

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

Архитектурно-строительный институт

(наименование института полностью)

Центр инженерного оборудования

(наименование)

08.04.01 Строительство

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Водоснабжение городов и промышленных предприятий

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Совершенствование технологии очистки поверхностных вод
для промышленного водоснабжения АО «АвтоВАЗ»

Студент

Е.И. Гольцова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный руководитель

док. техн. наук, профессор, В.А. Селезнев

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

Тольятти 2021

Оглавление

Введение.....	3
Глава 1 Анализ проблем систем водоочистки и водоподготовки на предприятии.....	8
1.1 Технологические схемы, применяемые при обработке воды	10
1.2 Реагенты и условия их применения	15
1.2.1 Коагулянты	16
1.2.2 Флокулянты	19
1.2.3 Выбор реагента.....	20
1.3 Рассмотрение технологии реагентной обработки воды.....	22
1.3.1 Смесители	24
1.3.2 Камеры хлопьеобразования	28
1.3.3 Осветлители с взвешенным слоем осадка.....	32
1.4 Принцип работы очищающих веществ	39
Глава 2 Существующая система водоочистки и водоподготовки	46
Глава 3 Совершенствование технологической схемы водоподготовки на ООО «Автоградводоканал».....	56
Заключение	67
Список используемых источников.....	69

Введение

Актуальность темы. Жители прогрессивных государств воспринимают наличие хозяйственно-бытовой воды надлежащего качества как нечто привычное. На данный момент развития общества и прогресса, техногенное загрязнение затронуло практически все эти жизненно важные ресурсы. Крайне сильно подверглись загрязнению подземные и поверхностные воды. По данным Всемирной Организации Здравоохранения, около восьмидесяти процентов заболеваний человечества связаны с питьевой водой низкого качества с высоким содержанием неочищенных примесей. Эксплуатация водных ресурсов со временем привела к изменению общей гидрогеологической ситуации и серьезной смене водного баланса. Серьезное влияние это оказало на состояние поверхностных источников водоснабжения, их загрязнение и связанных с этим изменений в свойствах и качестве воды.

«Питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства. Качество воды определяют ее составом и свойствами при поступлении в водопроводную сеть; в точках водоразбора наружной и внутренней водопроводной сети. Микробиологические показатели воды. Безопасность воды в эпидемическом отношении определяют общим числом микроорганизмов и числом бактерий группы кишечных палочек. По микробиологическим показателям питьевая вода должна соответствовать требованиям, указанным в таблице 1» [9]

Таблица 1 – Микробиологические показатели питьевой воды согласно ГОСТ 2874-82

Наименование показателя	Норматив	Метод испытания
Число микроорганизмов в 1 см ³ воды, не более	100	ГОСТ 18963
Число бактерий группы кишечных палочек в 1 дм ³	3	ГОСТ 18963

Очевидно, что здоровье населения напрямую зависит от многочисленных факторов, и одним из ключевых является водоснабжение. «По предварительным оценкам ПРООН, из-за отсутствия системы водоснабжения и канализации возникает более половины заболеваний в странах третьего мира. Каждый год от дизентерии в менее прогрессивных странах умирает почти два миллиона детей. Создание централизованного водопровода и канализационной системы в США и Лондоне более века назад совпало с существенным снижением смертности среди детей и самым большим ростом значений средней продолжительности жизни за всю историю человечества» [16].

«По расчетам Всемирной Организации Здравоохранения, отсутствие систем водоочистки обходится развивающимся странам в сто семьдесят миллиардов долларов в год, что составляет 2,6% от ВВП США. Страны Экваториальной Африки теряют примерно 5% от ВВП ежегодно, т.е. 28,4 млрд. долл. США» [16].

Основной проблемой, с которой сталкивается отрасль водоснабжения городов и предприятий в сфере водоснабжения, по оценкам специалистов, является устаревшая сеть водоснабжения.

На промышленных предприятиях производственные процессы напрямую связанных с крупным использованием воды для производства продукции, для систем пожаротушения, а также для хозяйственно-питьевых нужд. От качества поставляемой воды зависит здоровье сотрудников, качество выпускаемой продукции. С экономической точки зрения, целесообразно было бы содержать поставляемую воду на уровне санитарно-технических условий.

«Количество и качество технической воды, необходимое каждому предприятию, определяется масштабом и характером его технологических процессов. В свою очередь, эффективность работы любого промышленного предприятия во многом зависит от организации снабжения его водой требуемых параметров» [13].

Для наибольшей эффективности использования водных ресурсов на предприятии необходимо стремиться к замкнутой системе водоснабжения, когда для производственных нужд используется единожды взятая вода, которая после использования очищается и направляется на повторное использование с минимальной подпиткой из водного источника.

В связи с тем, что замкнутая система гораздо дороже, требует реконструкции всей системы водоснабжения и больших затрат на содержание каждой ступени очистки, прийти к ней на данный момент не представляется возможным.

Более реально на данный момент усовершенствовать существующую систему водоочистки и водоподготовки, устанавливаемой между водозабором и потребителем. Подача неподготовленной воды приводит к перерасходу топлива и электроэнергии, выходу из строя технологического оборудования и снижению срока эксплуатации трубопроводов, так как недостаточная очищенная вода содержит нефтепродукты, соли, металлы и пр.

В данной работе рассматривается водоподготовка для нужд машиностроительного завода АО «АвтоВАЗ». Источником водоснабжения для него является Куйбышевское водохранилище, откуда вода поступает для очистки на ООО «Автоград водоканал».

Водоохранилище рассчитано на сезонное регулирование стока воды. В зависимости от времени года с изменением уровня воды выделяют три периода: весеннее наполнение, летнее-осеннее стабильное (относительно) положение уровня водохранилища и период осенне-зимней сработки (уровень воды снижается до сорока девяти метров).

Качество воды Куйбышевского водохранилища зависит от поступающего загрязнителя и предприятия, а также от водоотвода города непосредственно выше по течению. Хотя городской совет устанавливает систему очистки воды перед сбросом воды в реку, я не могу выполнить полную очистку воды. Продолжительный промышленный дренаж города,

включая азот и фосфор, местную дождевую воду, домашний дренаж вызывают биологическое загрязнение области моря.

Общую загрязненность водохранилища относят к третьему классу из шести возможных. По показателям фенола и меди ПДК превышена в 2-5 раз. В районе пляжей, расположенных ниже по течению после стоков АО «АвтоВАЗ», воду по степени очистки относят к максимальным классам загрязненности. Основными токсикантами водоема являются биогенные вещества, тяжелые металлы, нефтепродукты, фенолы.

Объект исследования: водопроводные очистные сооружения.

Предмет исследования: реагентная водоподготовка.

Цель работы: Рассмотрение реализованных мероприятий, направленных на модернизацию существующей технологической схемы водоподготовки промышленного предприятия (АО «АвтоВАЗ») и позволяющих соответствовать требуемым нормативам по очистке и водоподготовке для нужд предприятия.

Задачи:

1. На сооружениях водоочистки и водоподготовки АО «АвтоВАЗ» выполнить анализ существующей системы;
2. Разработать перечень технических мероприятий по совершенствованию системы очистки воды на сооружениях водоподготовки АО «АвтоВАЗ».
3. Выполнить эколого-экономическую оценку эффективности проведения разработанных мероприятий.
4. Предложить более эффективное или экономически выгодное оборудование, направленное на совершенствование очищенной воды.

Практическая значимость данной темы заключается в повсеместном использовании обработанной воды на промышленном предприятии. Она идет на хозяйственно-питьевые нужды, используется в качестве добавки к материалу для выпуска продукции, является теплообменной средой в котлах и теплообменниках. От качества поставляемой воды, зависит срок

эксплуатации оборудования, качество выпускаемой продукции и, в конце концов, здоровье сотрудников предприятия.

Методологическая основа исследования основана на изучении литературных источников, рассматриваемых в данной работе вопросы, а также практическое наблюдение за существующими системами водоочистных сооружений.

Научная новизна данной работы заключается в предложении использовать в качестве коагулянта полиалюминия хлорид вместо коагулянта сульфат алюминия и обоснование данного решения.

Апробация работы:

Основные положения опубликованы в двух работах автора:

1) Гольцова Е.И. Совершенствование системы очистки воды на сооружениях ООО «Автоград водоканал» // International Independent Scientific Journal, 2021

2) Гольцова Е.И. Повышение эффективности реагентной водоподготовки. В сборнике статей Всероссийской научно-практической конференции Природопользование и устойчивое развитие регионов России. – МНИЦ, Пенза, 2021.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения, библиографии из 30 наименований. Общий объем работы 71 стр., включая 20 иллюстраций, 3 таблиц.

Глава 1 Анализ проблем систем водоочистки и водоподготовки на предприятии

Вода – ключевая составляющая в производственном процессе. Необходимо проводить многоступенчатый комплекс водоочистки и водоподготовки, чтобы вода соответствовала всем требованиям для производственного оборудования. Водоподготовка направлена на использование чистой и качественной воды для хозяйственно-питьевых нужд, а при использовании на промышленном предприятии позволит избежать проблем с оборудованием (теплообменники, трубопроводы, паровые котлы и т.д.) и обеспечить надлежащее качество продукции. Для достижения этой цели, на водозаборных сооружениях, а также на самом предприятии устанавливается целый комплекс оборудования, цель которого очистить воду после забора ее из источника и подготовить для использования на предприятии.

Под влиянием антропогенных факторов, а также из-за различного загрязнения природного происхождения, в открытых водоемах качество воды не удовлетворяет предъявляемым требованиям.

«Отличительной чертой природных вод является присутствие в ней одновременно минеральных и органических примесей естественного происхождения, находящихся в коллоидном, грубодисперсном и растворенном состоянии» [8].

В связи с тем, что качество природной воды не соответствует предъявляемым требованиям, после забора воды из источника необходимо провести строительство (и регулярно проводить модернизацию) водоочистных объектов. Такие сооружения представляют собой многоступенчатый ряд установок и оборудования, проходя через которое, недопустимые примеси удаляются из воды и направляются к потребителю.

Способы улучшения качества воды предполагают процессы, связанные с корректированием ее химического состава и физических свойств, а также

этап обеззараживания. Даже при условии «принципиального различия целей этих методов обработки, они могут являться общими в зависимости от фазово-дисперсного состояния минеральных, биологических и органических примесей в воде.» [3]

«К первой группе примесей воды относятся взвешенные в воде вещества, а также бактериальные взвеси и другие биологические загрязнения. Удалить эти примеси можно как реагентным, так и безреагентным способом» [3].

Вторая группа водных примесей представляет собой совокупность гидрофобных и гидрофильных коллоидов, чтобы иметь свойство изменять степень агрессивности и гидрофильность коллоидной системы, детергента и материала макромолекул из воды различными методами и техническими приемами в зависимости от состояния. Например, путем обработки воды флокулянтами, коагулирующим агентом, хлором, известью, озоном и другими окислителями.

При использовании этого метода «цветность воды уменьшается, микроорганизмы разрушаются, а гидрофильные коллоиды, которые проявляют защитные свойства от гидрофобных примесей воды, разрушаются, создавая благоприятные условия» [5] для следующей фазы затвердевания и ускорения образования зелени.

«Для третьей группы примесей, являющихся молекулярными растворами, наиболее эффективные процессы, обеспечивающие удаление из воды, - аэрирование, окисление, адсорбция» [5].

«Для четвертой группы примесей, представляющих собой электролитические соединения, технология очистки воды сводится к связыванию реагентами ионов, подлежащих устранению, в малодиссоциированные и малорастворимые соединения» [5].

Все вещества, «загрязняющие водоемы, полностью охватываются четырьмя группами вышепредставленной классификации. Используя физико-химические свойства, характеризующие каждую группу примесей, можно

находить эффективные технологии удаления находящихся в воде загрязнений.» [2].

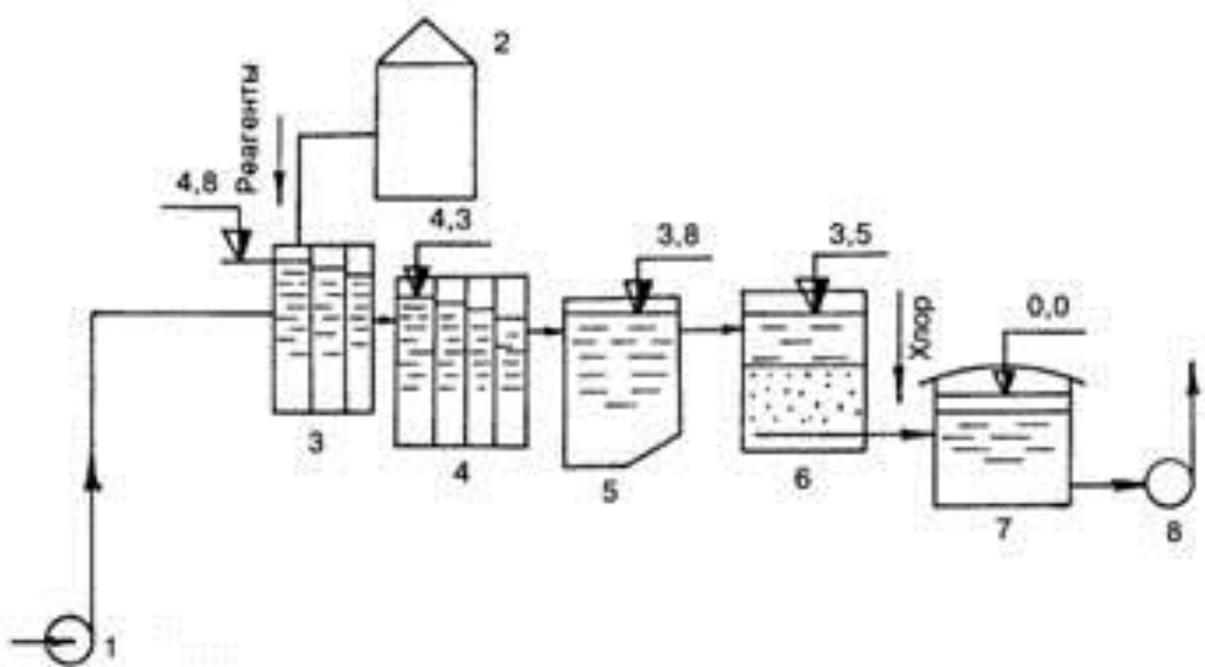
1.1 Технологические схемы, применяемые при обработке воды

Для обеспечения необходимого качества воды обычно используются несколько методов очистки воды, а в некоторых случаях используется несколько стадий одного и того же метода очистки. Поэтому в процессе очистки воду необходимо проводить через ряд очистных сооружений, в которых принят метод очистки. Планируемый набор методов (или конструкций) очистки составляет техническую программу очистки воды.

Для проработки технологических схем улучшения степени очистки воды необходимо собрать множество данных. В первую очередь определяется первоначальное предназначение воды, т.е. требования потребителей к ее химическому составу, бактериологическим показателям и физическим свойствам; учитывается качественное состояние воды природного источника водоснабжения в зависимости от времен года, загрязняется ли водоем сточными и промышленными отходами и многое другое.

В некоторых случаях, требуемое качество воды может быть достигнуто с помощью применения различных технологических систем очистки воды. В этих случаях схему выбирают на основе сравнения вариантов с точки зрения технико-экономического обоснования.

«На рис. 1 показана схема обесцвечивания, глубокого осветления и обеззараживания воды способом коагулирования и последовательного осветления воды на фильтрах и в отстойниках» [14].

