

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

(наименование института полностью)
Кафедра «Химическая технология и ресурсосбережение»

(наименование кафедры)
18.04.01 Химическая технология

(код и наименование направления подготовки)

Экобиотехнология

(направленность (профиль))

ВЫПУСКАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему «Разработка технологических решений по повышению качества очистки
многокомпонентных стоков регулирующей емкости «Копань» ПАО «КуйбышевАзот»

Студент

В.В. Трифонов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.б.н., доцент Е. П. Загорская

(И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Содержание

Введение.....	3
1 Литературный обзор по теме исследования.....	7
2 Патентный поиск технологий очистки многокомпонентных стоков.....	15
3 Экспериментальная часть.....	20
3.1 Характеристика исследуемого объекта емкости «Копань».....	20
3.2 Сбор материала и данных для проведения эксперимента.....	24
3.3 Определение концентрации взвешенных веществ.....	31
4 Расчетная часть.....	40
4.1 Расчет дозы коагулянта.....	40
4.2 Технологии приготовления и хранения коагулянта.....	44
4.3 Расчёт оборудования для производства, хранения и дозирования реагента.....	47
Заключение.....	70
Список используемых источников.....	72

Введение

Актуальность и научная значимость настоящего исследования

В настоящее время в связи с ухудшением экологической обстановки, с увеличением техногенной экспансии на окружающую среду, остро обозначились вопросы качества очистки сточных вод предприятий, промышленного комплекса. Низкое качество очистки сточных вод приводит к изменению биоценозов поверхностных вод, к изменению режима функционирования водотоков. При этих нарушениях истощаются запасы пресной воды, как природного ресурса. При сбросе недоочищенных стоков природные объекты теряют свое первоначальное состояние, исчезают виды гидробионтов, которые участвуют в самоочищении водоемов [47].

Наша страна обладает огромными территориями и запасами природных ресурсов. Но, в настоящее время загрязнение природной среды достигло высоких масштабов и прослеживается тенденция ухудшения состояния биосферы. Наибольшее значение для природной среды и для человека имеют водные резервы чистой пресной воды, являющейся уникальным веществом, определяющим существование жизни на Земле [3]. В век технического прогресса предприятия являются активными и агрессивными антропогенными загрязнителями окружающей среды. От выбросов и сбросов поллютантов снижаются запасы чистого воздуха, пресной воды и истощается плодородие почв.

В любом производстве образуются сточные воды (СВ). В промышленных сточных водах присутствуют вещества высокого класса опасности, поступая в водные объекты, токсиканты оказывают губительное воздействие на экосистемы водных объектов. Производственные стоки многокомпонентного состава характеризуются повышенной токсичностью, труднее поддаются очистке, чем сточные воды централизованной системы водоотведения. Разнообразный подход к выбору технологий позволяет снизить экологический ущерб, наносимый загрязняющими веществами в СВ,

на биологические водные объекты. Эффективность очистки смешанных стоков заключается в применении комплексных технологий.

Актуальность экологических проблем очистки сточных вод диктует необходимость, применения нестандартных технологий очистки сбросов загрязняющих веществ, промышленными предприятиями. Для того, что очистить многокомпонентные стоки необходимо применять различные методы очистки. Комплексность заключается не только в общем анализе и оценке сброса загрязняющих веществ, но и в применении специфических методов для очистки стоков промышленных предприятий. Такой подход, учитывающих состав загрязнителей, позволит повысить качество очистки. Несмотря на интегрированный состав стоков, можно подобрать технологии переработки сточных вод и это решение позволит уменьшить концентрации загрязняющих веществ.

Актуальность исследований состоит в решении проблемы очистки стоков от взвешенных веществ.

Объект исследования: коагулянт $Al_2(SO_4)_3$, пробы сточных вод, пробы грунта, взятые из регулирующей емкости «Копань».

Предмет исследования: пробы сточных вод из регулирующей емкости «Копань»

Цель исследования: повышение качества предварительной очистки многокомпонентных сточных вод перед подачей на биологическую очистку и снижение антропогенной нагрузки на Саратовское водохранилище.

Гипотеза исследования: в предположении применения коагулянта для снижения концентрации взвешенных веществ в производственных сточных водах.

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

1. Провести анализ возможных способов очистки многокомпонентных сточных вод.

2. Проанализировать существующую технологическую схему процесса очистки многокомпонентных сточных вод на предприятии ПАО «КуйбышевАзот» и обосновать необходимость модернизации процесса.

3. Выбрать коагулянт, подобрать необходимую дозу расчетным и опытным путем.

4. Рассчитать оборудование для приготовления, хранения и дозирования коагулянта

Теоретико-методологическую основу исследования составили: труды отечественных и зарубежных ученых в области химии, биологии и экологии.

Базовыми для настоящего исследования явились также работы: Пронской Т.В., Федотова А.В., Черноиванова В.И., Поворова А.А., Павлова В.Ф., Кротова М.В., патента от 27.04.2013г. № 2480423 «Комбинированный способ очистки сточных вод, содержащих органические загрязнения», патента от 10.08.2014г. № 2525245 «Способ очистки сточных вод от взвешенных веществ и нефтепродуктов».

Методы исследования: отбор проб сточных вод, гранулометрический анализ сточных вод, лабораторные анализы на количественное содержание взвешенных веществ гравиметрическим методом, определение тяжелых металлов в пробах сточной воды, ГОСТы, ПНД, СанПиНы, ФЗ.

Опытно-экспериментальная база исследования: Тольяттинский государственный университет, кафедра «Химическая технология и ресурсосбережение».

Научная новизна исследования заключается в: предложении технологии очистки сточных вод регулирующей емкости «Копань» от взвешенных веществ.

Теоретическая значимость исследования заключается в анализе и систематизации научных трудов отечественных и зарубежных ученых, патентной и научной литературы по существующим способам очистки сточных вод от взвешенных веществ, выборе методик для определения

взвешенных веществ в стоках, в предложении коагулянта для осаждения взвешенных веществ.

Практическая значимость исследования: разработанная технология очистки сточных вод от взвешенных веществ позволяют рекомендовать применение коагулянта $Al_2(SO_4)_3$ в усреднительной емкости ПАО «КуйбышевАзот». Результаты работ расширяют представление о воздействии взвешенных веществ на водные объекты и возможности применения коагулянта $Al_2(SO_4)_3$, для осаждения взвешенных веществ, для улучшения и восстановления структурного состава сточной воды перед подачей её в Саратовское водохранилище.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивались: применением современных, точных методик, позволяющих добиться высокоточных результатов от лабораторных исследований.

Личное участие автора в организации и проведении исследования: состоит в разработке технологии очистки сточных вод от взвешенных веществ, постановке и проведении экспериментальных лабораторных исследований в течении шести месяцев.

Апробация и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования. Его результаты напечатаны в международном научно-практическом журнале «Globus» статья «Гидрохимические и экологические аспекты исследований свойств многокомпонентных стоков промышленных предприятий».

На защиту выносятся: предположение применения разработанной технологии в очистки сточных вод от взвешенных веществ.

Структура магистерской диссертации: В состав диссертации включено: введение, четыре главы, заключение, список используемых источников, состоящий из 53 наименований, 5 из которых иностранные. Объем работы составляет 76 страниц машинописного текста, 12 рисунков, 29 таблиц, 10 формул.

1 Литературный обзор по теме исследования

Существует множество различных технологий очистки многокомпонентных стоков производственных предприятий. Для правильного выбора эффективных технологий необходимо провести глубокий анализ того что будем перерабатывать.

Группа авторов проводила качественный анализ очистки многокомпонентных стоков различными способами. Были установлены стандарты на стандарт состава сточных вод, которые включают предельные величины на сброс сточных вод и максимальные концентрации вредных веществ [44].

После перехода страны на рыночную экономику принципиально изменилось отношение к экологической ситуации и природным ресурсам. Совершенствуются способы и средства кларирования стоков. Ставятся цели на извлечение полезных веществ и экономической эффективности переработки стоков. Актуальной остаётся проблема приоритетной защиты отечественных разработок в вопросах экологии. Есть необходимость разработки критериев и методов минимизации затрат при сохранении природных источников и очистке сточной воды. Нужно обосновать экономический эффект, после внедрения безотходных технологий. Он связан с экологией, это улучшит экологическую обстановку в стране и в мире [34].

Нужно обратить внимание на: мониторинг вредных веществ, экономичность методов обработки грязных стоков и разработку новых методов производства высокоэффективных реагентов и сорбентов [24]. Стоит рассмотреть отдельно безотходность производственных циклов.

В мире существуют те же проблемы, которые часто решаются методами эффективной утилизации.

Ситуация обостряется тем что в нашей стране, как нигде в мире, накоплено много не перерабатываемых на данный момент рассыпчатых,

волоконных, отходов пленки, нефтепродуктов, промышленности, автомобилей, строительные, которые используются нерационально. Их сжигают, скапливают свалках, зашлаковывают водоёмы в районе действия предприятий [49].

