурс] : Приказ Минздравсоцразвития России от 12 апреля 2011 г. № 302н. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_120902/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_120902/) (дата обращения 05.06.2020).

10. О специальной оценке условий труда [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_156555/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156555/) (дата обращения 05.06.2020).

11. Буклешев Д.О. Определение характера дефектов путем исследования внутренней структуры элементов сварных соединений газопровода различными методами // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 10-1. С. 7-12

12. Агишев В. Н. Совершенствование методов определения остаточного ресурса газопроводов с дефектами формы труб/ Дис. канд. техн. наук. М. : Астрель ; Уфа : 2005. 136 с.

13. О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам подтверждения компетентности работников опасных производственных объектов, гидротехнических сооружений и объектов электроэнергетики [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 29.07.2018 № 271-ФЗ. URL: <https://base.garant.ru/72000024/> (дата обращения 05.06.2020).

14. Об утверждении Требований к форме представления организацией, эксплуатирующей опасный производственный объект, сведений об организации производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности в Федеральную службу по экологическому, технологическому и атомному надзору [Электронный ресурс] : Приказ Ростехнадзора от 23.01.2014 № 25. URL: <http://base.garant.ru/70646946/> (дата обращения 05.06.2020).

15. Об утверждении Положения о разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 26.08.2013 № 730. URL: <http://docs.cntd.ru/document/499041197> (дата обращения 05.06.2020).

16. Об утверждении рекомендаций по разработке планов локализации и ликвидации аварий на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах [Электронный ресурс] : Приказ Ростехнадзора от 26.12.2012 № 781. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902389563>. (дата обращения 05.06.2020).

17. Об утверждении Порядка создания нештатных аварийно-спасательных формирований [Электронный ресурс] : Приказ МЧС России от 23.12.2005 № 999 (ред. от 30.06.2014). URL: <http://www.mchs.gov.ru/document/4320103> (дата обращения 05.06.2020).

18. О гражданской обороне [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 12.02.1998 № 28-ФЗ (ред. от 30.12.2015). URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_17861/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_17861/) (дата обращения 05.06.2020).

19. Eslam Kashi1, Farshad Mirzaei, Farzad Mirzaei. Analysis of chlorine gas incident simulation and dispersion within a complex and populated urban area via computational fluid dynamics // *Advances in Environmental Technology*. – 2015. №1 – PP. 49-58.

20. Rashtian, J., Chavkin, D.E., Merhi, Z. Water and soil pollution as determinant of water and food quality/contamination and its impact on female fertility // *Reprod Biol Endocrinol* №17 – 2019. – PP. 5.

21. Об утверждении доклада о правоприменительной практике контрольно-надзорной деятельности в Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору при осуществлении федерального государственного надзора в области промышленной безопасности за 9 месяцев 2019 года [Электронный ресурс] : Приказ Ростехнадзора от 24.12.2019 № 507. URL : <http://docs.cntd.ru/document/564068284> (дата обращения 05.06.2020).

22. Муллина Э.Р. ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА ХЛОРИРОВАНИЯ ВОДЫ // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2016. – № 12-4. – С. 609-613

23. Агалакова Л.М., Гагарский К.Н., Мансурова А.А., Матвейчук И.В., Пантелеев В.И., Мамаев Г.А., Розанов В.В. Озонаторная установка для обеззараживания питьевой воды // *МЕДИЦИНСКИЙ АЛЬМАНАХ*. 2013. №3. С. 27.

24. Самойлова К.И., Тратникова А.А. Обеззараживание сточных вод ультрафиолетовым излучением // *Colloquium-journal*. 2019. №2-2 С.26.

25. Анопольский В. Н., Фельдштейн Г. Н., Фельдштейн Е. Г. Некоторые аспекты водоснабжения и охраны гидросферы от загрязнения (по

опыту научно-инженерного центра «Потенциал-2») часть 1: Водоснабжение // Биосфера. 2010. №2.

26. Пат. 2228916 Российская Федерация, МПК C02F9/04. Установка для очистки воды озонированием / Патрушев Е.И., Лукашевич О.Д.; заявитель и патентообладатель Томский государственный архитектурно-строительный университет - №2003103915/15; заявл. 10.02.2003; опубл. 20.05.2004.

27. Яловега Вячеслав УФ-ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДЫ (часть 2) // Ремедиум. 2006. №6.

28. Пат. 2042637 Российская Федерация, МПК C02F1/32. Устройство для обеззараживания воды ультрафиолетом и озоном / Медриш Г.Л., Семенова М.А., Корягин О.Г.; заявитель и патентообладатель Научно-Исследовательский Институт Коммунального Водоснабжения И Очистки Воды - №93037147/26; заявл. 21.06.1993; опубл. 27.08.1995.

29. Пат. 2026101 Российская Федерация, МПК A62D 3/00. Камера для локализации разгерметизированного стандартного контейнера с жидким хлором / Лебедев О.В., Салиходжаев З.Т., Крыженков В. А., Хромова Г. А., Латыпов Ш. Ш.; заявитель и патентообладатель Институт механики и сейсмостойкости сооружений им. М.Т. Уразбаева АН Республики Узбекистан - № 4938841/23; заявл. 22.05.91; опубл. 09.01.95.

30. Nikki van Bel; Hornstra, L.M.; van der Veen, A.; Medema, G. Efficacy of Flushing and Chlorination in Removing Microorganisms from a Pilot Drinking Water Distribution System. *Water* 2019, 11, 903.

31. M W LeChevallier, T M Evans, R J Seidler. Effect of turbidity on chlorination efficiency and bacterial persistence in drinking water. *Applied and Environmental Microbiology* Jul 2019, 42 (1) 159-167.

32. Urs von Gunten, Amy Driedger, Herve Gallard, Elisabeth Salhi. By-products formation during drinking water disinfection: a tool to assess disinfection efficiency? *Water Research* Jun 2018, 35 (8) 2095-2099.

33. Щербатов Д.Ю. Анализ действующей системы промышленной безопасности на опасном производственном объекте «Склад хлора» и

разработка технического метода повышения уровня техносферной безопасности // Студенческий: электрон. научн. журн. 2020. № 11(97). URL: <https://sibac.info/journal/student/97/172858>.

34. Филимонова В. А., Харчевникова Е. О. Методы борьбы с биологическими обрастаниями // Вологдинские чтения. 2009. №76.

35. Кожевников А. Б., Петросян О. П. Хлорирование и микробиологическая безопасность воды // Водоснабжение и водоотведение. – 2008. – №. 10. – С. 43-53.