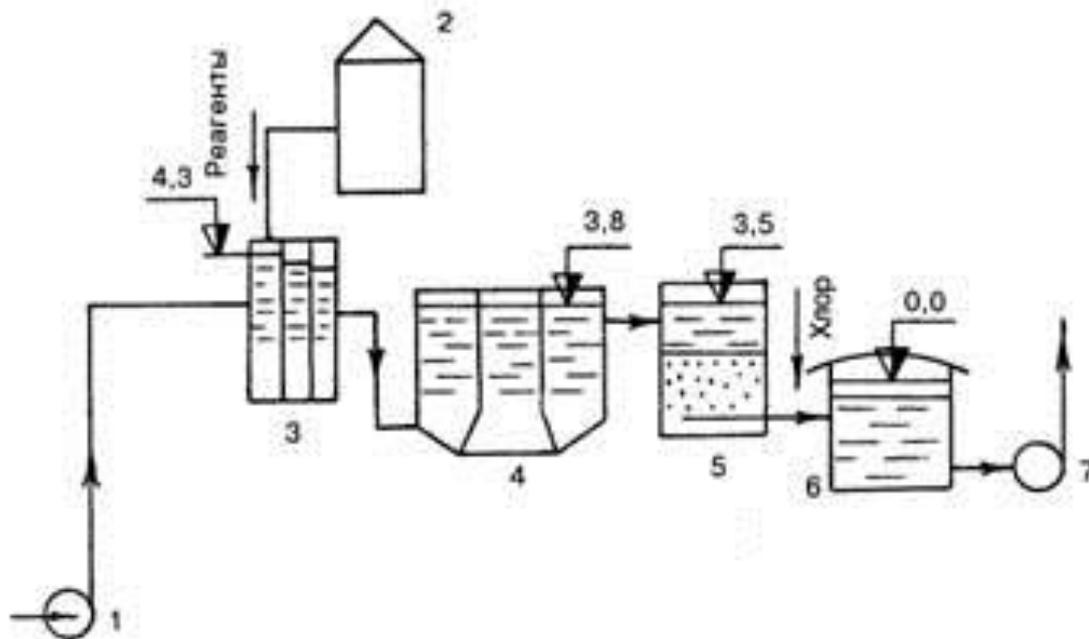


1 - насосы I подъема; 2 - реагентный цех; 3 - смеситель; 4 - камера хлопьеобразования; 5 - отстойники; 6 - фильтры; 7 - резервуары чистой воды; 8 - насосы II подъема

Рисунок 1 – Схема осветления, обесцвечивания и обеззараживания воды с применением отстойников и фильтров

Природная вода подается в смеситель насосом первого подъема, и в то же время подается состав, называемый реагентом, приготовленный в реагентном цехе. После смешивания с лекарством вода оказывается в комнате когезии (реакционной комнате) и подвергается физико-химическому процессу сцепления с большой чешуей частицы суспензии и коллоидной частицей. Вода находится в отстойнике и затем движется туда с небольшой скоростью. В этом случае большая часть образующихся хлопьев отделяется обработанной водой и осадком (на дне отстойника). Из отстойника воде придают чистоту, которая является глубокой, путем подачи ее на толщину загрузки песка в фильтре для превращения в нее. В процессе промывки грязь скапливается в толще фильтра. Фильтр отключается при операции по их удалению, промывается и после этого снова используется для работы. Чистая вода притягивается резервуаром для чистой воды. Поскольку она предназначена для домашнего хозяйства и для питья, вода должна быть чистой перед подачей в резервуар.

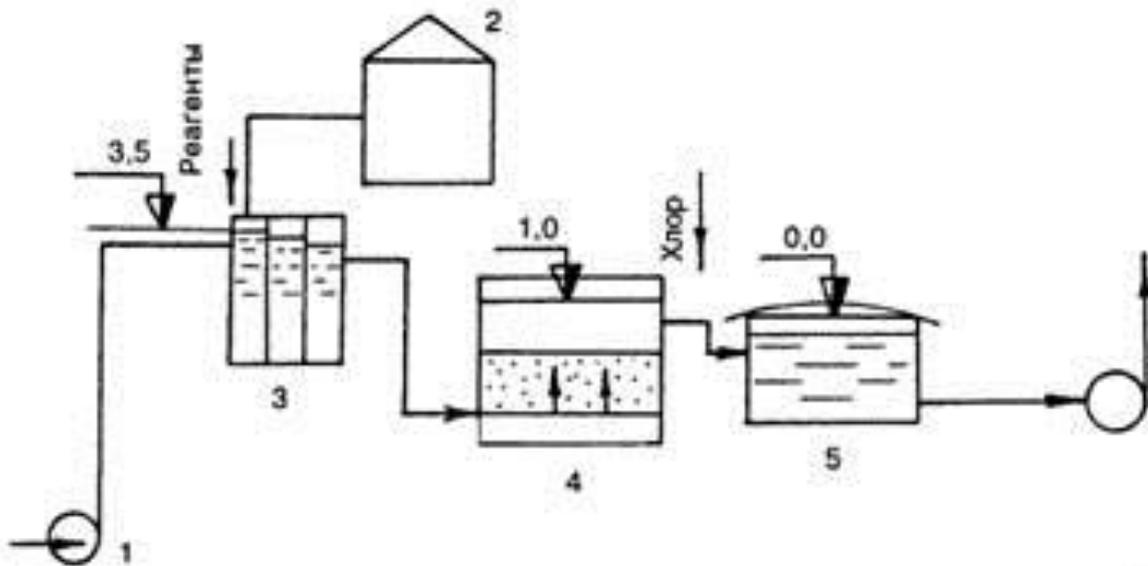
Далее, на рис. 2 показано как вода снова становится глубоко прозрачной и обесцвеченной и показывает схему изменения цвета и стерилизации. Поскольку отличие от вышеупомянутой схемы имеет процесс перехода к классу чистоты взвешенных отложений затвердевания суспензии и воды, отстойник перестраивается с помощью осветлителя; использование.



1 - насосы I подъема; 2 - реагентный цех; 3 - смеситель; 4 - осветлитель со взвешенным осадком; 5 - резервуары чистой воды; 7 - насосы II подъема.

Рисунок 2 – Схема осветления, обесцвечивания и обеззараживания воды с применением осветлителей и фильтров

«Технологическая схема, представленная на рис. 3, имеет лишь одно сооружение для осветления воды - контактные осветлители (песчаные фильтры с движением воды снизу вверх). В них коагуляция взвесей и осветление воды происходит одновременно. Укрупнение частиц в хлопья происходит не в свободном объеме, а на поверхности зерен фильтрующего материала, под действием сил прилипания (контактная коагуляция). Общий объем очистных сооружений по этой схеме значительно меньше, чем по предыдущим. Эту схему можно применять при малом содержании в воде взвешенных веществ-до 150-200 мг/л» [14].



1 - насосы I подъема; 2 - реакгентный цех; 3 - смеситель; 4 - контактный осветлитель; 5 - резервуар чистой воды; 6 - насосы II подъема.

Рисунок 3 – Схема осветления, обесцвечивания и обеззараживания воды с применением контактных осветлителей

«В указанных технологических схемах обесцвечивание воды происходит при помощи сорбции коллоидных гумусовых веществ, являющимися причиной цветности воды.» [18].

Видоизменения схем водоочистки в случае использования других «методов очистки воды будут рассмотрены при описании отдельных методов обработки воды и применяемых для этого конструкций.» [18].

Методы обработки воды представлены в табл. 2

Таблица 2 – Методы обработки воды для улучшения ее качества

Показатели качества воды	Приемлемое значение показателей качества для различных водопользователей и их влияние на водные объекты	Возможные методы и другие меры очистки воды для изменения или устранения показателей качества воды
1	2	3
Температура	«Наиболее подходящее значение для питьевой воды составляет 7-11 градусов, что является самым большим допустимым уровнем воды для охлаждения теплообменника в зависимости от эффективности движения и технических требований.» [14]	«Охлаждение в градирнях, брызгах, охлаждающих бассейнах» [14]
Привкус и запах	«Для питьевой воды при температуре ее 20 градусов не более 2 баллов (см. ГОСТ 2874-54 и ГОСТ 3351-46)» [14]	«Обработка раствором хлора или хлорной извести, озоном, активированным углем. Хлорирование предварительным аммиаком (обработка аммиаком) при наличии фенольных запахов» [14]
Содержание взвешенных веществ	«Об идентификации того, что он поставляет в паровой котел питьевую воду менее 2 мг / л (прозрачность шрифта не менее 30 см) и подвергается воздействию продукта (кусок ткани, пленки) с плотностью менее 5 мг. / л воды» [14]	«Первичная коагуляция и фильтрация естественного просадочного, просадочного и взвешенного материала» [14]
Цветность	«Для питьевой воды в среднем за год не более 20 градусов» [14]	«Коагулирование с последующим отстаиванием и фильтрованием, Хлорирование, озонирование» [14]
Окисляемость	«Не более 5-8 мг/л O ₂ (большая величина указывает на возможное загрязнение источниками сточными водами). Вызывает вспенивание воды в паровых котлах» [14]	«Проверка состояния источника, установление зоны санитарной охраны» [14]

Продолжение таблицы 2

1	2	3
Растворенный остаток (сухой)	«Не более 1000 мг / л воды из источников, используемых для питья для питания паровых котлов и для определенных предприятий. » [14]	«Частичное опреснение осуществляется одним из следующих методов: паровая дистилляция, ионный обмен, электрохимическое опреснение с последующим частичным или полным опреснением тем же методом. » [14]
Жесткость	«Для питьевой воды не более 7 мг-экв/л и в особых случаях не более 14 мг-экв/л. Для паровых котлов и некоторых предприятий Жесткость не должна быть более 0,005-0,02 мг-экв/л В системах оборотного водоснабжения, содержащих теплообменные аппараты и охлаждающие устройства (градирни, брызгальные бассейны), ограничивается карбонатная жесткость добавочной воды» [14]	«Смягчение одним из следующих методов: нагреванием, реактивом, ионами или комбинацией этих методов с кислотой, фосфатом, диоксидом углерода для очистки дымовых газов. » [14]

1.2 Реагенты и условия их применения

В качестве методов для очистки воды, поступающей из природных источников, от органических примесей, применяются разнообразные пути. Рассмотрим каждый из них. Реагентный метод, метод озонирования, безреагентный метод, мембранное разделение, бисорбционный способ, ионообменный. В отличие от остальных методов, реагентный является наиболее популярным и используемым. И хотя метод озонирования является более эффективным, на практике, на территории Российской Федерации его используют не более чем на десяти станциях водоподготовки.

Основы традиционного реактивного метода обработки окрашенной воды – отверждение коллоидного органического вещества, которое растворяется в основном в гумусе. При низком уровне рН воды открытого

источника (4,0-6,0) гумусовый материал, включенный в воду, находится в коллоидном состоянии, и при «рН более 6,5 эта форма образует коллоидный раствор гуминовой кислоты, имеющий частицы, которые сделали электрический заряд до минус числа, большая часть гумусовых материалов, входящих в состав воды, попадает в раствор в виде гумата натрия или кальция. Сульфат алюминия или соль трехвалентного железа» [1] используется в основном для отверждения. В то время как я подкисляю ее, что касается дозы коагулирующего агента, необходимой для изменения цвета, это определяется путем исследования затвердевания воды, которая не подкисляется и подщелачивает. Для примерного расчета дозы коагулирующего агента используется формула:

$$D = 4 \cdot \sqrt{C} \quad (1)$$

где D – доза коагулянта, мг/л;

C – цветность, град.

Представленная формула учитывает только один параметр – цветность воды, и, как правило, не может в действительности служить для расчета дозы реагента.

1.2.1 Коагулянты

Для очистки и водоподготовки воды используют коагулянты минеральные (неорганические), такие как соли железа и алюминия, и органические.

«К наиболее распространенным неорганическим коагулянтам относится сернокислый алюминий, который выпускается в виде кристаллогидратов с разным содержанием молекул воды: $Al_2(SO_4)_3 \cdot 16H_2O$ и $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, полиоксихлорид алюминия, хлорное и сернокислое окисное железо, сернокислое закисное железо, которые производятся в твердом кусковом, гранулированном и жидком виде» [1].

«Органические коагулянты представляют собой водорастворимые заряженные низкомолекулярные полимеры (полиэлектролиты) с молекулярной массой 10000-300000. К ним относятся

меламинформальдегидные, эпихлоргидриндиметиламиновые, полихлордиаллилдиметиламмонийные полиэлектролиты, которые выпускаются в виде 10-40% водных растворов» [4].

«Коагулянты на основе эпихлоргидрина и диметиламина под разными торговыми названиями производят более 60 компаний мира, в частности, SNF Floerger (серия FLOQUAT FL 28), Cytec Industries B.V (серия Суперфлок), NALCO (серия Налколайт), ЗАО «Каустик» - Каустамин-15» [4].

«Коагулянты на основе диаллилдиметиламмонийхлорида под различными торговыми марками выпускают более 260 компаний, в том числе SNF Floerger (серия FLOQUAT FL 45), Cytec Industries B.V (Суперфлок С 591,592,597), NALCO (Налколайт 8102, 8103), ЗАО «Каустик» - ВПК 402, Stockhausen (Праестол 186-189)» [20].

До недавнего времени для очистки природных вод наиболее широко применялись коагулянты на основе сульфата алюминия, показав хорошие способности к осаждению, адсорбции и когезии. Недостатки этого коагулянта на основе сульфата алюминия заключаются в том, что рН воды сильно снижается, остаточное содержание алюминия высокое при низкой температуре воды и низкая эффективность при понижении температуры источника.

«В последние годы в практике очистки природных вод все больше внимания уделяется основным солям алюминия, железосодержащим, смешанным и органическим коагулянтам» [17].

«Важным фактором при определении эффективности очистки воды неорганическим коагулянтом является поддержание оптимального значения рН, которое влияет как на процесс гидролиза неорганического коагулянта, так и на степень диссоциации растворенных неорганических и органических веществ. Например, гуминовая кислота диссоциирует при низком рН с образованием отрицательно заряженных полимерных ионов, которые более эффективно удаляются положительно заряженным органическим коагулянтом. Этим можно объяснить высокую эффективность обработки

цветной водой коагуляцией в кислых средах» [35] за счет корректировки индекса концентрации водородных ионов после масляного картера.

Еще один метод усиления очистки природных вод за счет конденсации - использование конденсаторов органических катионов с высоким зарядом, таких как ВПК-402, которые можно использовать в малых дозах.

- «уменьшить заряд коллоидных частиц и, как следствие, ускорить процесс слипания частиц с образованием микрочипов, а затем и макрочастиц;» [32]

- органические анионы, такие как гуминовая кислота, фульвокислота и т.д., начинают химическое взаимодействие с низкомолекулярными комплексными анионами тяжелых металлов с получением в ходе реакции нерастворимых веществ, которые удаляются осаждением или фильтрацией.

«Применение органического коагулянта МИК402 в водопроводной сети Ростова-на-Дону позволило более глубоким и стабильным образом сказаться на описании воды в резервуаре раствора и быстром фильтре. В Омске на водопроводных станциях проектной мощностью 610 тыс. МЗ / сут использование МИС402 стабилизирует эффект очистки воды, существенно снижает условия работы реагентных хозяйств и практически полностью заменяет сульфат алюминия.» [19].

На водопроводной станции Санкт-Петербурга наиболее эффективна отработка невской воды недостающей дозы алюминиевого коагулирующего агента (3-4 мг / дм³ по А1203), который я соединил с катионным коагулянт органический ВПК-402, Магнафлок ЛТ-31, Балтфлок28РЗ. В дозе 0,5-1,5 мг / дм. Дозы коагулирующего агента уменьшились вдвое, когда я их использовал, а цвет воды уменьшился на 7-9 с 31,9. Он составляет 4-4 из 2 мг / дм³, окислительный - 8,3-9. 5. Аналогичный результат был получен на некоторых других объектах с использованием органического коагулирующего агента ВПК402, Суперфлок С-577, ФеннополК-211.

1.2.2 Флокулянты

Флокулянты, по сравнению органическими коагулянтами, представляют собой наполнители с высокой молекулярной массой или нейтральные водорастворимые органические полимеры. Обычно эти материалы доступны в высокомолекулярных 200000 в твердом, эмульгирующем (органическом растворителе в полимерной эмульсии) и жидком виде. Органическое считается разделенным на катионное, анионное и неионное по характеру ионогенной группы, число ионогенных групп может варьироваться в зависимости от 0 - 100%, как неионное, слабо основное, среди основных и сильных основных.