«На практике используются сорбенты и различные методы очистки вод по четырём группам дисперсности:» [39].

«I – взвеси с размером частиц более 10^{-1} мкм, эмульсии и суспензии, создающие мутность воды, включая микроорганизмы и планктон;» [38].

«II – коллоидные растворы с размерами частиц 10^{-1} – 10^{-2} мкм, высокомолекулярные соединения, обуславливающие окисляемость и цветность воды, вирусы» [28].

«III – молекулярно-растворённые вещества с размерами частиц 10^{-2} – 10^{-3} мкм, газы, органика, придающая воде запахи и привкус;» [27].

«IV – вещества, диссоциирующие на ионы с размерами частиц менее 10^{-3} мкм, соли, кислоты, основания» [21].

Исследованиями других авторов установлено, что «необходимо использовать потенциальные возможности разработки методов и производства сорбентов и методов очистки сточных вод, методы мониторинга и оценки социальноэкономической эффективности с учетом минимизации затрат на все виды переработки» [22].

Технологии очистки стоков классифицируются как механические, химические, физикохимические, термометоды, а также биологические методы (таблица 1). Эффективность всех видов очистки сточных вод заключается в применении комплексных технологий.

Важно провести полный анализ стоков перед выбором необходимых технологий [2].

Электрохимическая технология, кроме первичной цели, позволяет в процессе очистки выделить металлы и вещества, на которых можно заработать, тем самым повышая экономический эффект процесса.

Таблица 1 – Методы очистки сточных вод

Очистка от суспензий и эмульсий	Очистка от растворенных примесей	Очистка от органики и газов	Уничтожение или утилизация
Механическая	Дистиляция	Регенерация	Устранение
Отстаивание	Ионный обмен	Отдувка	Закачка в
Флотация	Обратный осмос	Деструктивные	скважины и
Фильтрование	Ультра	Экстракция	глубины моря
Осветление	фильтрация	Биометоды	Термоуничтожение
Центробежные	Замораживание	Озонирование	Переработка в
Коагуляция	Реагентные	Хлорирование	брикеты
Флокуляция	Электрометоды	Нагрев	Захоронение в
Электрометоды		Реагентные	почву

Электрохимическая технология является основной физико-химического способа. Электрохимическая очистка стоков производится под действием электрической силы. Данная технология обусловлена много стадийностью и сложностью происходящих в аппаратах очистки физико-химических явлениях. На каждой стадии происходят разные процессы, соответственно аппараты различны по конструкции [13].

Электрохимические технологии очистки можно разделить на три основных:

- превращения;
- разделения;
- комбинированные.

Технология превращения обеспечивает изменение физико-химических, фазоводисперсных свойств стоков, нейтрализации и эффективного извлечения. Переработка стоков, производится в несколько стадий, начиная с электронного взаимодействия соединений и оканчивая изменением

электроповерхностных и объемных характеристик сильно дисперсных веществ, содержащихся в стоках [20].

«Методы разделения предназначены для концентрирования примесей в локальном объеме раствора без существенного изменения фазоводисперсных или физико-химических свойств извлекаемых из сточных вод веществ. Разделение примесей и воды происходит в основном за счет флотации электрогенерируемыми пузырьками газов или силового воздействия электрического поля, обеспечивающего транспорт заряженных частиц в воде» [4].

«К комбинированным методам электрохимической очистки сточных вод относятся методы, которые предполагают совмещение одного или нескольких методов превращения и разделения загрязнений стоков в одном аппарате» [18].

«Электрофлотация заключается в насыщении очищаемой воды микропузырьками водорода и кислорода, образующимися при ее электролизе под действием постоянного электрического тока» [19].

Продукты нефтехимии, находящиеся в сточной воде, окисляются кислородом, подающимся во флотатор. На пузырьки водорода, который обладает более высокой подъемной силой, поднимает с коагулированные частицы и выносит загрязняющие вещества на поверхность флотатора.

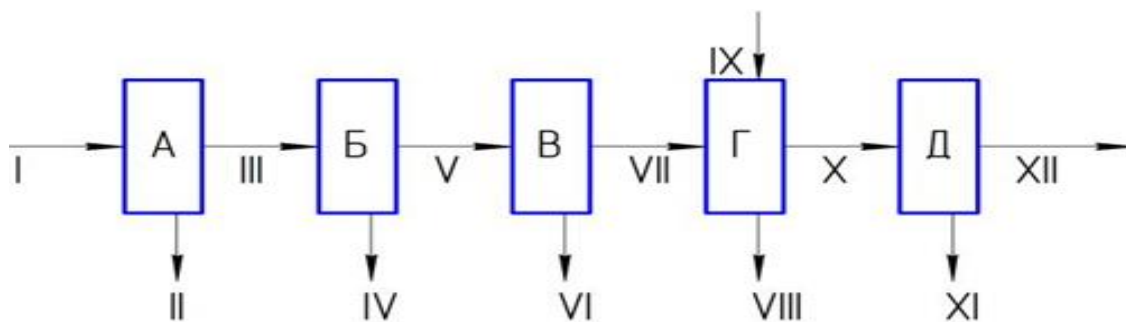
«Кислород окисляет находящиеся в воде нефтепродукты, образуя более простые соединения, а пузырьки водорода, обладая большой подъемной силой, увлекают за собой на поверхность воды частицы нефтепродуктов и с коагулированных взвешенных веществ» [14].

«Электрокоагуляция (гальвано коагуляция) – устаревшие технологически методы, которые до настоящего времени используются на машиностроительных и металлообрабатывающих предприятиях для очистки сточных вод гальванического производства, в основном для очистки хромсодержащих сточных вод от ионов хрома. В данных методах по электрохимическому механизму растворяют железо, и образовавшиеся ионы

восстанавливают шестивалентный хром. Различие электрокоагуляции и гальвано коагуляции заключается в способе растворения железа. В электрокоагуляционном методе железо растворяется электрохимически при наложении на стальные аноды потенциала от внешнего источника питания. В гальванокоагуляционном методе железо растворяется гальвано химически за счет разности потенциалов, возникающей при контакте железа с медью или коксом. Следовательно, оба метода различаются движущей силой процесса растворения металлического железа, что и определяет их технологические различия» [41].

Наиболее применяемой технологией очистки стоков от крупных частиц считается пропускание сквозь поры фильтра сточных вод, а также через сетку с необходимым пространственным размером ячеек. Данная технология очень эффективна на предприятиях с собственным водооборотным циклом [15].

Схема установки механической очистки стоков представлена на рисунке 1.



а – решетчатый фильтр, б –уловитель песка, в – ёмкость раздел, г –сосуд осветления, д – фильтрующий пресс; 1– производственные стоки, 2 – твёрдые частицы, осевшие на решетчатом фильтре; 3 –частично очищенные стоки, 4 – песок из уловителя, 5 – стоки в ёмкость разделения, 6 – твёрдые частицы из ёмкости разделения; 7 – условно очищенные стоки в сосуд осветления; 8 – осадок из сосуда осветления, 9 – каталитические стоки, 10 –продукт на фильтрующий пресс ; 11 – твёрдая фаза, 10 – очищенные стоки.

Рисунок 1 – Схема установки механической очистки стоков

Активно используются отстойники-аэротенки с несколькими типами подачи газовой фазы.

Это следующее поколение биореакторов применяемых в очистке высококонцентрированных стоков, у них в конструкции имеются узлы для отсеечения сопутствующей биомассы. Все реакторы-отстойники принципиально друг от друга не отличаются [11].

Смысл заключается, в поддержании необходимой производительности узла аэрации, её стабильной работе и отсутствию застойных явлений.

Определяющим фактором для оценки разных реакторов, аэраторов является значение пределов коэффициента аэрации, a :

$$0,4 < a < 0,95$$

К высококонцентрированным сточным водам применяют анаэробные технологии очистки, здесь также есть свои плюсы.

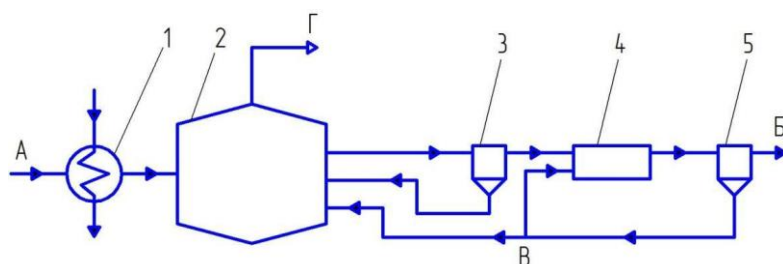
Мельчайшие организмы вырабатывают энергию, в данном случае – биологический газ, понижается содержание вредных веществ до значения необходимого для следующей стадии переработки [12].

Продукты переработки выпадают в осадок, который можно использовать как удобрение, а также как полупродукт для последующей переработки в белковые продукты, различные добавки [9].