«Наибольшее распространение получили флокулянты на основе акриламида и его сополимеров с аминоалкиловыми эфирами метакриловой и акриловой кислот. Флокулянты с широким спектром физико-химических характеристик под разными торговыми марками производятся следующими зарубежными и отечественными фирмами. Фирмой Ciba (до 1999 года фирма Allied Colloids) выпускаются флокулянты серий Zetag и Magnafloc. Фирмой Stockhausen и российско-германским предприятием ЗАО «MSP» выпускаются флокулянты серии Praestol (Праестол), американскими фирмами Cytec Ind.(flo 1994 года известная как Cyanamid Corp.) -флокулянты серии Superfloc, Nalco Chemical - флокулянты серии Nalco, Kem-Tron Techn. Inc.- флокулянты серии Kem-Tron, финской фирмой Kemira -флокулянты серии Феннопол, японскими фирмами Sanyo Chem. Ind. -флокулянты серии Sanfloc, Kurita - флокулянты серии Kurifix, российскими фирмами НИИ полимеров и ЗАО «Гель» - флокулянты серии К, ПО «Оргсинтез»- катионный флокулянт КФ 99» [27].

На российском рынке появление полимерных флокулянтов в широком спектре форм, произошло примерно в начале 90-х годов, способствуя исследовательскому отбору и более эффективному, чем подача воды из полимерных флокулянтов ПАА.

Выбор флокулянта, основной целью которого является расширение микрохлопьев, образующихся в результате гидролиза коагулянта, зависит от обвинения гелеобразных частиц, молекулярной массы и обвинения флокулянта, наличия растворенных примесей.

Использование среднеосновных низкокаатионных полимерных флокулянтов, поскольку частицы коагулянта имеют слабый отрицательный заряд 3-8 мВ при оптимальной дозе для удаления взвешенных веществ или недостаточной дозы коагулянта. Наиболее популярными из них были Praestol 851, 611, 650, Магнафлок ЛТ-22 и ЛТ-22С.

1.2.3 Выбор реагента

В последствии обработки воды флокулянтами и коагулянтами должно происходить образование крупных хлопьеобразных частиц загрязнений (хлопьев), легко отделяемых с помощью механических методов очистки. После добавления минеральных и органических коагулянтов, осаждение частиц происходит путем снижения степени заряда коллоидных и тонкодисперсных частиц противоположно заряженными ионами коагулянта и, вследствие этого, потери кинетической устойчивости частиц.

При эксплуатации минеральных коагулянтов процесс агрегации ускоряется за счет адсорбции крупнодисперсных и мелкодисперсных частиц продуктами гидролиза коагулянтов.

«При добавлении органических флокулянтов агрегация коллоидных и мелкодисперсных частиц в крупные хлопья происходит в результате адсорбции макромолекул флокулянта одновременно на нескольких частицах и связывания их полимерными мостиками» [27].

Основополагающими факторами, определяющими выбор и эффективность использования флокулянтов и коагулянтов являются:

- физико-химические и технические характеристики коагулянтов и флокулянтов;
- физико-химические свойства воды, подвергаемой очистке;
- технологические характеристики коагуляции.

Характеристики состава природных водных источников следует принимать во внимание после рассмотрения способов усиления таких процессов, как:

- «одновременное наличие в воде минеральных веществ, гуминовых солей» [26];
- «органических загрязняющих веществ (гуминовых, фульвокислот и их солей)» [26];
- «ионообменные и сорбционные свойства глинистых частиц» [26];
- «высокую дисперсность коллоидной части гуминовых и глинистых веществ» [26];
- «отрицательный заряд высокодисперсных взвесей» [26];
- «способность задействованных гуминовых кислот и их солей выпадать в осадок из воды ионами двух и трех валентных металлов» [26].

При рассмотрении процесса коагуляции необходимо учитывать следующие условия гидролиза минеральных коагулянтов:

– «Гидролиз неорганических коагулянтов сопровождается образованием растворимых и нерастворимых полимерных хлорид и сульфат содержащих гидрокомплексов, растворимость которых зависит от их химического состава и величины рН воды. Оксисульфаты алюминия обладают меньшей растворимостью, чем оксихлориды» [35].

– «Способность ионов алюминия и железа образовывать гидрокомплексы с фосфатными, карбоксильными и другими анионами, что приводит к смещению оптимальной величины рН образования нерастворимых продуктов гидролиза в более кислую область» [35].

– «Необходимость создания оптимальной величины рН для образования плотных и быстро осаждающих хлопьев. Для сернокислого алюминия она составляет 5-7,5, для солей железа 6-7» [26].

– «Существование аморфной и микрокристаллической форм продуктов гидролиза солей алюминия. Сначала образуется аморфная форма, которая постепенно переходит в микрокристаллическую, более плотную и

компактную и лучше отделяемую фильтрованием. Поэтому введение в зону коагуляции ранее образовавшегося осадка будет способствовать образованию более компактных хлопьев с микрокристаллической структурой» [26].

– «Трехвалентные катионы алюминия и железа в момент введения оказывают коагулирующее действие или вступают в химическое взаимодействие с образованием нерастворимых продуктов с гуминовыми и фульвокислотами и их солями» [26].

– «При увеличении дозы коагулянта заряд частиц дисперсной фазы уменьшается.

– Оптимальная доза коагулянта для удаления мутности соответствует отрицательной величине заряда частиц, равной 4-5 мв, для снижения цветности заряд частиц должен снижаться до 0» [26].

– Необходимость создания наиболее оптимальных гидродинамических условий во время смешения и хлопьеобразования.

При применении совместно флокулянтов для очистки воды и органических коагулянтов, а также при использовании коагулянтов самостоятельно следует учитывать следующие факторы:

– заряд и концентрацию частиц дисперсной фазы скоагулированной или исходной воды;

– молекулярную массу и заряд флокулянта;

– умение анионных и катионных органических коагулянтов и флокулянтов собирать противоположно заряженные растворенные органические и неорганические вещества в хлопья.

1.3 Рассмотрение технологии реагентной обработки воды

«Эффективность применения коагулянтов и флокулянтов зависит от гидродинамических условий коагуляции на стадии смешения и хлопьеобразования. Создание оптимальных условий для смешения реагента с

водой и формирования крупных, плотных и хорошо оседающих хлопьев позволяет повысить эффект осветления до 70%. Особенно это важно при низких температурах воды, когда процесс гидролиза протекает медленно» [27].

Градиент скорости (G), время смешения и хлопьеобразования являются важными параметрами оптимизации процесса.

«Исследованиями установлено, что оптимальный градиент скорости при смешении коагулянта с водой должен составлять не менее 300 с⁻¹, при смешении флокулянта с водой не менее 200 с⁻¹, время перемешивания не более 1 мин» [32].

У обработки воды реагентами есть свои причины низкой эффективности на территории РФ. Одна из них – на большей части водоочистных станций установлены вертикальные смесители (их градиент скорости всего лишь 25 с). Тем не менее, их устанавливают из-за низкой себестоимости, надежности конструкции, отсутствия необходимости устанавливать для них дополнительное оборудование – а в следствии отсутствия дополнительных затрат финансовых и энергетических. Поэтому необходимо повышать эффективность очистки таким методом.

«Оптимальные условия в камере хлопьеобразования достигаются при более длительном до 20 мин и менее интенсивном перемешивании при градиенте скорости не более 100 с⁻¹» [32].

«При промывке воды флокулянтами в сочетании с коагулирующим агентом, особенно когда я промываю воду при низкой температуре, эффективность флокулянта зависит от каждого коагулирующего агента и времени между подачей флокулянта. Это время составляет 30–120 секунд, и обычно это определяется наличием температуры воды и растворенных органических примесей. Реакция гидролиза» [23] коагулирующего агента замедляется, поэтому температура воды становится низкой, и действие чистой воды ухудшается. После подачи коагулирующего агента сульфата алюминия в дозе 5-6 мг / дм³ для оксида алюминия, когда я промываю водой

с высоким воротником (120-125 градусов) с коагулирующим агентом и температурой повышения во время между подачей флокулянт, например, 1,5-2 градуса, потому что макромолекула флокулянта, частица гидроксида комбинации с макрочастицей снижают адсорбционную активность, поэтому для этого рекомендуется подавать полиакриламидный флокулянт в дозе 0,2-0,4 мг. / дм³ две минуты.

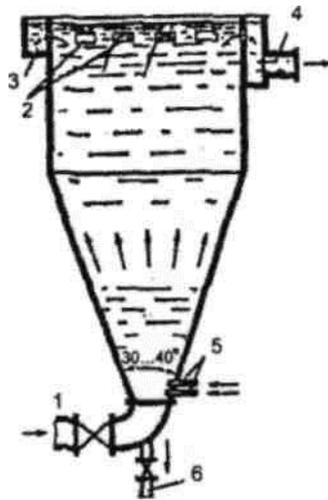
1.3.1 Смесители

По принципу действия различают смесители механического и гидравлического типов.

«В смесителях гидравлического типа перемешивание раствора реагента с обрабатываемой водой достигается за счет турбулизации потока. Существуют различные типы гидравлических смесителей: перегородчатый, дырчатый, вихревой, коридорный, диафрагмовый, статический » [14].

«В смесителях механического типа турбулизация потока достигается вращением лопастей или пропеллеров мешалок электродвигателем. Мешалки различают: лопастные, пропеллерные, турбинные и специальные» [14].

Вихревой смеситель. «Представляет собой цилиндрический резервуар с коническим днищем, центральный угол 30-45° (см. рис. 1.4). Вода и реагенты подводятся в нижнюю часть смесителя, отводится вода через сборный лоток в верхней части. Перемешивание происходит за счет изменения скорости восходящего потока при переходе к более широкой части смесителя. Время пребывания в смесителе - 1,5-2 мин. Максимальная производительность -1500 м³/ч» [25].



1,4 - подача и отвод воды; 2 - водосливные окна; 3 - кольцевой сборный лоток; 5 - ввод реагентов; 6 – опорожнение

Рисунок 4 – Схема вихревого смесителя

Дырчатый смеситель. «Представляет собой емкость с вертикальными перегородками, установленными перпендикулярно току воды (см. рис. 5). Перегородки снабжены расположенными в несколько рядов отверстиями. Вытекающие из отверстий струи образуют множество мелких завихрений, что способствует быстрому и эффективному смешению воды с реагентом. Производительность дырчатого смесителя - 850-1000 м³/ч» [25].

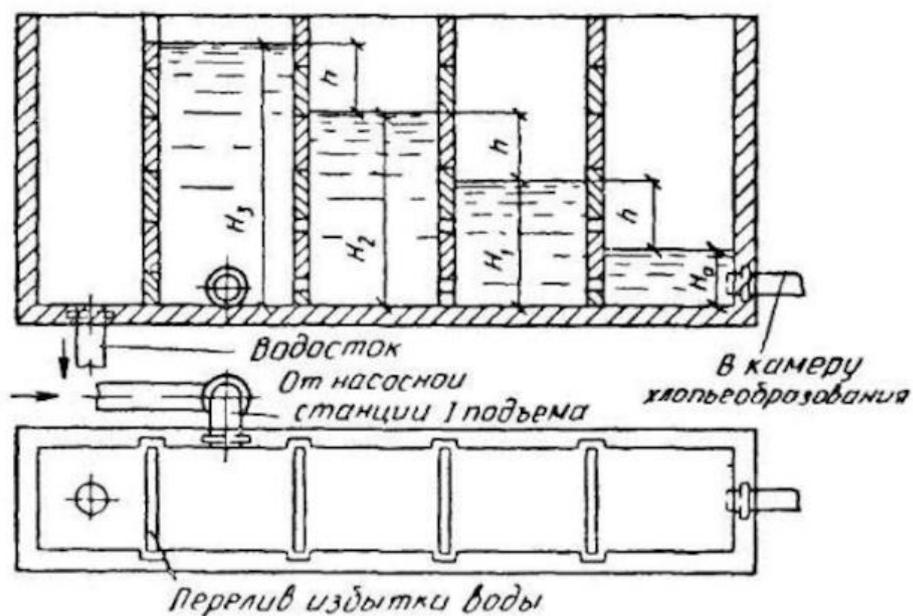


Рисунок 5 – Схема дырчатого смесителя

«Статические смесители не содержат подвижных частей и устанавливаются непосредственно на трубопроводах. Их действие основано на использовании энергии потоков смешиваемых веществ. С этой целью внутри статического смесителя устанавливаются турбулизирующие вставки, конструкции которых отличаются большим разнообразием и зачастую значительными потерями напора (см. рис. 6). Длина участка трубопровода, используемая для смешения, должна составлять порядка 50 его диаметров» [9].

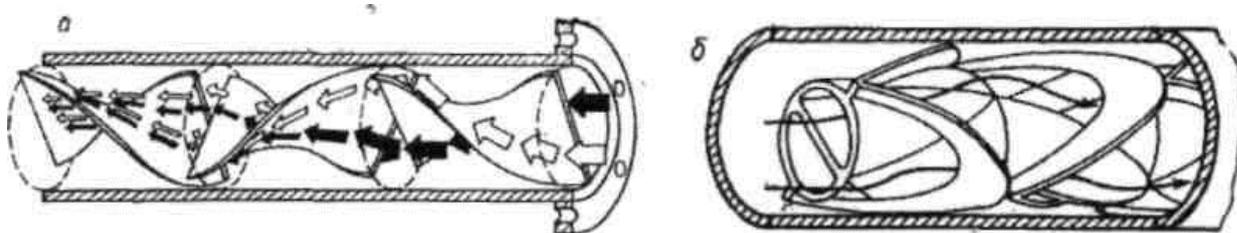


Рисунок 6 – Схемы статических смесителей

«Статические смесители разных конструкций, размещаемые непосредственно в трубопроводе, по информации фирмы «Дегремон» могут обеспечивать средний градиент скорости в интервале 2-30 тыс. c^{m1} при очень малом времени контакта (менее 1с). Качество перемешивание зависит от потери напора в смесителе и определяется его конструкцией» [15].

Смесители механического типа. Теория механического смесителя основана на поступательном вращательном движении воды, создаваемом пропеллером или лопастью мешалки. Независимо от количества и качества потока очищенной воды, я могу поддерживать стабильный режим когезии, когда использую механическую мешалку. Рынок предоставляет в стране широкую мешалку для создания различных гидродинамических условий и импортную продукцию.

Недостатками данных типов смесителей являются:

– крупные размеры и сложность изготовления и монтажа вихревых смесителей;

– серьезные потери напора, нестабильный режим работы во время колебаний качества и расхода обрабатываемой воды, быстрое загрязнение при снижении скорости потока в статических смесителях;

– значительное потребление электроэнергии приводами механических мешалок, вибрационных и пульсационных устройств.

Действующие гидравлические смесители и камеры хлопьеобразования, установленные на большей части водоочистных сооружений, не могут обеспечить подходящие условия для коагуляции. По этой причине, основная нагрузка для осаждения хлопьев приходится на фильтровальные сооружения. Чтобы сделать работу таких установок более эффективной, применяют барботаж с помощью подачи воздуха, или устанавливают механический фильтр. Самым эффективным способом увеличения эффективности таким образом является установка механических мешалок. Хотя и не всегда есть возможность их применения.

Если наиболее важное влияние на реакцию образования хлопьев и химические свойства оказывает время продолжения диффузии с водой реагента и его крепость, и время почти не страдает от очень важного процесса затвердевания при затвердевании, но коллоидная частица полностью нейтрализуется до появления хлопьев в виде гидроксида металла; наиболее удовлетворительно; до тех пор, пока не захочешь заболеть запором, а по основному назначению миксера во всем комке не появится хлопьевидное облако; для следующего этапа не только однородного распределения коагулирующего агента в технологической воде, но также для затвердевания и коагулирующего агента.

Неэффективная смесь приводит к низкой скорости сцепления примесей воды с реагентом из-за чрезмерного расхода коагулирующего агента и данных. Следовательно, необходимость в том, чтобы коагулирующий агент располагал максимальное количество загрязняющих частиц примесей воды и наиболее подходящий режим движения реакционного смесителя до завершения полимеризации и реакции гидролиза.

Исходя из вышесказанного, к числу наилучших конструктивных решений смесителей следует отнести механические и статические, обеспечивающие наиболее эффективное перемешивание.

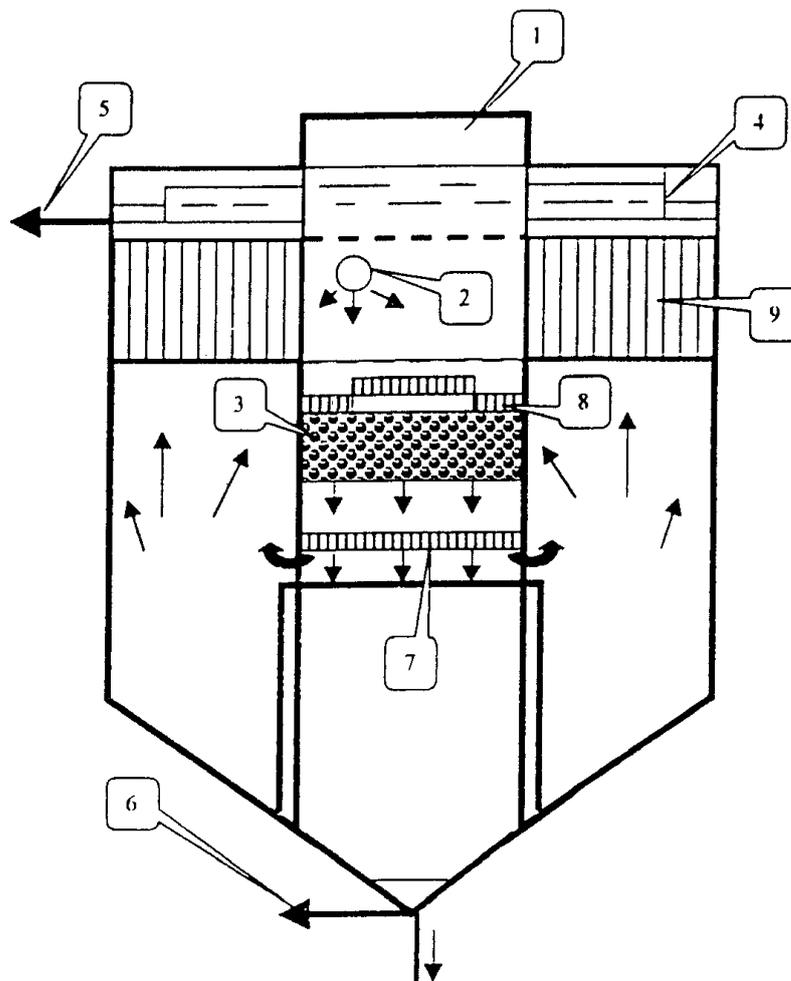
1.3.2 Камеры хлопьеобразования

После введения коагулирующего агента и его смешивания с технологической водой эффективность промывки при затвердевании определяется процессом когезии, и необходимо, чтобы большая чешуйка легко оседала с достаточно развитой поверхностью. Расширение коллоидной частицы, образующейся при гидролизе коагулирующего агента, происходит постепенно в течение длительного времени. На эти процессы формирования влияют такие факторы, как температура воды и ее качество, доза коагулирующего агента, смешанный режим.

«Назначение камер хлопьеобразования - обеспечить равномерное интенсивное в начале камеры и более плавное в конце перемешивание воды, обработанной коагулянтом. Наиболее эффективными и легкорезализуемыми являются разработки, выполненные совместно НИИ ВОДГЕО и НИИ КВОВ, а также СПбНИИ АКХ. Большинство камер хлопьеобразования выполняются совмещенными с отстойниками или с осветлителями со взвешенным осадком. В зависимости от типа сооружений первой ступени очистки воды и конструкции они могут быть реконструированы в камеры: контактные (зернистые); тонкослойные; тонкослойно-эжекционные; рециркуляционные» [9].

Комната контактного хлопьеобразования является наиболее эффективной, делая прозрачной цветную воду, которая была слегка мутно-минерализована при низкой температуре в течение длительного периода времени (рис. 7). Когда такая вода становится прозрачной, утвердительная роль твердых частиц состоит в том, чтобы иметь процесс когезии в закрытом пористом пространстве, который значительно увеличивается в обоих телах сцепления, причем вероятность столкновения частицы затвердевающей суспензии и величина адгезии друг друга, и были сформированы раньше. В

качестве гранулированной контактной среды рекомендуется, за исключением кольматации гранулированного пространства, использовать легкие плавающие материалы, обеспечивающие возможность смывания потока, а также те, которые обратны воде.



1 - камера хлопьеобразования; 2 - подача исходной воды; 3 - контактная плавающая загрузка; 4 - сборный лоток; 5 - отвод осветленной воды; 6 - сбор осадка; 7, 8 - нижняя и верхняя поддерживающие решетки, соответственно; 9 - тонкослойные сотоблоки

Рисунок 7 – Вертикальный тонкослойный отстойник с контактной камерой хлопьеобразования

Чтобы более эффективно использовать комнату сцепления пластин, чтобы усилить работу конструкции, так как процесс сцепления осуществляется в слое взвешенных отложений.

Остановленный слой, который сравнивается с обычным затвердеванием емкости, образуется в закрытом пространстве элемента

пластинки при изменении нагрузки качества исходной воды и твердофазной структуры; и сопротивление.

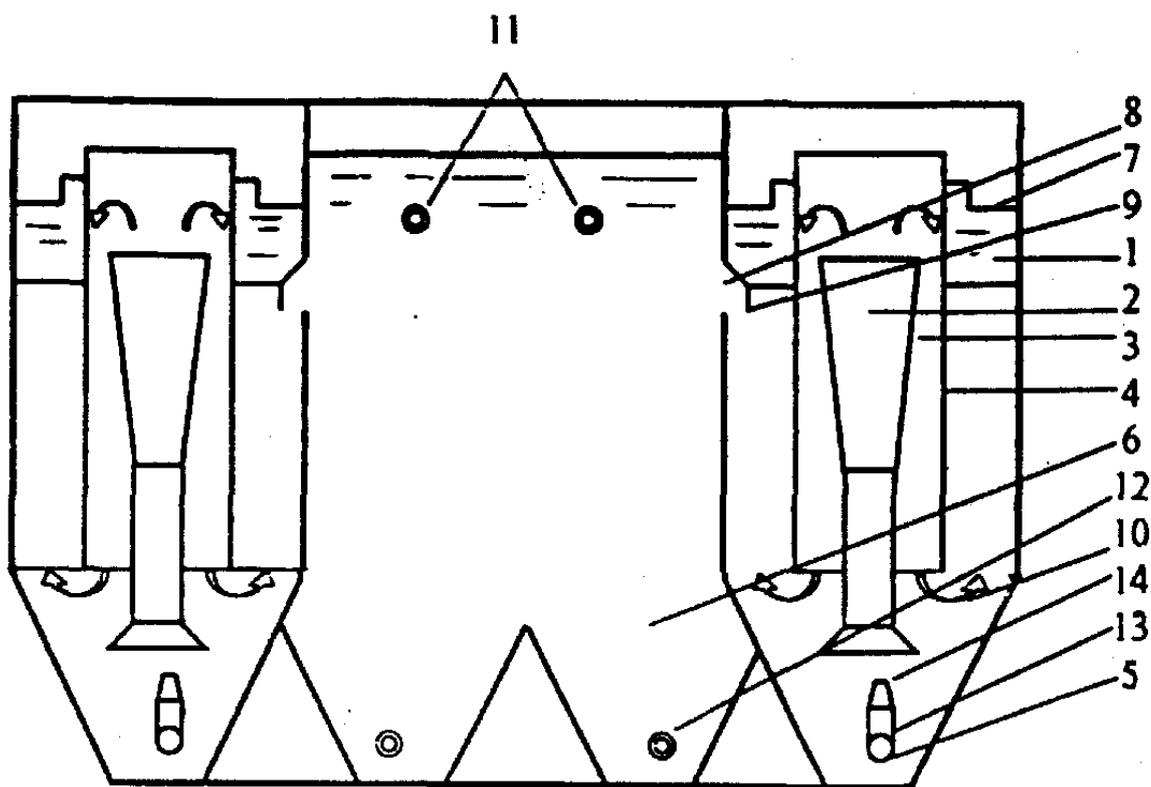
«При показателях качества воды, требующих для эффективного хлопьеобразования введения дополнительной твердой фазы, могут применяться тонкослойно-эжекционные (рециркуляционные) камеры хлопьеобразования» [11].

«Рециркуляция осадка заключается в обработке воды с возвратом части отработанного осадка в зону подачи исходной воды после смесителя. Это в ряде случаев приводит к экономии коагулянта и ускорению осаждения скоагулированной взвеси в отстойниках и осветлителях» [7].

«Принципиально иная конструкция рециркуляторов разработана в СПбНИИ АКХ. Потеря устойчивости золь гидроксидов алюминия или железа объясняется тем, что вводимые осадки поглощают из адсорбционного слоя мицеллы иона, придающие коллоидным частицам устойчивость. Кроме того, осадки, введенные в качестве затравок, являются своеобразными центрами хлопьеобразования. Эти центры смещают часть процесса коагуляции от пространственного структурообразования к автокаталитической коагуляции, сорбции и адгезии. В результате растут прочность и плотность вновь образующихся хлопьев и, соответственно, их гидравлическая крупность» [7].

«Данные предпосылки легли в основу нового метода рециркуляции осадка, в котором для снижения степени диспергирования хлопьев рециркуляцию осуществляют по «внутреннему контуру», т. е. без вывода основной части хлопьев из сооружения» [7].

«Этот метод реализован в разработанных СПбНИИ АКХ камерах хлопьеобразования зашламленного типа с рециркулируемым слоем осадка и конструкциях осветлителей-рециркуляторов (рис. 8). Разработаны разнообразные аппараты (в том числе и малогабаритные), позволяющие с относительно невысокими затратами реконструировать практически любые типы сооружений первой ступени осветления воды» [6].



1 - рабочая камера; 2 - смеситель; 3 - камера хлопьеобразования; 4 -направляющий аппарат; 5 - распределительная трубка; 6 -осадкоуплотнитель; 7 - лоток; 8 - окна; 9 - защитный козырек; 10 – слой взвешенного осадка; 11 - трубы для перепуска взвешенного осадка; 12 - трубы для выпуска уплотненного осадка; 13 - патрубков; 14 - сопло

Рисунок 8 – Осветлитель-рециркулятор

Существует множество вариантов дизайна помещения конденсации. Тем не менее, это показывает подходящую вещь с технической и экономической точки зрения, что в упражнении используется осветляющий агент, который имеет встроенную комнату сплочения и смешанную комнату, и такая конструкция упрощает работу и позволяет экономить место.

«Тонкослойно-эжекционные камеры хлопьеобразования с регулируемой степенью эжекции целесообразно использовать при реконструкции камер, встроенных в горизонтальные отстойники или в осветлители со слоем взвешенного осадка длиной не более 6 м» [6].

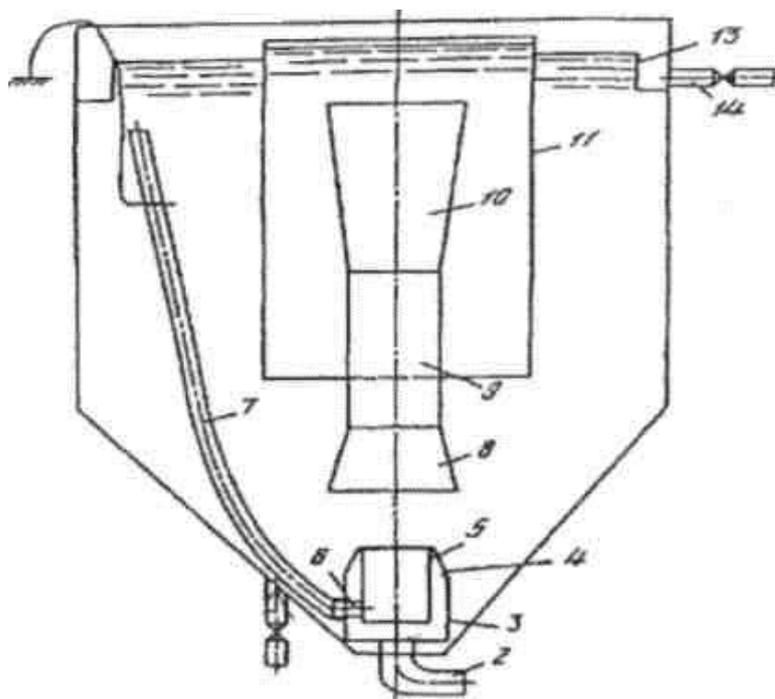
1.3.3 Осветлители с взвешенным слоем осадка

Процесс осветления воды в слое взвешенного осадка аналогичен процессу контактной коагуляции при загрузке фильтрующих частиц. Отличие данного способа заключается в том, что коагуляция происходит в слоях взвешенного осадка гидроксида алюминия или железа. С одной стороны, слой взвешенного осадка играет роль фильтрации и способствует лучшему осветлению воды. С другой стороны, адсорбционная способность листа используется более полно, что значительно улучшает процесс обесцвечивания.

«Основными факторами, влияющими на формирование взвешенного слоя и содержания в нем взвеси, являются: качество исходной воды (наличие в ней взвешенных веществ, ее химический состав, температура), гидравлические условия (скорость восходящего потока воды и степень завихрения этого потока), а также химический состав и структура осадка в самом взвешенном слое (величина хлопьев, их прочность и объемная масса)» [21].

«Существует множество осветлителей со взвешенным слоем осадка. Рассмотрим конструкции наиболее характерных осветлителей.» [21].

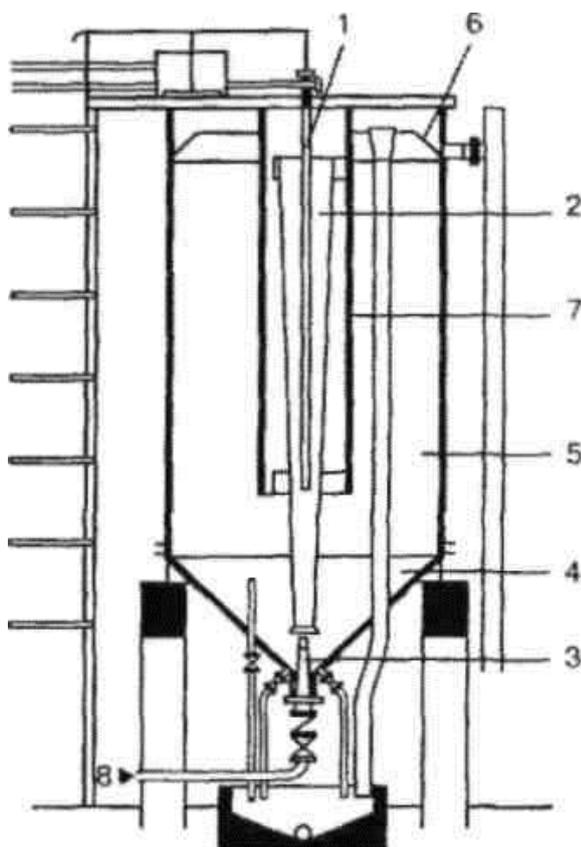
«Известен вертикальный осветлитель (см. рисунок 9) имеет два контура циркуляции осадка. В нижней части осветлителя находится цилиндрический стакан с гибкими трубками, соединенными с зоной осветления. По этому трубопроводу мелкие хлопья» [21] циркулируют с очищающей водой, а затем смешиваются с крупными хлопьями в объеме осветлителя, что улучшает процесс извлечения мелких частиц из крупных и увеличивает эффект осветления.