Можно уменьшить время прохождения ферментации, увеличивая температуру до 60°C. Это максимальная при процессе сбраживания с выделением метана. При 35°C скорость выделения метана увеличивается вдвое, чем при 26°C. В реакторе непрерывного действия полное сбраживание будет зависеть от времени переработки стока и рецикла.

Комплексные технологии это новый прорыв в очистке грязных стоков, которые возникли в связи с необходимостью быстро и эффективно перерабатывать большие объёмы.

На рисунке 2 изображена схема современной конструкции реакторов и отстойников.



1 – теплообменник, 2 – метантенк, 3 – отстойник, 4 – аэротенк, 5 – отстойник, а – грязные стоки, б – очищенные стоки, в – аэробный активный ил, г – биологический газ.

Рисунок 2 – Схема современной конструкции реакторов и отстойников

Таким образом, по анализам исследований многочисленных авторов выясняется, что очистка многокомпонентных стоков сложнейшая технологическая процедура, которая требует выполнения всех нормативных документов, а также соблюдение доступных технологий при очистке сточных вод.

Анализ стоков, проведенный в предыдущем исследовании, показал превышение концентрации взвешенных веществ [50].

Взвешенные вещества – это частицы, остающиеся на фильтре после фильтрования [1].

Взвешенные вещества попадают в водоемы – в межсезонье при таянии снега, после дождей, искусственным путем – при строительстве опор мостов, прокладке трубопроводов, строительстве дамб и плотин, разработке полезных ископаемых, работах по углублению дна водных объектов [22]. После проведения этих работ, в водоемах появляются места с высокой мутностью[8];. По времени нахождения в водоеме их можно разделить на кратковременные, периодические, или постоянные. Взвеси также классифицируют по концентрации, структуре, скорости выпадения осадка [27].

Последствия от воздействия взвешенных веществ:

фотосинтез замедляется, прозрачность воды и объем фитопланктона уменьшается [45];

сточная вода, засоренная взвешенными веществами, быстро прогревается [13];

изменяют химический состав вод [10];

приводят к недосыщению водоемов биологическими элементами, замедляют процесс самоочищения воды [20];

угнетают развитие холодолюбивых видов беспозвоночных и рыб в экосистемах [2];

поглощают кислород из воды, чем вызывают угнетение дыхательного аппарата водных организмов [9];

уничтожают пищевые частицы, тем самым изменяя биохимические показатели водоема и кормовой базы [28];

«состав сточной воды по соединениям азота, фосфора, железа, биогенных микроэлементов растет» [15];

«цепочки питания, взаимодействия биосистем нарушаются, что приводит к необратимым изменениям экосистем» [48];

«негативно влияют на физиологические и биохимические параметры рыб, их иммунную систему, на генотипы» [18];

▮ «уменьшается: рост, упитанность, жиронакопление, размножение, поведение» [26];

Выводы по разделу

На основании изученных литературных источников можно сделать вывод, что авторами разработаны технологические схемы очистки комбинированных стоков, которые проверены на промышленных установках и широко используются в области повышения качества очистки сложно компонентных стоков.

2 Патентный поиск технологий очистки многокомпонентных стоков

Патент РФ №2480423. Комбинированный способ очистки сточных вод, содержащих органические загрязнения.

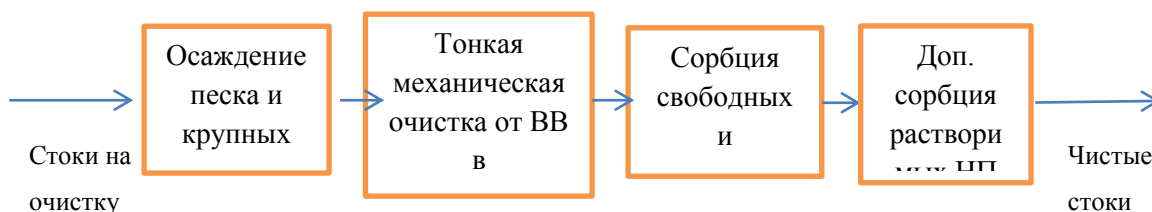
«Комбинированный способ очистки сточных вод, содержащих органические загрязнения, включающий: первичную обработку исходных сточных вод коагулянтом и флокулянтом, разделение обработанных сточных вод на ил и осветленные сточные воды, отбор ила для последующей обработки, обработку осветленных сточных вод наноструктурированным бемитом с абсорбцией органических загрязнений частицами наноструктурированного бемита до достижения заданной степени очистки осветленных сточных вод, разделение обработанных осветленных сточных вод на очищенные сточные воды и твердый осадок, содержащий загрязненный наноструктурированный бемит, сбор твердого осадка, содержащего загрязненный наноструктурированный бемит, регенерирование наноструктурированного бемита. Для этого собранный твердый осадок подвергают сверхкритическому водному окислению до полного окисления органических соединений, абсорбированных наноструктурированным бемитом, и сбор регенерированного наноструктурированного бемита для последующего повторного использования» [31].

Патент РФ № 2525245. Способ очистки сточных вод от взвешенных веществ и нефтепродуктов. Схема очистки представлена на рисунке 3.

«Способ очистки сточных вод от взвешенных веществ и нефтепродуктов. Включает стадии осаждения песка, крупных частиц, тонкую механическую очистку, сорбцию свободных и эмульгированных нефтепродуктов, дополнительную сорбцию растворимых нефтепродуктов на сорбенте с прикрепленной микрофлорой, отличающийся тем, что в исходные сточные воды предварительно вводится флокулянт с гидрофобизирующими свойствами, тонкая механическая очистка от взвешенных веществ

проводится в слое загрузки, составляющем 25-35 % от общей высоты загрузки, выполненном из цилиндрических колец диаметром 10-40 мм с соотношением длины к диаметру (1-2):1, засыпанных в навал, дополнительная сорбция растворимых нефтепродуктов проводится на сорбенте с прикрепленной микрофлорой с подачей кислорода воздуха» [30].

Традиционный способ



Предлагаемый способ

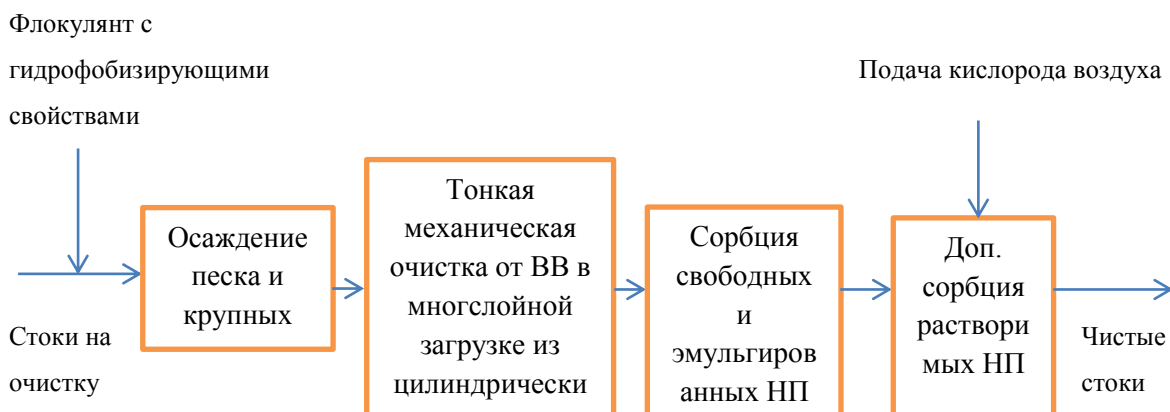


Рисунок 3 Традиционный и предлагаемый способы очистки сточных вод

Патент РФ № 2497759. Способ очистки промышленных сточных вод от тяжелых металлов.

«Способ очистки промышленных сточных вод от тяжелых металлов, включающий обработку сточных вод щелочным торфо-гуминовым препаратом и отделение обработанной воды, отличающийся тем, что используют жидкий щелочной торфо-гуминовый препарат при его

отношении к раствору промышленных сточных вод от 1:100 до 1:1000, образовавшийся осадок металлорганических комплексов подвергают термическому обогащению отжигом при температуре 450-600 °С» [29].

Схема очистки промышленных стоков, изображена на рисунке 4.



Рисунок 4 - Способ очистки промышленных сточных вод от тяжелых металлов

Патент РФ № 2404134. Способ очистки промышленных сточных вод и устройство для его осуществления.

«Способ очистки промышленных сточных вод, включающий обработку их в поле гальванической пары с подачей воздуха и последующим отделением твердой фазы, отличающийся тем, что сточные воды, представляющие собой хлоридные стоки, содержащие сурьму, золото, свинец, медь и никель, подвергают двухстадийной гальванохимической обработке при использовании следующих материалов гальванопары: углеродистый текстильный материал ватин и сплав сурьмы, в котором содержание основных металлов составляет, %: Sb - 67,82; Cu - 1,43-2,60; Ni - 2,10-2,70; Sn - 0,12-0,20; As - 0,012-0,07; Fe - 0,043-0,32; Pb - 17,72-33,62; Au - 0,123-0,230; углеродистый текстильный материал ватин и катодная сурьма с содержанием сурьмы не ниже 95%; углеродистый текстильный материал ватин и крудум» [32].