1 – корпус; 2 – подача исходной воды; 3,4 – насадки Вентури;
 5 –цилиндрический стакан; 6 –патрубок; 7 –гибкий трубопровод; 8 –конфузор;
 9 – цилиндрическая часть смесителя; 10 – диффузор; 11 – камера
 хлопьеобразования; 12 – трубопровод удаления осадка; 13 – желоб сбора
 осветленной воды; 14 – отвод очищенной воды

Рисунок 9 – Вертикальный осветлитель

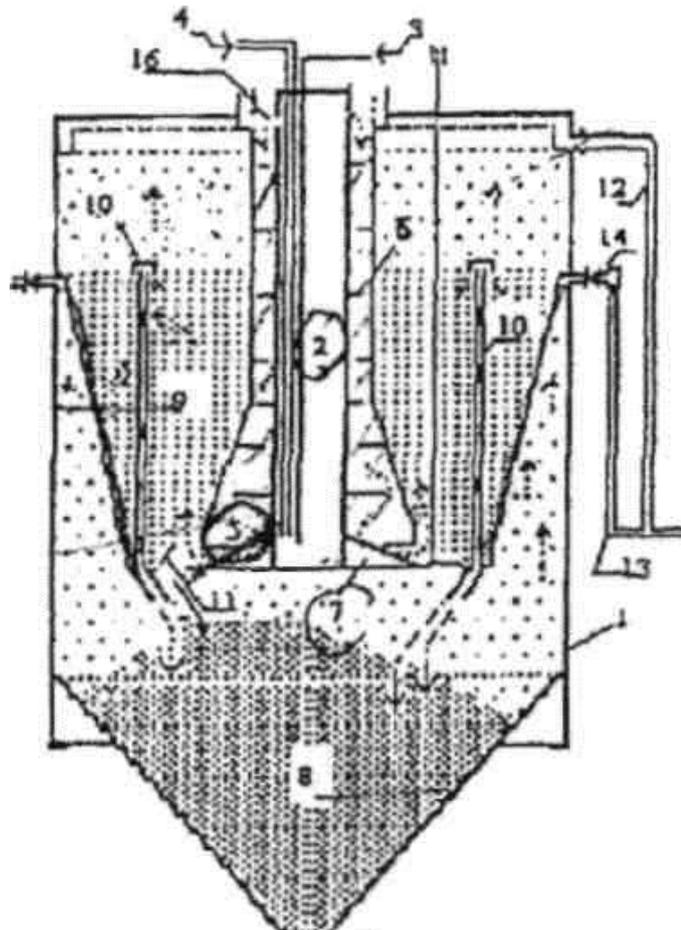
«Вертикальный осветлитель "Circulator" (см. рис. 10), состоящий из вертикального цилиндрического корпуса с коническим днищем, трубопровода подачи осветляемой воды, размещенного в коническом днище, центрального патрубка для подачи реагентов - в верхней части корпуса, гидроэжектора, присоединенного к трубопроводу подачи осветляемой воды и сообщенного с камерой смешения; гидроэжектор обеспечивает рециркуляцию осадка и/или образовавшихся флокулл, а так же их смешение с реагентами и обрабатываемой водой. Корпус осветлителя снабжен периферийной камерой освещения, ограниченной отражающей цилиндрической перегородкой. Из камеры освещения осадок соскальзывает к эжектору, уплотняется в коническом днище и отводится» [21].



1 - Реагенты (флокулянты, известь и т. д.); 2 - Реакционная зона; 3 - Гидроэжектор; 4 - Уплотнение осадка; 5 - Зона отстаивания; 6 - Коллектор осветленной воды; 7 - Отражающий кожух; 8 - Подвод исходной воды.

Рисунок 10 – Циклон

«Вертикальные осветлители (см. рисунок 11) используемые для реагентной очистки сточных вод и природной воды состоит из цилиндрического корпуса с сужающимся дном, центральной камеры смешения с трубами для подачи осветляющей воды и реагентов, а камера флокуляции размещена в нижней части камеры флокуляции с помощью перегородка с конической направляющей для надреза для обеспечения вращательного движения воды на выходе из камеры флокуляции.» [14].



1 – корпус; 2 – камера реакции; 3 – подача исходной воды; 4 – подача реагентов; 5 – камера хлопьеобразования; 6,7 – перегородки; 8.шламоуплотнитель; 9 – камера осветления; 10 – шламоотводящие трубы; 11 – люки; 12 – трубопровод осветленной воды; 13. трубопровод; 14 – вентиль; 15 – трубопровод отвода осадка

Рисунок 11 – Вертикальный осветлитель

«В осветлителе обеспечивается равномерность и устойчивость слоя взвешенного осадка, поддерживаемого за счет перепада давления в камере осветления и шламоуплотнителе. Шламоотводящие трубы и люки служат для отвода осадка из зоны осветления. Осветленная вода отводится через трубопровод в верхней части, осадок из шламоуплотнителя - через трубопровод в нижней части осветлителя» [14].

«Делая вывод из рассмотренных схем, приходим к тому, что основными недостатками наиболее известных осветлителей являются:

– сложность монтажа и процесса эксплуатации;

- нарушение физического процесса хлопьеобразования в результате высоких скоростей внутри камеры смешения;
- зашламливание камер, появляющееся в результате наличия горизонтальных перегородок;
- показательные потери напора в камере смешения;
- низкая эффективная схема отведения и удаления осадка из осветлителя» [14].

Анализ литературных источников показал:

1) Гуминовые вещества, обеспечивающие высокую окраску и окисление перманганата, характеризуются неэлементным составом, неправильной структурой и мультидисперсией по молекулярной массе. Разнообразие гуминовых веществ требует различных методов их извлечения из воды, наиболее распространенным из которых является обработка реагентов.

2) За последние три десятилетия на рынке появилось большое количество типов органических и неорганических флокулянтов и коагулянтов, и их эффективность при очистке природных источников воды, которые очень чувствительны к цветению, полностью не изучена.

3) На данный момент нет возможности определенно подобрать методику и показатель качества способа, дозы применяемых реагентов или технологии очистки воды, если не проводить глубокие исследования данного вопроса.

4) Основное техническое оснащение существующей водоочистной установки имеет много общих недостатков: низкая функция добавления реагентов в поток воды, необоснованные условия взаимодействия реагента с потоком воды, неэффективные условия флокуляции.

5) Отстойники и осветлители на территории действующих водоочистных сооружениях, спроектированные и построенные, в основном, в 60-е годы, имеют перечень конструктивных недочетов, которые снижают эффективность очистки цветущих вод, и нуждаются в проведении модернизации.

Коагуляция делает коллоидную взвесь нестабильной посредством двух различных механизмов: нейтрализации заряда и химического связывания.

«Первый процесс состоит из отрицательных зарядов в положительно заряженных агрегаторах и вокруг коллоидных частиц. Когда заряд вокруг каждой частицы нейтрализуется, частицы постепенно сближаются, уменьшая их эффективный радиус, что приводит к возможности их столкновения. При столкновении частицы соединяются водородными связями или силами Ван-дер-Ваальса, образуя большие массы или хлопья. Процесс смешивания обработанных жидкостей увеличивает количество и частоту столкновений этих частиц, увеличивает воссоединение твердых частиц и способствует образованию хлопьев.» [31].

Таблица 3 – Преимущества и недостатки физико-химических методов очистки воды

Название метода	Механизм очистки	Преимущества	Недостатки
1	2	3	4
Коагуляция	Нейтрализация отрицательного заряда мелких частиц, их слипание и осаждение.	«Реакции проходят при любых условиях. Метод дешевый, доступный, практичный» [31].	«Нужно соблюдать четкую дозировку коагулянтов. Большой объем осадка. После очистки повышается степень минерализации вод» [31].
Флокуляция	Специальные вещества соединяются с загрязнениями и образуют крупные хлопья.	«Реакции протекают быстро. Дешевизна» [31].	Повышенный объем осадка
Адсорбция	«Поглощение загрязнений поверхностью твердых веществ» [31].	«Удаление разных видов примесей. Очистка до ПДК. Отсутствие вторичного загрязнения очищаемых вод» [31].	«Высокая стоимость адсорбентов, их большой расход. Медленный темп очистки. Громоздкость оборудования» [31].

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4
Экстракция	«Смешивание двух взаимно нерастворимых жидкостей и переход примесей в экстрагент» [31].	«Простая технологическая схема. Простое оборудование» [31].	«Меньше 90% примесей переходит в другую фазу. Процесс длительный и трудоемкий» [31].
Флотация	«Образование в воде пузырьков газов, которые поднимаются вверх и захватывают с собой примеси» [31].	«Простое оборудование. Высокая скорость очистки. Дешевизна. Малые потери воды» [31].	«Удаляет не все виды загрязнений. Часто приходится вносить реагенты, улучшающие гидрофобность примесей и качество пены» [31].
Эвапорация	«Захват загрязнений водяным паром, проходящим сквозь кипящие сточные воды» [31].	«Экономичность. Отсутствие специфических реагентов. Простота оборудования» [31].	«Большие потери тепла» [31].
Ионный обмен	Обмен загрязнений из сточных вод на ионы, отделяющиеся с поверхностей пористых материалов.	Высокая эффективность очистки. Экологическая безопасность.	«Дефицит ионообменных смол. Большой расход реагентов на восстановление ионитов. Большой объем растворов для регенерации» [31].
Кристаллизация	Замораживание воды	Не высокое потребление энергоресурсов. Довольно высокие показатели очистки	Необходимо обеспечивать контроль технологического процесса
Мембранная очистка	«Пропускание сточных вод через полупроницаемые среды (мембраны), которые задерживают примеси наноразмеров» [31]	«Очистка до требований ПДК. Не требуется внесение реактивов. Малые потери воды. Возможность утилизации тяжелых металлов» [31].	«Мембраны через время загрязняются и хуже пропускают воду. Дороговизна установок. Необходимость предварительной очистки вод от масел, органики, ПАВ, растворителей» [31]

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4
Электрохимическая очистка	Создание электрического напряжения и очищение от примесей.	Получение ценных примесей при простой схеме. Нет необходимости в химических реагентах.	«Большой расход электроэнергии и металла.» [31].

1.4 Принцип работы очищающих веществ

Коагуляция - это особый метод очистки питьевой и сточной воды. Сам коагулянт - это вещество, которое обладает интересными характеристиками и способно вступать в химические реакции.

Если вы посмотрите на их молекулярные формы, вы поймете, что все они заряжены положительно. И большинство загрязняющих веществ в воде заряжены отрицательно.

Наличие двух отрицательных зарядов в атомах грязных частиц препятствует их соединению. Вот почему грязная вода в большинстве случаев просто становится мутной.

Кроме того, очистка стандартным фильтром ничего не даст, потому что вы отфильтруете только самые возможные загрязнения. И не так много в обычной питьевой воде.

Таким образом не решаются серьезные проблемы, такие как наличие патогенов, микроорганизмов и избыток других микроорганизмов.

Когда необходимо обеспечить очистку дренажа не питьевой воды, проблема усугубляется. Это позволяет канализационной трубе начать течь, и сточная вода снова проходит весь период фильтрации, чем я снова собираю воду, потому что это намного экономичнее и, вероятно, эффективно знать об этом. И окружающая среда недалеко от такого действия.

Фильтрация становится невозможной, или размер частиц подводной суспензии может стать либо слишком большим, либо очень маленьким. Необходимо увеличивать стоимость, но в большинстве случаев в некоторых

случаях эти меры оказываются нерентабельными. Например, не факт, что владелец частного бассейна почти тратит деньги на специальные очистные сооружения, но может нормально обработать обычный фильтр по мере необходимости.

Химия процесса хлопьеобразования повлияла на широкий круг областей научных знаний, и ее понимание требует определенной степени специальной подготовки. Опустим околонуточные подробности и постараемся передать суть.

Итак, у нас есть объем воды, загрязненный коллоидными частицами. Эти частицы настолько малы, что пропускаются песчаными фильтрами. Кроме того, они настолько малы, что не могут осесть на дно: броуновское движение молекул заставляет частицы оставаться во взвешенном состоянии. (рис. 12,13, 14).

В воде плавают крошечные пятна, похожие на грязь. Они проходят через фильтр и не оседают на дно, потому что молекулы воды непрерывно «толкают» их с разных сторон, перемещая. Поэтому невозможно отфильтровать воду или отложить грязь на дно.

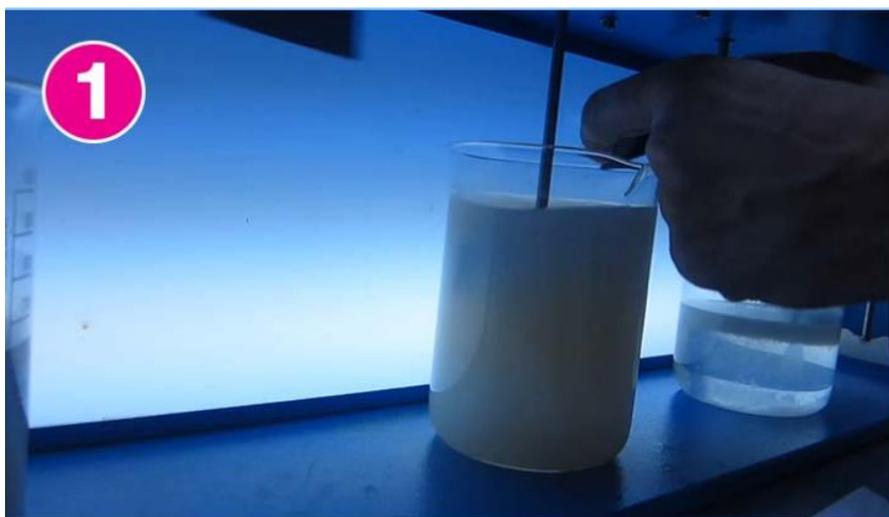


Рисунок 12 – Добавление коагулянта



Рисунок 13 – Ход реакции



Рисунок 14 – Результат воздействия коагулянта

Такие частицы не оседают на дне, не улавливаются механическими фильтрами, а также не поддаются слипанию в более крупные частицы. Это связано с тем, что они имеют одинаковый заряд и отталкивание в результате взаимодействия электростатических сил.

Таким образом мы подходим к сути процесса отверждения: после введения специальных реагентов свойства частиц меняются, они теряют заряд, и суспензия начинает слипаться в более крупные блоки. Устраняя эффекты электростатического отталкивания, частицы располагаются достаточно близко, чтобы начать эффект притяжения.

Флокулянты – это специальные вещества, состоящие из полимеров, которые способствуют осаждению мелких плавающих частиц в рыхлый слой в результате термических, механических или электролитических реакций.

«Одним словом, загрязнения, которые делают воду мутной, при добавлении флокулянтов образуют соединения и твердыми взвесями опускаются на дно» [13].

«Данные скопления легко удаляются, после чего вода может быть использована как для бытовых, так и технических нужд» [13].

«Частицы, находящиеся в воде во взвешенном состоянии, окружены водной пленкой с заряженными ионами» [13].

«Данная особенность не дает им контактировать между собой. Для нейтрализации заряда и скорейшего осаждения как раз и используются флокулянты» [13].

«Зная состав воды и сферу ее дальнейшего применения, выбирают положительно, отрицательно либо нейтрально заряженные реагенты» [13].

«Процесс флокуляции происходит в два этапа:

- адсорбция действующего вещества на поверхности частиц,
- формирование флоктул» [13].

«Флокулянты обладают значительным молекулярным весом и имеют длинную полимерную структуру, за счет чего происходит образование своеобразных мостиков и разрушение водно-солевой оболочки» [13].

«Попадая в воду, способствуют склеиванию и объединению загрязняющих частиц. Соединения становятся более тяжелыми, плотными и начинают увеличиваться в размерах, давая возможность фильтрующим системам уловить их» [13].

Флокулянты могут быть как массовыми, так и частичными. Селективная флокуляция применяется, если необходимо осаждают только одну группу веществ. Метод должен разделять мелкие неорганические суспензии и при необходимости повышать эффективность обогащения (рис. 15).



Рисунок 15 – Процесс протекания флокуляции

«Чтобы процесс флокуляции прошел максимально эффективно, необходимо различать несколько основных групп действующих веществ. Все флокулянты делят по типу их заряда, что и определяет сферу их применения» [13].