«Устройство для очистки промышленных сточных вод, включающее вращающийся барабан из коррозионно-стойкого материала с размещенной в нем гальванопарой, отличающееся тем, что оно состоит из устройства первой стадии очистки и устройства второй стадии очистки, при этом устройство первой стадии очистки выполнено в виде заполненного гальванопарой сетчатого барабана с отверстиями 2-3 мм, снабженного обечайкой с патрубками для подачи воздуха, ввода и вывода сточных вод, воронками с диспергирующими трубами, корытом, дно которого покрыто лавсановым ковриком, разгрузочным патрубком и фильтром, наполненным частицами активного угля, связанным с патрубком вывода сточных вод, а устройство второй стадии очистки уставлено по уровню ниже, чем устройство первой стадии очистки, с возможностью поступления сточных вод самотеком на вторую стадию очистки и включает патрубок для ввода сточных вод, аэрационную камеру, перфорированные решетки, диск с отверстиями, вращающийся распределитель в виде вертикального диска с отверстиями, закрепленного на горизонтальном валу, и серии перфорированных труб с

гальванопарой, выполненных с возможностью вращения и имеющих наклон в сторону разгрузки 6° »[32].

Патент РФ № 2443636. Применение шлама, образующегося на водоподготовительной установке ТЭС, в качестве сорбента при биологической очистке сточных вод.

Авторами установлено, что «применение шлама, образующегося при известковании и коагуляции сырой воды на водоподготовительной установке тепловых электрических станций в количестве от 300 до 900 мг/дм³ от общего объема сточных вод, при биологической очистке сточных вод промышленных предприятий в качестве сорбента вещества химического состава $\text{CaCO}_3 + \text{MgO} + \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{SiO}_2 + \text{Al}(\text{OH})_3$, повысило качество очистки СВ. Концентрация взвешенных веществ снижается на 61 %» [33].

Согласно проведенному анализу патентов по способам очистки промышленных сточных вод, проанализировано несколько патентов, в которых приведены сведения о технологиях, позволяющих улучшить качество сточных вод при повторном их использовании и сбросах в поверхностные водные объекты.

Выводы по разделу

Таким образом, согласно проведенному анализу патентов по способам очистки промышленных сточных вод, проанализировано несколько патентов, в которых приведены сведения о технологиях, позволяющих улучшить качество сточных вод при повторном их использовании и сбросах в поверхностные водные объекты.

3 Экспериментальная часть

3.1 Характеристика исследуемого объекта емкости «Копань»

Объектом исследования является регулирующая емкость (условное название «Копань»), принадлежащая ПАО «КуйбышевАзот», в которую направляются смешанные потоки сточных вод предприятий Северного промышленного узла (СПУ) г.о. Тольятти. В емкость по единой самотечной канализационной сети транспортируются стоки более 7 предприятий, выпускающие продукцию различного вида. В числе абонентов состоят крупные химические предприятия и организации малого бизнеса.

Промышленные стоки предприятий Северного промузла поступают по закрытому коллектору и открытому каналу в рабочую секцию регулирующей емкости. Далее через насосную станцию откачиваются в Саратовское водохранилище, не проходя дополнительную очистку [7]. Такое направление потока СВ является основным недостатком существующей технологической цепочки, так как в природный поверхностный водный объект поступают загрязненные стоки.

Регулирующая емкость объемом 271 000 м³ используется как усреднитель, с целью усреднения расхода и состава поступающих сточных вод. Схема регулирующей емкости изображена на рисунке 5.

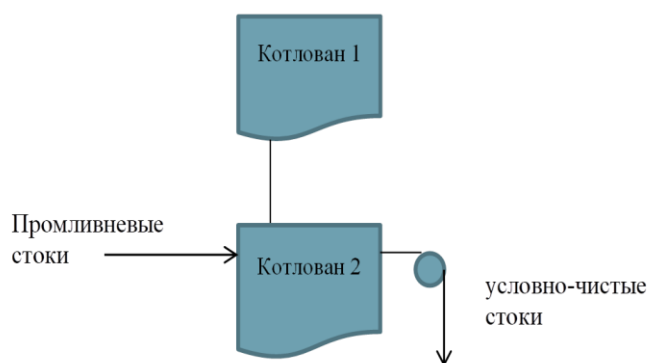


Рисунок 5 – Существующая схема регулирующей емкости

При принятой максимальной проектной производительности очистных сооружений время пребывания воды в регулирующей емкости 112 часов. Регулирующая емкость имеет два котлована, соединенные между собой переливной трубой. Ливневые сточные воды Северного промышленного узла поступают в регулируемую емкость по каналу, в котлован 2. Забор стоков существующей насосной станцией также осуществляется из второго котлована. Котлован 1 используется только как накопительный и в меженные периоды уровень воды в этой части регулирующей емкости значительно падает [14].

Площадь водного зеркала регулирующей емкости «Копани» составляет – 129 375 м². Глубина – переменная. Максимальная глубина – 3 м.

Общий объем регулирующей емкости составляет около 271 000 м³.

Согласно проекту (1971 г) общий объем регулирующей емкости должен был составить 700 тыс. м³ и рассчитывался на:

- прием дождевых вод объемом 230 тыс. м³,
- условно-чистых сточных вод – 20 тыс. м³,
- условно-чистых в случае аварии на напорном трубопроводе – 175 тыс. м³,

Запас на случай выпадения осадков редкой повторяемости составляет 270 тыс. м³.

Накопительная ёмкость рассматривалась как резервуар для полива земледельческих полей орошения в теплый период года.

Регулирующая емкость представляет собой котлован, разделенный дамбой на две секции – рабочую и резервную. По периметру имеется частичная обваловка железобетонными плитами, по окружности произрастают высшие водные растения семейства осоковых. Ливневые сточные воды Северного промышленного узла поступают в регулируемую емкость по каналу в рабочую секцию. Забор стоков существующей насосной станцией также осуществляется из второй секции. Резервная секция

используется только как накопительная и в меженные периоды уровень воды в этой части регулирующей емкости значительно падает.

Основные морфометрические показатели регулирующей емкости «Копань» представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Морфометрические показатели регулирующей емкости

Характеристика	Показатели
Площадь водного зеркала	129375 м ²
Глубина	3-4 м
Объем сточных вод	271 тыс. м ³
количество промышленных и дождевых сточных вод	10101,3 тыс.м ³ /год.
Общая площадь емкости	30 га

Регулирующая емкость предназначена для усреднения расхода и состава поступающих сточных вод. Объемы поступающих стоков со всех абонентов непостоянные, поэтому уровень воды в емкости не регулируется, при повышении поступлений стоков обе секции наполняются как сообщающиеся резервуары.

Уровненный режим стоков поддерживается согласно химическим показателям: при высоких показателях загрязняющих веществ сброс из емкости снижается, при показателях в пределах нормы – сброс увеличивается.

Официальные сведения о возможности использования сточной воды для хозяйственных нужд садово-огороднических участков отсутствуют. Рекреационное и рыбохозяйственное водопользование емкости не предусмотрено.

В регулирующей емкости осуществляется механическая очистка вод за счет естественного оседания грубых примесей и взвешенных веществ.

В настоящее время с целью обеспечения соблюдения требований природоохранного законодательства ПАО «КуйбышевАзот» выполняет строительство очистных сооружений сточных вод Северного промышленного узла г.о. Тольятти в районе регулирующей емкости («Копань»). Проектом предусмотрено введение в технологическую схему физико-химической очистки с применением коагулянтов и стадии биологической очистки. В соответствии с проектом, предлагается реконструкция существующей двухсекционной отстойно-регулирующей емкости и строительство комплекса, в состав которого включены установки механической очистки и реагентного хозяйства. С целью обеспечения качества очистки сточных вод перед сбросом в открытый водный объект в технологическую схему введены новые сооружения биологической очистки (аэротенки), сооружения доочистки и обработки осадка.

Регулирующая емкость «Копань» не является гидротехническим сооружением, ее можно отнести к природно-технической системе (ПТС). Проведенные наблюдения показали, что в регулирующей емкости происходят гидрохимические и биологические процессы с синергическим эффектом, присущие как природным экосистемам, так и искусственным техническим объектам.

Существующее здание насосной станции имеет размеры в плане 36*12 м. В нем установлено следующее насосное оборудование:

- 1) насос перекачивания сточных вод 20-Д-6, 2000 м³/час, Н=78 м, 630 кВт – 8 штук;
- 2) самовсасывающий насос ВКС-2/26, 80 м³/час, Н=15 м, 5,5 кВт – 2 штуки;
- 3) насос 8к, 18,360 м³/час, Н=15 м, 22 кВт – 1 штука;
- 4) насос 3Гр, 8,50 м³/час, Н=16 м, 10 кВт – 2 штуки.

Существующая камера переключения используется на выпуске условно очищенных стоков после усреднительных емкостей [16]. В ней установлена арматура. Далее сточные воды по системе напорных трубопроводов

частично поступают на ПАО «Тольяттиазот», но в основном направляются на сброс в Саратовское водохранилище.

3.2 Сбор материала и данных для проведения эксперимента

Отбор проб воды и грунта осуществляли 21.04.2019 г. Пробы сточной воды и донных отложений производили по общепринятым гидробиологическим методикам [23]. Воду отбирали батометром. Пробы донных отложений (ДО) отбирали дночерпателем в трех точках емкости: с глубины 3 метра, 2 метра и с прибрежной зоны.

Производили определение кислотности сточной воды, используя стандартные индикаторные полоски. По цвету индикаторной полоски, при сравнении со шкалой, было отмечено значение рН равное 10.

В момент отбора проб прозрачность воды была нулевая, цвет стоков светло-зелёный, так как визуально наблюдалось большое скопление представителей альгофлоры.

В лабораторных условиях проводили анализы основных загрязняющих веществ. Для дальнейших исследований проводили подготовку образцов ДО, помещали пробы донных отложений на высушивание, под вытяжку: 1 проба - 3 метра от берега; вторая проба - 2 метра от берега и проба, взятая с отмели.

Метод определения сульфатов.

Налили 10 мл испытуемой воды в пробирку, добавил 0,5 мл HCl (1:5) и 2 мл 5% раствора BaCl₂. Пробирку встряхивали в течении 15 секунд. Появилась белая муть, это значит, что в воде присутствуют сульфат-ионы. Чтобы убедиться, что наблюдаемый осадок образован именно сульфатами, а не фосфатами или карбонатами, часть полученного раствора отделили в другую пробирку и добавили несколько капель HCl. Осадок не растворяется в соляной кислоте это значит, в воде содержатся сульфат-ионы [38].

Для полуколичественного определения сульфат-ионов сравнили раствор со стандартной шкалой. Полученные данные приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Шкала для определения концентрации сульфатов в стоках

Наименование пробирки	1	2	3	4	5	6
Концентрация сульфатов, мг/мл	10	20	50	100	200	400

Вывод: концентрация сульфатов составляла 400 мг/л, т.е. концентрация самая высокая.

Метод определения хлоридов.

Провели качественный анализ определения хлоридов (таблица 4) [32].

Таблица 4 – Данные для определения концентрации хлоридов в стоках

Результат	Концентрация хлоридов, мг/л
Слабо мутная вода	1 – 10
Сильно мутная вода	10 – 50
Появились хлопья, сразу не осаждаются	50 – 100
Осадок белый объемный	Выше 100

В пробирку налили 5 мл воды и добавили 3-4 капли 10% раствора AgNO_3 . Появилась муть с осадком, что указывает на присутствие в воде хлоридов. Для того чтобы убедиться, что осадок образовался за счет хлорид-ионов, в пробирку добавляем несколько капель HNO_3 . Муть в воде свидетельствует о содержании в воде именно хлоридов.

Вывод: наблюдалась сильная муть с содержанием хлоридов 10-50 мг/л, концентрация ниже средней.

Метод определения фосфатов.

В химический стакан объемом 100 мл налили 50 мл пробы воды, добавили 1 мл HCl (1:5), 1 мл молибдата аммония и по каплям ввели раствор хлорида олова, всего 3 капли. По интенсивности окраски полученного

раствора, делаем вывод о количестве фосфат-ионов в исследуемых стоках. Данные, указаны в таблице 5 [30].

Таблица 5 – Данные для определения концентрации фосфатов в стоках

Цвет	Концентрация фосфатов, мг/л
Светло-голубая	0,1 – 10
Голубая	10 – 45
Синяя	Выше 45

Вывод: светло-голубая, 0,1-10 мг/л, концентрация ниже среднего.

Метод определения содержания катионов Fe.

Для определения концентрации в стоках солей Fe налили 10 мл исследуемой воды в мерную колбу 25 мл. Добавил 1 мл H₂SO₄, для создания кислой среды. Далее прибавили 5 мл 10% раствора сульфосалициловой кислоты. Полученный раствор долили до метки дистиллированной водой и перемешали. Для сравнения с растворами стандартной шкалы, приготовленный раствор налили в пробирку до уровня, одинакового со стандартными растворами. Окраску сравнивали, рассматривая растворы сверху. В присутствии ионов Fe раствор окрашивается в розовый цвет [35]. По стандартной шкале определили содержание в стоках катионов Fe. Данные, указаны в таблице 6.

Таблица 6 – Шкала для определения концентрации катионов Fe в стоках

Наименование пробирки	1	2	3	4	5
Концентрация катионов Fe, мг/л	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30

Вывод: раствор не окрасился в розовый цвет, содержание катионов Fe не более 0,05 мг/л, самая низкая концентрация.

Метод определения содержания катионов Pb.

В пробирку налили 5 мл сточной воды. Добавили 0,5 мл 0,5 М раствора K_2CrO_4 [4]. Цвет получившегося раствора сравнили со стандартной шкалой, данные, указаны в таблице 7.

Таблица 7 – Шкала для определения концентрации катионов Pb в стоках

Наименование пробирки	1	2	3	4
Концентрация катионов Pb, мг/л	0,01	0,05	0,10	0,50

Вывод: содержание катионов Pb, 0,5 мг/л, что соответствует самой высокой концентрации.

Метод определения влажности донных отложений.

Анализировали три пробы донных отложений: с глубины 3 метра, с глубины 2 метра и пробы с отмели [20]. .

Поставили 3 чистых бюкса, с крышками, в сушильный шкаф с температурой 105°C, на один час, предварительно пронумеровав маркером. После сушки, вынули их шкафа, охладили в эксикаторе, взвесили каждую с крышкой, данные зафиксировали в таблице 8, единица измерения грамм, точность до 0,0001 грамм.

Таблица 8 – Масса пустых бюкс, с крышками

1 бюкс	2 бюкс	3 бюкс
50,7436 грамм	51,8915 грамм	52,6103 грамм

Анализируемые пробы донных отложений, интенсивно перемешали. По 15 грамм каждой пробы поместили в отдельные бюксы и взвесили, на лабораторных весах, вместе с крышками, данные, записали в таблицу 9.

Таблица 9 – Масса бюкс, с крышками и пробами, до сушки

1 бюкс	2 бюкс	3бюкс
65,0491 грамм	65,0139 грамм	65,0025 грамм

Затем открыли крышки и вместе с крышками поместили в сушильный шкаф нагретый до температуры 105°C, на 3 часа. После трех часов сушки взвесили, данные, записали в таблицу 10.

Таблица 10 – Масса бюкс, с крышками и пробами, после трех часов сушки

1 бюкс	2 бюкс	3бюкс
56,2097 грамм	54,9213 грамм	60,4540 грамм

Помещаем пробы в шкаф еще на 1 час сушки, после взвешиваем, данные, записали в таблицу 11.

Таблица 11 – Масса бюкс, с крышками и пробами, после трех часов сушки

1 бюкс	2 бюкс	3бюкс
55,3343 грамм	54,4434 грамм	60,4030 грамм

Ставим все пробы в эксикатор на 30 минут, после растираем через сито и взвешиваем, данные, записали в таблицу 12.

Таблица 12 – Масса бюкс, с крышками и пробами, после эксикатора

1 бюкс	2 бюкс	3бюкс
55,1747 грамм	54,3118 грамм	60,3945 грамм

Процедуру высушивания и взвешивания проб прекращаем, так как разница с предыдущими значениями не превышает 0,2 грамма.

Данные представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Результаты проведенной работы по измерению влажности

№ пробы	Место отбора	Масса пустой бюксы с крышкой (г), m	Масса влажной пробы в бюксе с крышкой (г), m1	Масса высушенной пробы в бюксе с крышкой (г), m0	Влажность донных отложений W(%)
1	3 метра от берега	50,3409	65,0491	55,1747	222,8431
2	2 метра от берега	47,9079	65,0139	54,3118	442,1807
3	Отмель	49,7567	65,0025	60,3945	59,1968

По полученным данным произвели расчеты

Рассчитали влажность каждого образца донных отложений W, %, по формуле

(1)

$$W = 100 * (m1 - m0) / (m0 - m), \quad (1)$$

где m1 – масса влажной пробы в бюксе с крышкой, г;

m0 – масса высушенной пробы в бюксе с крышкой, г;

m – масса пустой бюксы с крышкой, г.

$$W1 = 100 * (65,0491 - 55,1747) / (55,1747 - 50,7436) = 222,8431 \%;$$

$$W2 = 100 * (65,0139 - 54,3118) / (54,3118 - 51,8915) = 442,1807 \%;$$

$$W3 = 100 * (65,0025 - 60,3945) / (60,3945 - 52,6103) = 59,1968 \%.$$

Исследовали физико-химические показатели сточных вод. Полученные данные занесли в таблицу 14.