«Анионный тип или положительно заряженный. Данная группа состоит из полимета акрилата натрия, чистого полиакрилата и других активных органических соединений» [13].

Такой флокулянт образует прочную водородную связь. Они удаляют смесь фосфора и ускоряют процесс осаждения и используются для нейтрализации неорганических веществ.

«Катионные флокулянты. Применяются для удаления положительно заряженных остатков органического происхождения. Это происходит за счет образования прочных молекулярных цепочек между анионами загрязняющих частиц и катионами полимера. Применяется для очистки вод промышленного назначения» [13].

«Неионогенные флокулянты. Являются нейтрально заряженными, поэтому их действие основано на формировании водородных связей.

Водород, который входит в состав молекулы полимера, взаимодействует с атомами азота, кислорода или другими органическими составляющими, образуя плотное соединение» [13].

«К длинному полимеру приклеиваются частицы коллоидного раствора. Нейтральные флокулянты имеют меньшую активность по сравнению с катионными и анионными, поэтому применяется для очистки слабозагрязненных вод» [13].

Выводы по первой главе:

Качество природной воды не позволяет подавать воды из природного источника сразу потребителям. В связи с этим разработано множество мероприятий, направленных на удаление из водной массы химических, органических и механических загрязнений.

Для данной цели сооружаются очистные сооружения, на которых устанавливается многоступенчатая система очистки. Схемы установки таких систем бывают трех (основных) видов, основанных на схеме обесцвечивания, обеззараживании и осветлении воды с помощью фильтров и отстойников. Они отличаются между собой количеством осветлителей и их способом очистки.

У каждого метода очистки воды есть свои достоинства и недостатки. Наиболее распространенные из них это коагуляция, флокуляция, адсорбция, экстракция и т.д.

Далее были рассмотрены требования по качеству воды для каждого из основных параметров (температура, привкус и запах, содержание взвешенных веществ и др.), а также предложены методы доведения каждого из этих параметров до необходимой отметки.

Для решения проблемы удаления органических загрязнений предложен метод добавления реагентов с последующим отстаиванием и фильтрованием.

Реагентный метод заключается в добавлении в воду химического элемента, который вступает в реакцию с органическими веществами и ведет

к возможности их простого удаления с помощью фильтра. Основными традиционными методами реагентной обработки является коагулирование и флокулирование. После рассмотрения их преимуществ и недостатков, остановимся на коагулировании.

Коагулянты бывают органического и неорганического происхождения. Неорганические коагулянты, такие как сернокислый алюминий, полиоксихлорид алюминия, хлорное и сернокислое окисное железо и сернокислое закисное железо производится в твердом фасованном виде и добавляется в воду через специальные аппараты, после расчет необходимого количества.

Органические коагулянты представляют собой водорастворимые полимеры, выпускаемы в виде водных растворов.

Результатом действия коагулянтов является образование хлопьеобразных частиц, которые можно удалить механическим методом очистки.

Далее рассмотрены аппараты, в которых происходит удаления взвешенных частиц после добавления реагентов. Это могут быть смесители, камеры хлопьеобразования, осветлители с взвешенным слоем остатка (циклон, вертикальный осветлитель и др.).

Способы очистки от органических веществ рассмотрены, аппараты и схемы их монтажа предложены в разных вариациях. Рассмотрены все достоинства и недостатки методов очистки.

Для выбора схемы и реагента рассмотрим существующую систему очистки, установленную на ООО «Автоград водоканал».

Глава 2 Существующая система водоочистки и водоподготовки

В данной работе объектом исследования являются системы водоподготовки природной воды для АО «АвтоВАЗ». Основной процесс очистки и подготовки воды для предприятия осуществляется на ООО «Автоград водоканал» после забора воды с Куйбышевского водохранилища (см. рисунок 2.2).



Рисунок 16 – ООО «Автоградводоканал»

Миссия организации ООО «Автоград водоканал» (см. рисунок 2.1) заключается в подготовке и подаче питьевой, хозяйственной и промышленной воды всем отраслям города Тольятти, которыми являются физически и юридические лица.

Своими основными миссиями организация считает:

– обеспечение подачи воды надлежащего качества, устанавливаемого нормативными документами, контроль качества поставляемой воды, наблюдение за требованиями потребителей;

– открытость, информационная честность и ответственность перед обществом, которая выражается в открытом предоставлении заключений результата забора воды на проведение исследований в лаборатории;

– экономное использование природной воды, эксплуатация в качестве очистных веществ коагулянты, оказывающие наименьшее влияние на окружающую среду;

– модернизация и усовершенствование используемого оборудования.

«Забор воды «Автоград водоканал» для подачи на бытовые и производственные нужды Автозаводского района, осуществляется из Куйбышевского водохранилища» [25].



Рисунок 17 – Куйбышевское водохранилище

«Водозаборные сооружения располагаются в Ставропольском районе Самарской области на левом берегу Куйбышевского водохранилища на 1498 км от устья реки Волги» [25].

«Проектная производительность данных сооружений - 378 тыс.м³, а фактически потребляет 332 тыс.м³ в сутки. Забор воды осуществляется с глубины 18 м» [25].

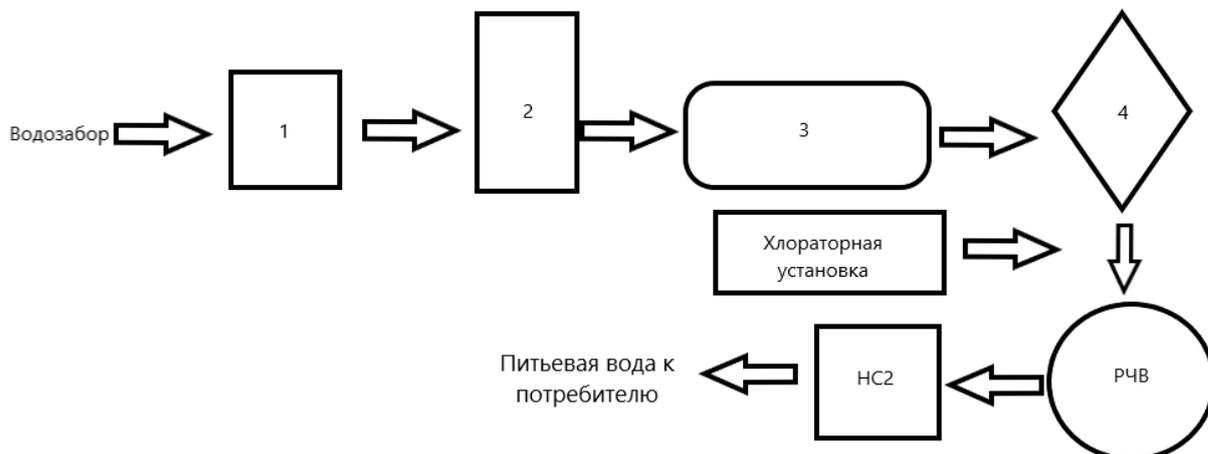
«Подается вода насосами первого подъема по 5 ниткам стальных трубопроводов диаметром 1200 мм» [25].

«Сооружения водоподготовки обеспечивают хозяйственно-бытовые, питьевые, производственные и противопожарные потребности г.Тольятти. Система водоснабжения является централизованной, I категории, и объединённой» [20].

«Технологический состав сооружений «АВК» состоит из:

- установки УФ-излучения;
- здания реагентного хозяйства;
- четырех вертикальных смесителей;
- 4 горизонтальных отстойников с зоной взвешенного осадка и осаждения;
- хлораторной;
- четырех резервуаров питьевой воды объемом по 20 тыс.м³;
- насосной станции второго подъема;
- станции повторно-используемой воды с двумя резервуарами объемом 1 тыс.м³ каждый» [34].

«На «АВК» при водоподготовке применяются такие методы очистки как: обеззараживание воды ультрафиолетом, коагулирование, отстаивание, фильтрование, стабилизационная обработка, обеззараживание хлором. Производительность станции водоподготовки питьевой воды составляет 291,839 т.м³/сут. » [34].



1 – установка УФ-обеззараживания; 2 – вертикальные смесители (4 шт); 3 – горизонтальные отстойники; 4 – открытые скорые фильтры (16 шт); РЧВ – резервуар чистой воды; НС2 – насосная станция второго подъема

Рисунок 18 – Технологическая схема подготовки питьевой воды на «АВК»

«На официальном сайте ООО «АВК» представлена сравнительная таблица показателей качества воды перед её поступлением в распределительную сеть и отчет по качеству питьевой воды (табл. 4, 5).

Таблица 4 – Отчёт по качеству природной поверхностной воды Куйбышевского водохранилища за период с 01.01.2020 г. по 31.12.2020 г.

Наименование показателей	Единица измерения	ПДК	Количество анализов	Концентрация			НД на методику измерения
				Min	Max	Среднее	
1	2	3	4	5	6	7	8
Водородный показатель (рН)	ед. рН	6,5-8,5	732	7,4	8,1	7,8	ПНД Ф 14.1:2:3:4.121
Сухой остаток (общая минерализация)	мг/дм ³	≤ 1000	15	204	283	258	ПНД Ф 14.1:2:4.114
Жёсткость общая	0 Ж	≤ 7	14	2,4	3,5	3,1	ГОСТ 31954
Окисляемость перманганатная	мг/дм ³	≤ 7	696	5,9	11,0	7,9	ПНД Ф 14.1:2:4.154
Нефтепродукты	мг/дм ³	≤ 0,1	38	менее 0,011	0,0192	менее 0,011	ПНД Ф 14.1:2:4.128

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8
Анионактивные поверхностноактивные вещества (АПАВ)	мг/дм ³	≤ 0,2	22	менее 0,025	менее 0,025	менее 0,025	ПНД Ф 14.1:2:4.158
Фенолы (общие и летучие)	мг/дм ³	≤ 0,001	25	менее 0,0005	0,00100	0,00073	ПНД Ф 14.1:2:4.182
Алюминий	мг/дм ³	≤ 0,2	5	менее 0,01	0,025	менее 0,01	ПНД Ф 14.1:2:4.181
Барий	мг/дм ³	≤ 0,7	4	менее 0,05	0,06	менее 0,05	ГОСТ 31869
Бор суммарно	мг/дм ³	≤ 0,5	4	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	ПНД Ф 14.1:2:4.36
Бериллий	мг/дм ³	≤ 0,0002	3	менее 0,00002	менее 0,00002	менее 0,00002	ПНД Ф 14.1:2:4.140
Железо (общее)	мг/дм ³	≤ 0,3	44	0,063	0,430	0,187	ПНД Ф 14.1:2:4.50
Кадмий	мг/дм ³	≤ 0,001	4	менее 0,0002	менее 0,0002	менее 0,0002	ГОСТ 31870 (метод 1)
Марганец	мг/дм ³	≤ 0,1	54	0,0040	0,0520	0,0140	ГОСТ 31870 (метод 1)
Медь	мг/дм ³	≤ 1	16	менее 0,001	0,0018	менее 0,001	ГОСТ 31870 (метод 1)
Молибден	мг/дм ³	≤ 0,07	4	менее 0,001	менее 0,001	менее 0,001	ГОСТ 31870 (метод 1)
Мышьяк	мг/дм ³	≤ 0,01	4	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	ГОСТ 31870 (метод 1)
Никель	мг/дм ³	≤ 0,02	5	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	ГОСТ 31870 (метод 1)
Аммония ионы	мг/дм ³	≤ 1,8	4	0,066	0,25	0,14	ПНД Ф 14.1:2:4.262
Нитрит-ионы	мг/дм ³	≤ 3,3	4	0,008	0,03	0,015	ГОСТ 33045 (метод Б)
Нитрат-ионы	мг/дм ³	≤ 45	4	1,23	3,10	2,26	ПНД Ф 14.1:2:4.4
Ртуть суммарно	мг/дм ³	≤ 0,0005	4	менее 0,00005	менее 0,00005	менее 0,00005	ПНД Ф 14.1:2:4.160
Свинец	мг/дм ³	≤ 0,01	4	менее 0,002	менее 0,002	менее 0,002	ГОСТ 31870 (метод 1)
Селен	мг/дм ³	≤ 0,01	4	менее 0,002	менее 0,002	менее 0,002	ГОСТ 31870 (метод 1)
Стронций	мг/дм ³	≤ 7	4	менее 0,5	0,54	менее 0,5	ГОСТ 31869
Сульфаты (сульфат-ионы)	мг/дм ³	≤ 500	6	30	55	43	ГОСТ 31940 (раздел 2)
Фторид-ионы (фториды)	мг/дм ³	≤ 1,5	4	менее 0,1	менее 0,1	менее 0,1	ПНД Ф 14.1:2:3:4.179
Хлорид-ионы (хлориды)	мг/дм ³	≤ 350	4	18,8	31,1	24,6	ГОСТ 4245 (раздел 2)

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8
Хром (VI)	мг/дм ³	≤ 0,05	4	менее 0,025	менее 0,025	менее 0,025	ГОСТ 31956 (метод А)
Цианиды	мг/дм ³	≤ 0,035	6	менее 0,01	менее 0,01	менее 0,01	ГОСТ 31963
Цинк	мг/дм ³	≤ 1	4	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	ГОСТ 31870 (метод 1)
Гамма – ГХЦГ (линдан)	мкг/дм ³	≤ 20,0	4	менее 0,1	менее 0,1	менее 0,1	ГОСТ 31858
ДДТ (4,4'дихлордифенилтрихлорэтан)	мкг/дм ³	≤ 100,0	4	менее 0,1	менее 0,1	менее 0,1	ГОСТ 31858
2,4-Д	мг/дм ³	≤ 0,03	5	менее 0,0002	менее 0,0002	менее 0,0002	ГОСТ 31941
Хлороформ	мг/дм ³	≤ 0,06	5	менее 0,0006	0,00075	менее 0,0006	ГОСТ 31951
Кремнекислота (в пересчете на кремний)	мг/дм ³	≤ 10	5	2,5	3,6	3,4	ПНД Ф 14.1:2:4.215
Ортофосфаты (фосфат-ионы)	мг/дм ³	≤ 3,5	4	0,12	0,29	0,25	ГОСТ 18309
Запах	балл	≤ 2	732	1	1	1	ГОСТ Р 57164
Цветность	градус цветности	≤ 35	732	23	58	39	ГОСТ 31868
Мутность	ЕМФ	≤ 34,6	1011	менее 1	56,00	6,80	ПНД Ф 14.1:2:4.213
Температура	°С	-	732	0,90	21,50	9,27	РД 52.24.496
Щёлочность общая	ммоль/дм ³	-	732	1,37	2,80	1,97	ГОСТ 31957 (п.5.4.2 способ 1)
Растворённый кислород	мг/дм ³	≥ 4	34	4,00	11,60	8,60	ПНД Ф 14.1:2:3.101» [20]

«Таблица 5 – Отчёт по качеству питьевой воды, подававшейся в централизованную систему питьевого водоснабжения, цехом ОСВ ООО «АВК» за период с 01.03.21 г. по 31.03.21 г.

Наименование показателей	Единица измерения	ПДК	Количество анализов	Концентрация			НД на методику измерения
				Min	Max	Среднее	
1	2	3	4	5	6	7	8
Водородный показатель (рН)	ед. рН	6-9	62	7,3	7,8	7,4	ПНД Ф 14.1:2:3:4.1 21

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8
Сухой остаток	мг/дм ³	≤ 1000	1	-	-	284	ПНД Ф 14.1:2:4.11 4
Жёсткость общая	0 Ж	≤ 7,0	3	4,0	4,1	4,1	ГОСТ 31954
Окисляемость перманганатная	мг/дм ³	≤ 5,0(6,5 ¹)	36	3,9	4,8	4,4	ПНД Ф 14.1:2:4.15 4
Нефтепродукты	мг/дм ³	≤ 0,1	2	менее 0,005	0,005	менее 0,005	ПНД Ф 14.1:2:4.12 8
Анионактивные поверхностно-активные вещества (АПАВ)	мг/дм ³	≤ 0,5	2	менее 0,025	менее 0,025	менее 0,025	ПНД Ф 14.1:2:4.15 8
Фенолы (летучие)	мг/дм ³	≤ 0,001	2	0,000 50	0,000 60	0,0005 5	ПНД Ф 14.1:2:4.18 2
Алюминий	мг/дм ³	≤ 0,2	62	0,019	0,131	0,053	ПНД Ф 14.1:2:4.18 1
Барий	мг/дм ³	≤ 0,7	-	-	-	-	ГОСТ 31869
Бор суммарно	мг/дм ³	≤ 0,5	-	-	-	-	ПНД Ф 14.1:2:4.36
Бериллий	мг/дм ³	≤ 0,0002	-	-	-	-	ПНД Ф 14.1:2:4.14 0
Железо (общее)	мг/дм ³	≤ 0,3	6	0,065	0,075	0,069	ПНД Ф 14.1:2:4.50
Кадмий	мг/дм ³	≤ 0,001	1	-	-	менее 0,001	ГОСТ 31870 (метод 1)
Марганец	мг/дм ³	≤ 0,1	3	0,008 0	0,010 5	0,0094	ГОСТ 31870 (метод 1)
Медь	мг/дм ³	≤ 1,0	1	-	-	менее 0,001	ГОСТ 31870 (метод 1)
Молибден	мг/дм ³	≤ 0,07	1	-	-	менее 0,001	ГОСТ 31870 (метод 1)
Мышьяк	мг/дм ³	≤ 0,01	1	-	-	менее 0,02	ГОСТ 31870 (метод 1)
Никель	мг/дм ³	≤ 0,02	1	-	-	менее 0,001	ГОСТ 31870 (метод 1)

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8
Аммиак и ионы аммония (суммарно)	мг/дм ³	≤ 2,0	1	-	-	0,22	ГОСТ 33045 (метод А)
Нитрит-ионы	мг/дм ³	≤ 3,0	1	-	-	менее 0,003	ГОСТ 33045 (метод Б)
Нитрат-ионы	мг/дм ³	≤ 45	1	-	-	2,9	ПНД Ф 14.1:2:4.4
Ртуть суммарно	мг/дм ³	≤ 0,0005	-	-	-	-	ПНД Ф 14.1:2:4.16 0
Свинец	мг/дм ³	≤ 0,01	1	-	-	менее 0,001	ГОСТ 31870 (метод 1)
Селен	мг/дм ³	≤ 0,01	1	-	-	менее 0,002	ГОСТ 31870 (метод 1)
Стронций	мг/дм ³	≤ 7	-	-	-	-	ГОСТ 31869
Сульфаты (сульфат-ионы)	мг/дм ³	≤ 500	1	-	-	76	ГОСТ 31940
Фторид-ионы (фториды)	мг/дм ³	≤ 1,5	2	0,217	0,23	0,22	ПНД Ф 14.1:2:3:4.1 79
Хлорид-ионы (хлориды)	мг/дм ³	≤ 350	1	-	-	25,5	ПНД Ф 14.1:2:4.11 1
Хром (VI)	мг/дм ³	≤ 0,05	1	-	-	менее 0,025	ГОСТ 31956 (метод А)
Цианиды	мг/дм ³	≤ 0,07	-	-	-	-	ГОСТ 31863
Цинк	мг/дм ³	≤ 5,0	1	-	-	менее 0,001	ГОСТ 31870 (метод 1)
Гамма – ГХЦГ (линдан)	мкг/дм ³	не нормируется	1	-	-	менее 0,1	ГОСТ 31858
ДДТ(4,4'дихлордифенилтрихлорэтан)	мкг/дм ³	-----	1	-	-	менее 0,1	ГОСТ 31858
2,4-Д	мг/дм ³	≤ 0,0002	-	-	-	-	ГОСТ 31941
Хлороформ	мг/дм ³	≤ 0,06	17	0,070 ²	0,09 ²	0,086 ²	ГОСТ 31951

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8
Хлор остаточный свободный	мг/дм ³	0,3 - 0,5	62	0,30	0,58 ²	0,43	ГОСТ 18190 (раздел 3)
Хлор остаточный активный	мг/дм ³	Не нормируется	744	0,78	1,34	0,96	ПНД Ф 14.1:2:4.113
Полиакриламид	мг/дм ³	≤ 0,1	62	менее 0,02	менее 0,02	менее 0,02	ГОСТ 19355 (раздел 2)
Кремнекислота (в пересчете на кремний)	мг/дм ³	≤ 20	1	-	-	3,0	ПНД Ф 14.1:2:4.215» [25]

По предварительной оценке, вода местного Куйбышевского водохранилища г. Тольятти характеризовалась загрязненной «аварией» класса качества ЗВ. Вода в водохранилище была загрязнена соединением меди на уровне ЗМРС и органическим веществом -2МРС, которое плохо окислялось, максимум 7 и ЗМРС каждое. Органическое вещество легко окислялось, нитритный азот, общее соединение железа, алюминий, марганец, цинк, нефтепродукты и среднегодовая плотность фенола не превышали ПДК, а максимальная плотность была зафиксирована на уровне 2-5 МПК. Цвет воды был в диапазоне 15-86 градусов.

По результатам исследований можно сделать вывод о том, что в существующей технологической схеме не происходит должное очищение от органических примесей и требуется усовершенствование данной технологии.

Выводы по второй главе:

Для промышленного предприятия АО «АвтоВАЗ» вода очищается и подготавливается на очистных сооружениях ООО «Автоград водоканал».

Вода для очистки забирается с поверхностного источника в Куйбышевском водохранилище. Мнение о состоянии данного источника

можно сделать из таблицы на официальном сайте ООО «АВК». Превышение ПДК идет по множеству параметров, таких как содержание меди, марганца, нефтепродуктов, фенолов, органических веществ.

Схема очистки представляет собой последовательно установленное оборудование, а именно: установка УФ-излучения (нужна для обеззараживания взятой воды); здания реагентного хозяйства (на данном этапе происходит добавка в воду реагентов); четырех вертикальных смесителей и четырех горизонтальных отстойников(удаление хлопьев, образовавшихся после добавления реагентов); хлораторной (обеззараживание воды); резервуаров чистой воды, после которых вода направляется через насосную второго подъема потребителю.

Глава 3 Совершенствование технологической схемы водоподготовки на ООО «Автоградводоканал»

«Системы промышленных водопроводов делятся по способам использования воды: оборотные, прямоточные, а также с возможностью повторного использования воды» [26].

В случае системы прямоточного водоснабжения вода является частью производимой продукции или претерпевает значительные изменения в своем составе, в результате чего ее вторичное использование не имеет смысла. В этом случае после использования вода сбрасывается с последующим смешиванием с другими сточными водами в местной сети водных путей или перекачкой на водоочистные сооружения.

В случае системы циркуляции воды (когда вода используется для охлаждения) охладите другую установку и нагрейте воду, используемую всей компанией для экономии воды и поступающую из естественного источника, потому что только 5% заправленной воды находится в обращении. Из тех же потребностей и в этом другом случае снова использовалось около трех от общего веса воды. Вода от источника питания обычно подается в бассейн (резервуар), где собирается ледяная вода. Мало того, что она холодная, но и оборотная вода обычно должна проходить через систему мойки.

«В тех случаях, когда вода, сбрасываемая одним из промышленных потребителей, может быть использована другим, устраивают так называемые системы повторного использования воды, что позволяет уменьшить количество воды, забираемой из источника» [26].

«На промышленных предприятиях устраивают водопроводы следующего назначения: а) отдельные производственные и хозяйственно-противопожарный; б) отдельные производственно-противопожарный и хозяйственно-питьевой; в) отдельные производственные, противопожарный и хозяйственно-питьевой; г) объединенный производственно-противопожарно-хозяйственный» [26].

Типичный пример объектов водоснабжения - крупное производственное предприятие за городом. При проектировании такого промышленного предприятия и водопровода для дома поселка; рабочего на производственные нужды предприятия, населения и производственного пребывания жилого поселка экономно; и подавать воду на питьевые нужды, дорогу и зеленый участок земли завода, и необходимо учитывать расход воды на тушение пожара пожара в компании и селе. В промышленной компании это потребности производства и системы водоснабжения, а также отдельная вода, которые в целом экономически связаны с потребностями питьевой воды в зависимости от качества воды, которая таким образом используется.

Дело в том, что для системы водоснабжения промышленного использования необходимо подавать воду со степенью очистки, различающейся у отдельного промышленного потребителя, которым являются некоторые компании и различный химический состав, напоминающие ее, и на этом этапе необходимо использовать множество воды для системы водоснабжения промышленного назначения, а устройство водопровода различного размещения для промышленных нужд во многих случаях подает воду в отдельный цех.

Очистка и подготовка питьевой воды из поверхностных природных источников основывается на традиционных способах ее осветления путем коагулирования.

«Разработка водопроводных сооружений водоочистки и водоподготовки включает в себя не только выбор технологической схемы, но и набор соответствующих сооружений для очистки природной воды, которые зависят от качества и требований, предъявляемых потребителем» [26].

«При выборе метода очистки воды необходимо произвести технико-экономическое сравнение вариантов, которые позволяют определить оптимальный состав очистных сооружений» [26].

Метод коагулирования самый распространенный метод очистки воды от грубодисперсных и коллоидных загрязнений. Обработка воды коагулянтами достаточно хорошо изучена и применяется на многих станциях для водоподготовки.

«Коагуляция играет важную роль в процессах водоочистки для удаления взвешенных коллоидных частиц, которые могут придавать питьевой воде неприятный вкус, цвет, запах и мутность. Под действием коагулянтов дисперсные коллоидные частички соединяются в большие массы, которые удаляются такими методами разделения твердой и жидкой фазы, как осаждение, флотация и фильтрация» [26].

«Применение коагулянтов в централизованной водоподготовке имеет широкие масштабы, в связи с этим идет быстрый набор коагулянтов и сопутствующих им реагентов, представляемых для очистки природных вод с целью повышения качества питьевой воды» [26].

Если этот размер достаточен, хотя все взвешенные твердые частицы в сырой воде легко удаляются с помощью известного метода промывки, обработка химическим коагулирующим агентом не требуется. Однако очень дискретные твердые вещества в основном коллоидны, и большинство суспензий имеют очень маленькие размеры. Для этих небольших размеров они выпадают в осадок и не являются послушными, и их следует рекомендовать для исцеления для плавающего отбора или фильтрации. И плавающий агент, и коагулирующие агенты являются реагентами, используемыми на первом этапе очистки воды от твердых частиц. Коагулирующий агент связывает мелкую частицу в дисперсной системе с большой частицей под влиянием когезии. Основная технология обработки свертывания заключается в том, что использование свертывающего агента снижает степень окисления обрабатываемой водной массы и снижает содержание взвешенных внутри частиц и требует наличия технологического оборудования и осветленных материалов.

Наиболее распространенными и эффективными коагулянтами являются соли алюминия и железа. Химические соединения, образованные металлами, могут быть органическими или неорганическими. Каждый тип коагулянта предназначен для взаимодействия с определенными веществами. Для очистки сточных вод промышленных предприятий используют специальные вещества (не такие, как в быту).

Основные варианты: соли магния (сульфат или хлорид магния); алюмосиликатный раствор; неорганический коагулянт, полученный из красного шлама; активированный алюминат кальция; пружина в полиреагентном минеральном геле. Рассмотрим самые популярные виды коагулянтов, содержащих алюминий. Первый - сульфат алюминия $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$. в большинстве случаев он используется как раствор. Два типа веществ известны: очищенные (выглядят как белые кусочки) и нерафинированные (серо-зеленые гранулы).

Гидрохлорид алюминия имеет химическую формулу $Al_n(OH)_{(3n-m)}Cl_m$, может производиться в виде прозрачных растворов или желтоватых гранул. Преимуществами являются хорошие характеристики коагуляции, высокая растворимость в воде, стабильность pH жидкости, минимальное содержание алюминия, эффективное удаление хлора. Гидрохлорид алюминия – коагулянт нового поколения. Применяется для очистки промышленных стоков (химическая, металлургическая промышленность) и питьевой воды. Водород и сульфат алюминия (или GSH) - смешанный коагулянт. Он показывает максимальную эффективность при очистке мутной и сплошной воды. Его можно производить в виде раствора или твердой массы. Широко используется в промышленности. Аналог-сульфат алюминия. Оксихлорид алюминия представляет собой формулу $Al(OH)_mCl_{3n-m}$ - М., применяемую для очистки природных вод, в основном, в холодное время года. Коагулянт быстро и четко вступает в реакцию с вредными веществами, может использоваться для очистки промышленных стоков.

Коагулянты, содержащие железо, используются реже, чем коагулянты, содержащие алюминий. Самый популярный: хлорное железо - имеет формулу $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ и используется для очистки природной воды, грязи с промышленности, хорошо удаляет аромат сероводорода. Сульфат железа - соединения $FeSO_4$ и $Fe_2(SO_4)_3$ используются для очистки воды. Что же убирает странные запахи. К органическим и неорганическим коагулянтам относятся растворы известняка, вещества с примесями алюминия и железа. По своему химическому составу все они относятся к солям кислот. Неорганические материалы имеют длительный срок службы и не сложны в использовании. Органика бывает естественной и искусственной, экономична в потреблении, имеет стабильный кислотно-основной состав, эффективно удаляет хлор и после завершения процесса очистки практически полностью удаляется из воды. К тому же эти вещества удобны в приготовлении, обычно они взаимодействуют с водорослями, осадок дает минимум и значительно увеличивает срок службы эстакионов.

Органические полимерные коагулянты Серия FLOQUAT имеет высокую катионную нагрузку, таким образом эффективно дестабилизируя отрицательно заряженные коллоидные частицы. По сравнению с неорганическими коагулянтами полимерные работают в широком диапазоне pH и щелочности, экономичны в расходе, не изменяют pH очищенной воды, не боятся хлорирования и не добавляют в воду, обработанную растворенными металлами. Очищенная вода имеет незначительный осадок.

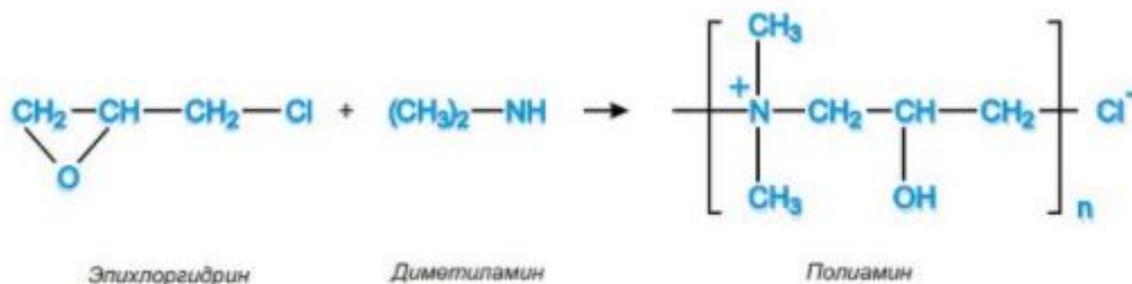


Рисунок 19 – Схема органического флокулянта FLOPAM PWG

Органические флокулянты серии FLOPAM PWG используются в сочетании с коагулянтами, способствуют увеличению размера хлопьев и упрощают их дальнейшее удаление. В продаже имеются катионные, анионные и неионные флокулянты с различной молекулярной массой и показателями плотности заряда в виде порошков, гранул, водных растворов, эмульсий. Полимерные флокулянты имеют высокую молекулярную массу, образуют мостики между микрохлопами, создавая большие макрохлопы. Они сводят к минимуму время осаждения и максимизируют качество воды, исключают перенос частиц и повышают производительность фильтра без капитальных затрат.