Таблица 14 – Физико – химические показатели сточных вод

Показатель	Результат		Нормативы		
	Сточные воды из емкости	Водная вытяжка из донных отложений	Хозяйственно-питьевые	Коммунально-бытовые	Рыбохозяйственные
рН	10	10	6,5-8,5		
Сульфаты	более 400	более 400	500 мг/л		100 мг/л
Хлориды	10-50	более 100	350 мг/л		300 мг/л
Свинец	0,5	0,1	0,1 мг/м ³		0,1 мг/м ³
Железо	0,05	0,2	1,0 мг/л		0,1 мг/л
Фосфаты	0,1-10	10-45	45 мг/л		0,2 мг/л

Определение токсичности исследуемых стоков.

Определение токсичности смешанных стоков проводили методом биотестирования. Объектом биотестирования служили планктонные ветвистоусые рачки *Daphnia magna* (Straus)

В настоящее время для биоиндикации водных объектов чаще всего используют различные водные организмы,

Для проведения опыта отфильтровали 100 мл сточной воды, через фильтровальную бумагу, вылили ее в стеклянную емкость. Рядом поставили такую же емкость и налили 100 мл водопроводной воды. Запустили в каждую по десять дафний. Наблюдали за обоими емкостями в течение 96 часов. Все дафнии (100%) сохраняли подвижность, что говорит о малой токсичности воды [25].

Результаты проведенных исследований показали, что в сточной воде

наблюдалось превышение таких показателей как рН, сульфаты, свинец и фосфаты, что объясняется непостоянством состава поступающих в регулируемую емкость стоков и изменяющимся гидрологическим режимом.

3.3 Определение концентрации взвешенных веществ

Сбор материала и данных для проведения эксперимента. Отбор проб воды и грунта осуществляли в 08:00 02.12.2019 г. Отбор проб сточной воды производили по общепринятым гидробиологическим методикам [23]. Воду отбирали с нагнетания насоса перекачивания сточных вод 20-Д-6 в пробоотборники. Для корректности измерений пробы проверялись на отсутствие поверхностной пленки и плавающих частиц. Сделали шесть повторов. Каждый пробоотборник промыли, залили до краев, герметично закрыли.

В 10:00 начали проводить эксперимент.

Выделяем из пробы стоков взвешенные вещества путем фильтрования воды через фильтр «синяя лента»;

Высушиваем фильтр с осадком в сушильном шкафу при температуре $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ [32], после данной процедуры взвешиваем фильтр с осадком. При разнице между взвешиваниями менее 0,5 г. взвешивание прекращают [28].

Приготовление фильтров

- 1) Фильтры «синяя лента» подписали;
- 2) Сложили вчетверо, разложили в воронки, промыли 200 граммами обессоленной воды;
- 3) При помощи пинцета удалили из воронки, сложили компактно, положили в маркированные бюксы, просушили в сушильном шкафу в течение 4 часов при температуре $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$;
- 4) Сложили в эксикатор для охлаждения бюксы с фильтрами;
- 5) Через полчаса закрыли бюксы крышками, взвесили;

б) Процедуру сушки и взвешивания проводим до тех пор, пока разница между взвешиваниями будет не более 0,5 мг.

Полученные данные занесли в таблицу 15.

Таблица 15 – Результаты взвешиваний фильтра без осадка

№ бюксы	1 взвешивание (m _ф), г.	2 взвешивание (m _ф), г.	3 взвешивание (m _ф), г.
1	49,4109	49,4105	49,4102
2	50,5355	50,5351	50,5346
3	52,5209	52,5155	52,5151
4	52,1149	52,1125	52,1121
5	53,8106	53,8101	53,8098
6	51,6104	51,6099	51,6096

Измерение массовой концентрации взвешенных веществ перед коагуляцией.

- 1) Бумажный фильтр после процедуры подготовки положили в воронку;
- 2) Дистиллированной водой смачиваем фильтр для хорошего прилипания. Пропускаем 200 мл хорошо перемешанной анализируемой пробы сточной воды;
- 3) Затем ополоснули мерную емкость дважды 4–5 см³ дистиллятом воды, для переноса смывов на фильтр;
- 4) Промыли фильтр 10 см³ дистиллированной воды.
- 5) Пинцетом вынимаем фильтр с осадком, сложили компактно, поместили в тот же бюкс, в котором его взвешивали до фильтрования;
- 6) Сушили фильтр 2 часа при температуре 105 ± 2 °С;
- 7) 30 минут охлаждаем в эксикаторе, затем закрывали пронумерованный бюкс крышкой и взвешивали;
- 8) Процедуру сушки и взвешивания проводим до тех пор, пока разница между взвешиваниями будет не более 0,5 мг.

Полученные данные занесли в таблицу 16.

Таблица 16 – Результаты взвешиваний фильтра с осадком

№ бюксы	1 взвешивание ($m_{\text{фо}}$), г.	2 взвешивание ($m_{\text{фо}}$), г.	3 взвешивание ($m_{\text{фо}}$), г.
1	49,5121	49,5081	49,5077
2	50,6364	50,6324	50,6321
3	52,6162	52,6117	52,6114
4	52,2134	52,2092	52,2088
5	53,9154	53,9114	53,9110
6	51,7128	51,7086	51,7083

Измерение массовой концентрации взвешенных веществ после коагуляции

Для проведения коагуляции будем использовать 0,03% концентрацию раствора $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

- 1) Подготовленный бумажный фильтр поместили в воронку;
- 2) Смочили дистиллированной водой для хорошего прилипания и пропустили 200 мл хорошо перемешанной анализируемой пробы сточной воды;
- 3) После пропускания пробы через фильтр ополоснули измерительную емкость дважды 4 - 5 см³ дистиллятом H_2O , для переноса смывов на фильтр;
- 4) Промыли фильтр 10 см³ дистиллированной воды, дали воде полностью стечь;
- 5) Пинцетом осторожно вынули фильтр с осадком и поместили в тот же бюкс, в котором его взвешивали до фильтрования;
- 6) Фильтр высушили 2 часа при температуре 105 ± 2 °С;
- 7) Охлаждали в эксикаторе, затем закрывали пронумерованный бюкс крышкой и взвешивали;

8) Процедуру сушки, проводили до разницы между взвешиваниями не более 0,5 мг [23].

Полученные данные занесли в таблицу 17.

Таблица 17 – Результаты взвешиваний фильтра с осадком после коагуляции

№ бюксы	1 взвешивание ($m_{\text{фо}}$), г.	2 взвешивание ($m_{\text{фо}}$), г.	3 взвешивание ($m_{\text{фо}}$), г.
1	49,4243	49,4145	49,4105
2	50,5452	50,5369	50,5349
3	52,5245	52,5185	52,5155
4	52,1248	52,1154	52,1124
5	53,8257	53,8142	53,8102
6	51,6182	51,6101	51,6099

Определение концентрации взвешенных веществ.

Пробы сточных вод отбирались из трех разных мест водоема. Из первой точки отбора, пробы обрабатывались в первой и второй бюксе. Из второй точки отбора, пробы обрабатывались в третьей и четвертой бюксе. Из третьей точки отбора, пробы обрабатывались в пятой и шестой бюксе.

В основу данной работы легла методика, утвержденная «Федеральным центром анализа и оценки Техногенного воздействия» от 01 сентября 2016 года.

Количество взвесей в пробе сточной воды V , мг/дм³, рассчитали по формуле (2)

$$V = (m_{\text{фо}} - m_{\text{ф}}) * 1000 / V, \quad (2)$$

где $m_{\text{фо}}$ – масса бюкса с фильтром и осадком взвешенных веществ, г;
 $m_{\text{ф}}$ – масса бюкса с фильтром без осадка взвешенных веществ, г;

V – объем профильтрованной пробы сточной воды, дм^3 .

$$B_1=(49,5077-49,4102)*1000/0,2=97,5/0,2=487,5 \text{ мг/дм}^3;$$

$$B_2=(50,6321-50,5346)*1000/0,2=97,5/0,2=487,5 \text{ мг/дм}^3;$$

$$B_3=(52,6114-52,5151)*1000/0,2=96,3/0,2=481,5 \text{ мг/дм}^3;$$

$$B_4=(52,2088-52,1121)*1000/0,2=96,7/0,2=483,5 \text{ мг/дм}^3;$$

$$B_5=(53,9110-53,8098)*1000/0,2=101,2/0,2=506,0 \text{ мг/дм}^3;$$

$$B_6=(51,7083-51,6096)*1000/0,2=98,7/0,2=493,5 \text{ мг/дм}^3;$$

Полученные данные заносим в таблицу 18.