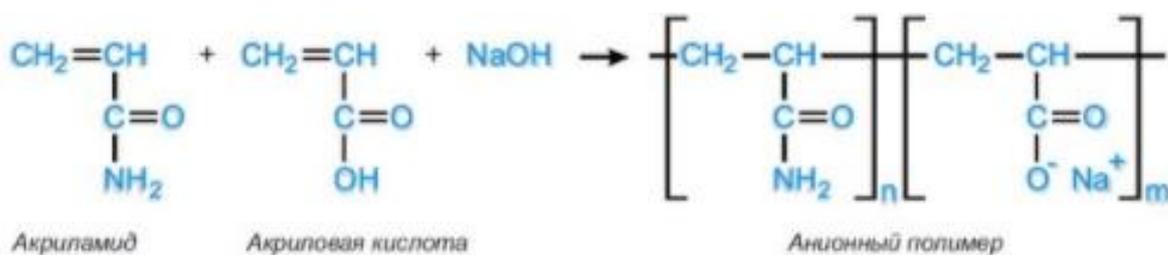


Рисунок 20 – Схема органического флокулянта FLOSPERSE

Умягчители воды серии FLOSPERSE используются для умягчения воды в хозяйстве, питье и в пищевой промышленности. Аммиак и диоксид углерода выделяются в больших количествах при дегидрировании (из-за разложения органических материалов). Водорастворимые газы объединяются с образованием бикарбоната аммония (формула NH_4HCO_3) - прочного буфера с pH менее 7. Чтобы предотвратить осаждение соли, вам необходимо добавить FLOSPERSETM (который образует ионы металлов, после чего они перестают выпадать в осадок из раствора).

Применение для водоподготовки такого коагулянта, как сульфат алюминия, показало перечень недостатков, таких как невысокая эффективность при пониженных температурах природного источника

(зимний период), большее количество используемого реагента и возможность превышения в питьевой воде ПДК по железу и алюминию.

В результате выявления таких серьезных недостатков, имеет смысл поиск для водоочистки других эффективных реагентов.

«Наиболее распространенным реагентом в применении очистки воды является сульфат алюминия (СА), который используется в технологической схеме очистки воды на ООО «АвтоградВодоканал», но в условиях нынешней разновидности водоисточников не позволяет достичь требуемых санитарных норм при низких температурах (ниже 5 градусов). В связи с этим, воду приходится подогревать, а это приводит к существенным энергозатратам, а, следовательно, и к повышению себестоимости очищенной воды» [10].

«Хорошо зарекомендовал себя реагент полиалюминия хлорид (POLYPACS-WHITE). Полиалюминия хлорид – модернизированный вариант таких материалов как: Полиоксихлорид алюминия (Индия), полиоксихлорид алюминия «АкваАурат-30» (Россия), гидроксихлорид алюминия (Россия), оксихлорид алюминия PAC-02 (Китай)» [28].

POLYPACS-WHITE – новый весьма эффективный полимерный коагулянт неорганического происхождения, полученный в результате внедрения передовых технологий и использования в качестве изначального сырья соляной кислоты и чистого гидроксида алюминия. Коагулянт получают методом распылительной сушки. Коммерческие продукты имеют белый или кремово-белый цвет и содержат менее 100 частей на миллион Fe^+ . Подходит для подготовки питьевой воды и очистки промышленных сточных вод. Он используется в целлюлозно-бумажной и косметической промышленности.

«POLYPACS-WHITE состоит из комплекса неорганических полимеров отличной степени полимеризации с разнообразно распределенной структурной схемой. Основополагающим компонентом является $Al_13O_4(OH)_{24}(H_2O)_{24}(H_2O)_{127+}$ высокозаряженное полимерное вещество со структурой Кеггина. Неорганический катионный полимерный коагулянт

имеет свойство преобразовываться в комплексные соединения со многими органическими и неорганическими веществами, обеспечивая высокую степень очистки воды от органических (и неорганических) примесей» [28] (табл. 3).

Таблица 3 – Характеристики полиоксихлорида алюминия

Внешний вид	Белый или молочный кристаллический порошок
Массовая доля оксида алюминия, %	Более 30
Массовая доля хлора, %	от 25 до 30
Основность, %	От 45 до 60
pH	От 3,5 до 5,0
Массовая доля хрома, %	Менее 0,0005
Массовая доля марганца, %	Менее 0,0002
Массовая доля свинца, %	Менее 0,0015
Массовая доля кадмия, %	Менее 0,0003
Массовая доля мышьяка, %	Менее 0,0002
Массовая доля азота, %	Менее 0,03
Массовая доля нерастворимого остатка, %	Менее 0,3

Рассмотрим основные свойства полиоксихлорида алюминия являются:

1) Достаточно высокая степень безопасности по химическим факторам, сравнительно не большое содержание железа, есть возможность использования для водоподготовки в различных направлениях промышленных предприятий;

2) Стремительное появление коагуляционных макрохлопьев и их осаждение, более эффективная очистка воды по сравнению с используемым на данный момент коагулянтом;

3) Молочный или белый рассыпчатый порошок с частицами равного размера;

4) Высокая прозрачность получаемого раствора;

5) Используется в широком имеющемся диапазоне рН (например, может быть использован в интервале от 5,0 до 9,0);

6) Не высокое содержание кислотных солей в результате реакции - крайне эффективен при производстве очищенной и подготовленной воды путем ионного обмена;

7) Обеспечивает крайне высокую эффективность водоочистки от взвешенных веществ и металлов;

8) Не теряет свои флокуляционные свойства даже в водах с пониженной в холодный период года температурой;

9) Низкое остаточное содержание металлов (алюминия).

«Преимущества (полиалюминия хлорид) состоят в следующем:

- имеет высокие потребительские свойства;
- технологическая активность практически не зависит от температуры очищаемой воды (возможность эффективно очищать воду в широком диапазоне температур, включая диапазон 0,5-9 градусов Цельсия;
- не образует в воде, воздухе и почве токсичных веществ;
- имеет длительный срок хранения;
- не слеживается при хранении;
- не требует для хранения отапливаемых складов и помещений;
- удобен в применении, легко и быстро растворяется в воде;
- позволяет осуществлять точную дозировку
- снижение расхода товарного реагента в 5-10 раз;
- уменьшение времени коагуляции в 1,5-3,0 раза;
- значительное уменьшение или полное отсутствие остаточного алюминия в очищенной воде;
- исключение или резкое снижение образующихся гипсовых отложений в технологическом оборудовании и трубопроводах» [29].

Применение:

«Свойства POLYPACS-WHITE указывают на бесспорный выбор для использования его в области водоснабжения, в приготовлении воды высокой

степени чистоты, в производстве высококачественной бумаги и косметической продукции» [29].

Использование, например, в целлюлозно-бумажной продукции позволяет увеличить срок хранения бумаги.

Для более эффективного процесса флокуляции при низких температурах и высокомутных водах, данный материал находится вне конкуренции по сравнению с обычными неорганическими коагулянтами.

Примеры применения данного коагулянта для водоподготовки в промышленности:

- очистка и кондиционирование питьевой воды;
- очистка сточных вод в промышленности, сельском хозяйстве, бытовых целях;
- для водоподготовки ТЭЦ, ГРЭС, котельных;
- в бумажной промышленности для приклеивания бумаги;
- в металлургической отрасли;
- в качестве добавки при изготовлении катализатора;
- как компонент в растворы для добычи нефти;
- в парфюмерии, в косметологии;
- в медицине и др. промышленности.

Дозировка:

- В сухом виде при помощи питателя;
- В растворенном виде.

«Для приготовления водного 10%-го раствора 40,1 г Полиалюминия хлорида растворить в 81,6 см³ воды. Концентрацию полученного раствора можно определить по ТУ 6-09-05-1456-96» [10].

Рекомендуемая доза коагулянта для очистки поверхностных вод: 1 - 15 мг/л.

Одним из разительных преимуществ по сравнению с сульфатом алюминия является возможность применения при низких температурах,

возможность использовать его в меньшем количестве, не влияет на уровень рН жидкости.

Выводы по третьей главе:

В качестве реагента на очистных сооружениях используют коагулянт сульфат алюминия. Применение данного коагулянта продуктивно, дешево, доступно. Но его использование сопровождается рядом недостатков. При использовании в холодный период года, его продуктивность снижается, образование хлопьев в холодной воде происходит менее активно. Также после использования сульфата алюминия возможно превышение в воде по ПДК алюминия и железа.

В качестве наиболее простого и доступного способа улучшения системы (чтобы не модернизировать оборудования, не строить дополнительный цех и не производить переобвязку сетей) предложен выбор другого коагулянта: полиалюминия хлорид.

Это коагулянт неорганического происхождения, представляется собой вещество белого или молочного оттенка. Подходит для приготовления питьевой воды, промышленной, очистки сточных вод.

Заключение

В данной работе рассматривались методы очистки природной воды из поверхностных источников от биологических примесей, для подготовки воды для предприятия (на примере АО «АвтоВАЗ»).

Были рассмотрены схемы установки оборудования для очистки питьевой воды, рассмотрены методы очистки, их преимущества и недостатки.

Самым распространенным методом очистки и водоподготовки природной воды является коагуляция. Она направлена на введение в поток воды, и приводит к слипанию между собой взвешенных органических и неорганических соединений, в результате чего образуются микрохлопья и макрохлопья. Такой метод необходим когда в воде содержатся вещества, дисперсность которых слишком мала, чтобы удалить их механическими фильтрами.

Способ коагуляции заключается в нейтрализации отрицательного заряда мелких частиц, что приводит к их слипанию и возможности удаления.

После образования хлопьев посредством добавления реагентов, взвешенные вещества удаляются механическими фильтрами. Наиболее распространенные механические фильтры — это смесители, камеры хлопьеобразования, осветлители с взвешенным слоем осадка.

Основное использование воды на предприятии направлено на хозяйственно-питьевое использование, вследствие этого было принято решение разработать улучшение водоочистки от биологических примесей. Так же такое решение было принято по той причине, что нынешняя система ООО «Автоградводоканал» не очищает забираемую воду от органических примесей до нужного уровня.

После рассмотрения существующей системы водоочистки и водоподготовки на ООО «АВК» рассмотрели на каком из этапов целесообразно вносить изменения. Предложение основывается на

техническом, химической и экономическом обосновании. Чтобы не вносить существенные изменения в систему путем модернизации оборудования или строительства дополнительной установки, было принято наиболее рациональное решение.

В качестве улучшения предложен метод замены реагентов, используемых на станции водоочистки и водоподготовки. Если ранее на предприятии использовался коагулянт сульфат алюминия (которых проблематично использовать в холодный период времени, требует большей дозировки), в данной работе было предложено заменить его на полиалюминия хлорид (хорошо проводит очистки в холодный период года, не влияет на уровень рН воды, также эффективен для высокоцветной воды).

В результате проведенного сравнения пришли к выводу, что предложенный коагулянт использовать более рентабельно.

Список используемых источников

1. Black A. & Hannah S. A. 1961 Electrophoretic studies of turbidity removal by coagulation with aluminum sulfate. *Journal of the American Water Works Association* 53 (4), 438–452.
2. Bodlund I, Pavankumar AR, Chelliah R, Kasi S, Sankaran K, Rajarao GK (2014) Coagulant proteins identified in mustard: a potential water treatment agent. *Int J Environ Sci Technol* 11:873–880.
3. Bombeli T, Spahn DR. Updates in perioperative coagulation: Physiology and management of thromboembolism and haemorrhage. *Br J Anaesth.* 2004;93:275–87.
4. Brown T. J. & Emelko M. B. 2009 Chitosan and metal salt coagulant impacts on *Cryptosporidium* and microsphere removal by filtration. *Water Research* 43 (2), 331–338.
5. Jekel M.R., Heinzmann B. (1989) Residual aluminum in drinking-water treatment. *JWSRT-Aqua*, 38, 281-288.
6. Виды коагулянтов для очистки воды [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://remont-system.ru/sovety-po-montazhu/vidy-koagulyantov-dlya-ochistki-vody>
7. ГОСТ 25151-82. Водоснабжение [Электронный ресурс]. - Введ. 1983.- 07.- 01.- Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200005343>.
8. ГОСТ 2761-84. Источники централизованного хозяйственнопитьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора (с Изменением N 1). [Электронный ресурс]. - Введ. 1986.- 01.- 01.- Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200003220>
9. ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294848/4294848348.htm>
10. ГОСТ 58580-2019 Полиоксихлорид алюминия [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293726/4293726764.pdf>

11. ГОСТ Р 12.0.010-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков [Электронный ресурс]. - Введ. 2011.- 01.- 01.- Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200080860>.

12. ГОСТ Р 56257-2014 Характеристика факторов внешнего природного воздействия. Общая классификация[Электронный ресурс]. - Введ. 2016.- 01.- 01.- Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200118630>.

13. Данилов В. П. Алюминия хлорид // Химическая энциклопедия : в 5 т. / Гл. ред. И. Л. Кнунянц. — М.: Советская энциклопедия, 1988. — Т. 1: А—Дарзана. — С. 122. — 623 с.

14. Дмитриева В.П. Совершенствование обработки воды от органических загрязнений / В.П. Дмитриева. – Тольятти.: ТГУ, 2018.

15. Запольский А.К., Баран А.А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды. Свойства. Получение. Применение. - Л., Химия, 1987. - 42с.

16. Качество воды [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://volcomsys.ru/Kachestvo>

17. Коагулянты на основе хлорида алюминия – полиоксихлорид алюминия и полиалюминия хлорид [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://nomitech.ru/articles-and-blog/koagulyanty_na_osnove_khlorida_alyuminiya_polioksikhlorid_alyuminiya_i_polialyuminiya_khlorid/.

18. Коагуляция [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://bigenc.ru/chemistry/text/2075751>.

19. Коагуляция [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://me-system.ru/tehnologii/koagulyatsiya/>.

20. Коагуляция [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://oboiman.ru/teplo/koagulant-dla-ocistki-stocnoj-vody-princip-dejstvia-vidy-vybor.html>

21. Коагуляция [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://xumuk.ru/encyklopedia/2024.html>

22. Куценко, А. Е. Нелинейный транспорт сорбита через ионообменные мембраны при электродиализе. / А. Е. Куценко, О. М. Аминов, В. А. Шапошник. // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2015. – № 1. – С. 67-73.

23. Методы очистки органических соединений [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://bstudy.net/707746/estestvoznanie/metody_ochistki_organicheskikh_soedineniy.

24. Никифоров, А. Ф. Теоретические основы сорбционных процессов очистки воды: учебное пособие / А. Ф. Никифоров, А. С. Кутергин, А. В. Воронина. – Екатеринбург: УрФУ, 2014. – 100 с.

25. Официальный сайт Автоград водоканал [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.avkvoda.ru>

26. Очистка воды от органических веществ и загрязнений [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://vodopodgotovka-vodi.ru/ochistka-vody/ochistka-vody-ot-organicheskikh-veshchestv-i-zagryazneniy>

27. Очистка воды флокуляцией [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://kanaliza.ru/chistka/ochistka-vody-flokuljaciej-cto-jeto-takoe>

28. Полиалюминия хлорид [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.europolimers.ru/polialyumiya-hlorid>.

29. Полиалюминия хлорид как альтернативный коагулянт [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.purifywater.co/polyalumchloride-alusulphate-comparison>

30. Преимущества применения полиалюминий хлоридов по сравнению с сульфатом алюминия [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://polyaluminium.ucoz.ru/index/preimushhestva_primeneniya_polialjuminij_khl_oxidov_po_sravneniju_s_sulfatom_aljuminija/0-4.

31. Разновидности органических загрязнений [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://musorniy.ru/organicheskie-zagryazneniya/>

32. Разновидность и применение коагулянтов для очистки воды [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://byreniepro.ru/shistka-vody/koagulyanty.html>

33. Розенберг, Г.С., Выхристюк, Л.А. Куйбышевское водохранилище (научно-информационный справочник) / Отв. ред. Г.С. Розенберг, Л.А. Выхристюк. – Тольятти : ИЭВБ РАН, 2008. – 123 с.

34. Современное состояние экосистемы Куйбышевского водохранилища [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://pandia.ru/text/77/286/47731.php>

35. Утин С. В. Математическая модель процесса коррекции pH умягченной воды электродиализом с биполярными ионообменными мембранами. / С. В. Утин, В. И. Заболоцкий, К. А. Лебедев. // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2015. – № 6. – С. 815-819.