Таблица 18 – Показатели концентрации взвешенных веществ (ВВ)

№ бюксы	Концентрация ВВ B , мг/дм^3 .	$(B \pm A)$ мг/дм^3 , $P=0,95$	Ср. концентрация ВВ $B_{\text{ср}}$, мг/дм^3 .
1	487,5	48,75	487,5
2	487,5	48,75	
3	481,5	48,15	482,5
4	483,5	48,35	
5	506,0	50,60	499,75
6	493,5	49,35	

Для каждого результата измерения массовой концентрации взвешенных веществ X , рассчитаем погрешность и представим в виде: $(B \pm A)$ мг/дм^3 , $P=0,95$, где A - погрешность результатов измерений для данных концентраций взвесей. A рассчитали по формуле: $A = 0,01 * \alpha * B$ Значение α приведено в [23].

Расхождения между параллельными опытами не более 5%, что говорит о высокой точности проведенных измерений.

Выбор коагулянта.

Сточные воды содержат 45—55% загрязнений, относящихся по физико-химическим свойствам к коллоидным. Дисперсные частицы не

осаждаются, не задерживаются на фильтрах. Размер частиц находится в интервале 1 — 100 нм., образуют, устойчивые системы.

Для повышения эффективности очистки сточных вод от взвешенных веществ используют реагенты, называемые коагулянтами. Коагулянты — это гидролизующиеся соли металлов.

Водоподготовка многокомпонентных промышленных стоков сложный многостадийный процесс, включающий несколько методов очистки в зависимости от видов загрязнителей. Одним из неоспоримых методов является коагуляция, проводимая на этапе водоподготовки. При введении коагулянта из сточных вод удаляются взвешенные вещества различного происхождения, бактериальные загрязнения. Коагуляция снижает цветность и мутность воды. При попадании патогенных микроорганизмов дезактивируются свойства, снижается их вирулентность, что положительно отражается на качестве сточной воды при сбросе в поверхностные воды [30].

Коагулянты используются для снижения устойчивости дисперсных систем и агрегации коллоидных систем, что приводит к снижению концентрации посторонних веществ, в сточных водах.

Процесс коагуляции – это процесс образования хлопьев и выделение коллоидных примесей в виде осадка. Процесс коагуляции происходит при действии на систему нескольких факторов: химического состава исследуемых СВ, вида коагулянта и его дозы, величина рН-среды, степень смешения СВ с коагулянтом, температура воды, а также режим дозирования реагента.

Роль коагулянта при очистке воды заключается в осветлении воды в результате коагуляции. Осветление происходит вследствие нарушения равновесия коллоидной системы за счет уменьшения потенциала частиц, в результате чего образуются хлопья из загрязнений, содержащихся в воде и сульфата алюминия, и сорбции загрязнений образующимися хлопьями сульфата алюминия, результат изображен на рисунке 6.

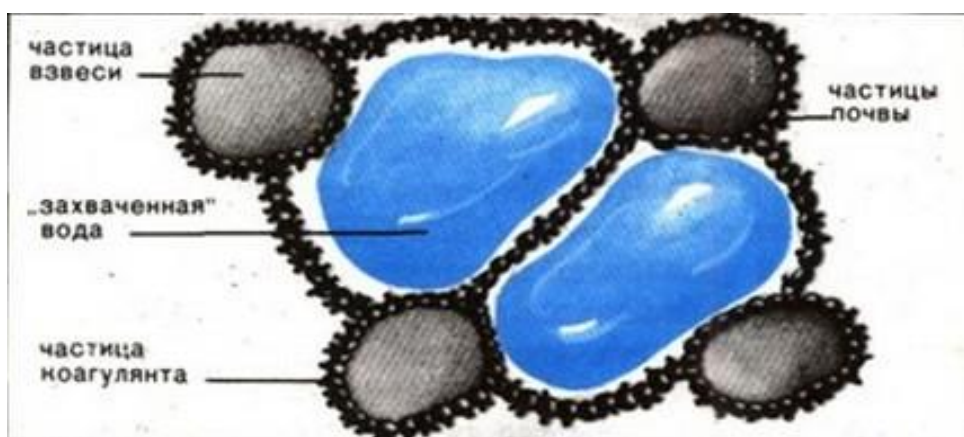


Рисунок 6 Структура с коагулированных хлопьев

Наиболее распространенным коагулянтом является сульфат алюминия. В процессе коагуляции $Al_2(SO_4)_3$, взаимодействует с гидрокарбонатами, находящимися в H_2O . В результате образуются малорастворимые основания. Коагуляцию применяют в очистке H_2O для соединения взвесей в агломераты, процесса осадения получившихся хлопьев [24]. Во время коагуляции происходит слипание коллоидных и диспергированных веществ, в результате их взаимного соединения под воздействием сил притяжения. Финалом данного процесса является отделение агрегатов слипшихся частиц от воды и осадением на дно. В качестве коагулянтов используют соли алюминия и железа – сульфаты и хлориды. При попадании коагулянтов в осветляемую воду происходит их разложение:



Гидроксиды алюминия имеют вид коллоидных веществ, которые поглощают своей хлопьевидной поверхностью взвеси, растворенные в воде, а также бактериофаги, гуминовые вещества, ионы тяжелых металлов. Скорость коагуляции возрастает при увеличении концентрации электролита. Важные факторы, влияющие на процесс осадения: pH, состав анионов в обрабатываемой воде, вид коагулянта, условия перемешивания, температура. В зависимости от концентрации взвесей доза коагулянта варьируется от 20 до 700 мг/л.

Пробы сточных вод отбирались из трех разных мест водоема. Из первой точки отбора, пробы обрабатывались в первом и втором бьюксе. Из второй точки отбора, пробы обрабатывались в третьем и четвертом бьюксе. Из третьей точки отбора, пробы обрабатывались в пятом и шестом бьюксе.

В основу данной работы легла методика утвержденная «Федеральным центром анализа и оценки Техногенного воздействия» от 01 сентября 2016 года.

Через несколько минут после введения в исследуемые образцы воды раствора коагулянта $Al_2(SO_4)_3$ было отмечено выпадение осадка хлопьевидного белого и желтоватого цвета.

«Концентрацию взвесей в пробе сточной воды B , мг/дм³, рассчитали по формуле (3)

$$B = (m_{\phi_0} - m_{\phi}) * 1000 / V, \quad (3)$$

где m_{ϕ_0} – масса бьюкса с фильтром и осадком взвешенных веществ, г;

m_{ϕ} – масса бьюкса с фильтром без осадка взвешенных веществ, г;

V – объем профильтрованной пробы сточной воды, дм³.

$$B_1 = (49,4105 - 49,4102) * 1000 / 0,2 = 0,3 / 0,2 = 1,5 \text{ мг/дм}^3;$$

$$B_2 = (50,5349 - 50,5346) * 1000 / 0,2 = 0,3 / 0,2 = 1,5 \text{ мг/дм}^3;$$

$$B_3 = (52,5155 - 52,5151) * 1000 / 0,2 = 0,4 / 0,2 = 2,0 \text{ мг/дм}^3;$$

$$B_4 = (52,1124 - 52,1121) * 1000 / 0,2 = 0,3 / 0,2 = 1,5 \text{ мг/дм}^3;$$

$$B_5 = (53,8102 - 53,8098) * 1000 / 0,2 = 0,4 / 0,2 = 2,0 \text{ мг/дм}^3;$$

$$B_6 = (51,6099 - 51,6096) * 1000 / 0,2 = 0,3 / 0,2 = 1,5 \text{ мг/дм}^3;$$

Полученные данные заносим в таблицу 19.

Для каждого результата измерения массовой концентрации взвешенных веществ X , рассчитаем погрешность и представим в виде: $(B \pm A)$ мг/дм³, $P=0,95$, где A - границы характеристики погрешности результатов измерений для данных Концентраций взвесей. Значение A рассчитывают по формуле: $A = 0,01 * \alpha * X$ Значение α приведено в [23].

Таблица 19 – Показатели концентрации взвешенных веществ (ВВ) после коагуляции

№ бюксы	Концентрация ВВ X , мг/дм ³ .	(X ± A) мг/дм ³ , P=0,95	Ср. концентрация ВВ X _{ср} , мг/дм ³ .
1	1,50	0,15	1,50
2	1,50	0,15	
3	2,00	0,20	1,75
4	1,50	0,15	
5	2,00	0,20	1,75
6	1,50	0,15	

Расхождения между параллельными опытами не более 5%, что говорит о высокой точности проведенных измерений.

Вывод: При определении концентрации взвешенных веществ было установлено, что после введения коагулянта концентрация взвешенных веществ уменьшается в 320 раз с 485 мг/л до 1,5 мг/л, что показывает положительное воздействие коагулянта на образование осадка и снижение таких показателей как мутность сточных вод. В данном случае осадок представляет собой конгломерацию посторонних примесей различного происхождения (взвешенные минеральные частицы, отмершие организмы) в смешанной сточной воде.

4 Расчетная часть

4.1 Расчет дозы коагулянта

Концентрацию коагулянта подберем с помощью биотестирования, проведенного на дафниях.

Для проведения опыта отфильтровали 1000 мл сточной воды. Приготовили шесть колб по 100 мл. Смешаем 5 мл 10 % процентного раствора $Al_2(SO_4)_3$ и 95 мл сточной воды получаем 0,5 % раствор $Al_2(SO_4)_3$, по такой же методике приготовим 0,1 %, 0,05 %, 0,03 %, 0,02 %. Выливаем полученные растворы в чашки Петри. Рядом поставили такую же емкость и налили 100 мл водопроводной воды. Промаркировали емкости. Запустили в каждую по десять дафний. Наблюдали за емкостями в течении 96 часов. Все дафнии оказались живы только в чашках с концентрацией 0,02 %, 0,03 % что говорит о малой токсичности проб [25].

Гравитационное осаждение является одним из наиболее часто используемых и широко используемых на практике методов снижения содержания взвешенных веществ. «Однако примеси, вызывающие помутнение и окрашивание природных вод, невелики, в результате чего их осаждение происходит крайне медленно, поскольку силы диффузии преобладают над гравитацией» [6]. Кроме того, коллоидные частицы, которые вызывают помутнение и окрашивание в сточной воде, несут отрицательный поверхностный заряд, который заставляет их отталкивать и предотвращает агломерацию.

В результате использования коагулянтов наблюдается осаждение взвешенных веществ и улучшение качества осветленной воды.

Применение коагулянта нейтрализует этот заряд и вызывает образование мелких хлопьев. Коагуляция загрязнителей воды это процесс увеличения коллоидных и взвешенных частиц дисперсионной системы. Он происходит в результате их межмолекулярных взаимодействий и ассоциаций

в агрегатах. «Этот процесс заканчивается отделением агрегатов связанных частиц от жидкой фазы. На скорость свертывания влияют условия смешивания, рН, температура, щелочность, состав воды, доза коагулянта» [4].

В качестве коагулянтов могут быть использованы следующие соединения: сульфат алюминия $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, оксихлорид алюминия $Al_2(OH)_5Cl \cdot 6H_2O$, алюминат натрия $NaAlO_3$, хлорид железа $FeCl_3 \cdot 6H_2O$; - сульфат железа $FeSO_4 \cdot 7H_2O$; - сульфат железа $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 2H_2O$.

«Наибольшее распространение получил сульфат алюминия. Доза коагулянта ($г/м^3$) рассчитывается по формуле (4):

$$D_k = 4 \cdot \sqrt{Ц}, \quad (4)$$

где Ц - цветность очищенной воды, град» [5]. Исходя из максимальной начальной мутности, согласно таблице 20 выбирают дозу коагулянта.

Таблица 20 Доза коагулянта в зависимости от мутности очищенных стоков

Мутность стоков, $г/м^3$	Количество коагулянта, $г/м^3$ (а)	Мутность стоков, $г/м^3$	Количество коагулянта, $г/м^3$ (б)
Менее 100	25-35	600-800	50-60
100-200	30-40	800-1000	60-70
200-400	35-45	1000-1500	70-80
400-600	45-50		

Примечание: а) Меньшие дозы относятся к воде, содержащей грубодисперсную взвесь; б) При применении контактных осветлителей и контактных префильтров, дозу коагулянта следует принимать на 10-15% меньше, чем согласно таблице 19 или по формуле (4).

Величина дозы коагулянта, из таблицы 19, сравнивается с дозой, полученной по формуле (4). В итоге наибольшая величина берется для дальнейших расчетов.

Определим необходимую дозу коагулянта для очистки стоков исходя из основных показателей: максимальная мутность 450 г/м^3 ; минимальная мутность 30 г/м^3 , цветность 60 градусов.

В качестве коагулянта выбираем сульфат алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$. Дозу коагулянта предварительно определим по формуле (4):

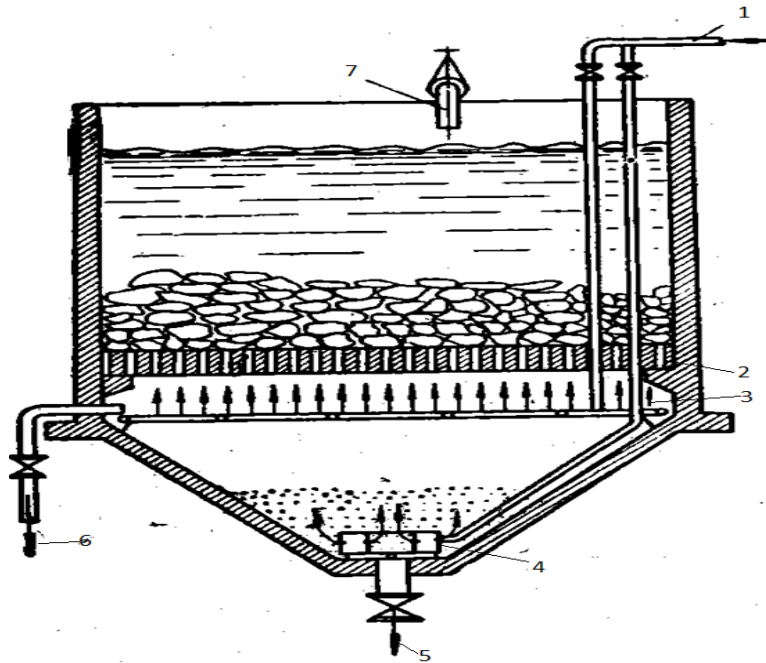
$$D_k = 4 \cdot \sqrt{Ц} = 4 \cdot \sqrt{60} = 30,98 \text{ г/м}^3 \quad (4)$$

В соответствии с максимальной мутностью 450 г/м^3 , согласно таблице 19, определим дозу коагулянта $D_k = 4550 \text{ г/м}^3$. Для дальнейших расчетов мы берем наибольшую дозу: $D_k = 45 \text{ г/м}^3$.

Таким образом, из доступности и экономичности, выбрали в качестве коагулянта сульфат алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Для корректного ведения технологического процесса, произвели расчет необходимой дозы вышеуказанного реагента [17].

Виды дозирования реагентов. Для очистки стоков реагенты используются в форме порошка (сухая дозировка) и в форме растворов определенной концентрации (влажная дозировка). Дозировка растворов реагентов встречается чаще. В мокром дозировании реагентов экономия включает в себя: склады реагентов, оборудование для хранения, приготовления и дозирования растворов. «Для приготовления, хранения и разбавления растворов реагентов используются емкости различных конструкций. Смешивание в резервуарах осуществляется с помощью механических мешалок или пузырьков». [21].

Схема резервуара для растворения коагулянта приведена на рисунке 7.



1—подача сжатого воздуха; 2—колосниковая решетка; 3—верхняя распределительная воздушная система; 4—нижняя распределительная воздушная система; 5—дренаж осадка; 6—отбор готового раствора; 7—вода.

Рисунок 7 – Схема бака для растворения коагулянта

Дно сосуда для приготовления коагулянта должно иметь пирамидальную форму с углом наклона 45° относительно горизонтали. Чтобы опорожнить резервуар, необходима труба диаметром не менее 150 мм. При использовании кускового коагулянта в резервуарах устанавливаются решетки с ячейкой 10-15 мм. Если используется порошковый реагент, сетка с отверстиями 12 мм помещается на решетку дополнительно. В верхней части танков предусмотрена площадка для персонала

Нижняя часть резервуаров должна иметь наклон не менее 0,050 по отношению к сливной трубе, диаметр которой должен быть не менее 100 мм. Трубопровод, ведущий к готовому раствору коагулянта из питающих резервуаров, должен располагаться над дном резервуара на 100-200 мм. Если используется неочищенный коагулянт, раствор будет удален из верхних

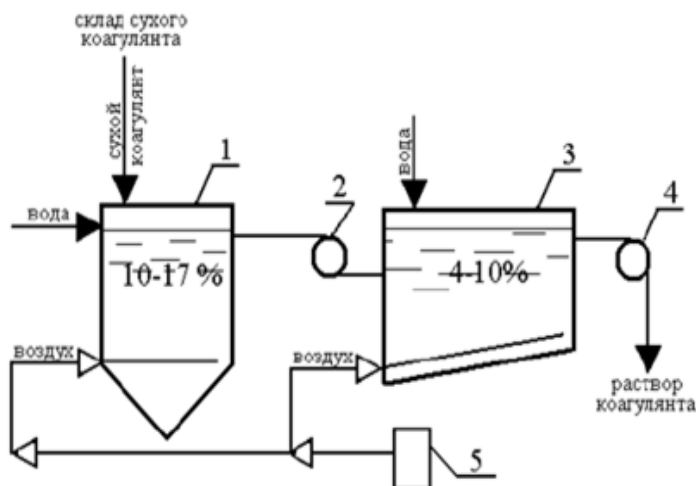
слоев через шланг с поплавком. Внутренние поверхности резервуаров должны быть защищены кислотостойкими материалами и покрытиями.

4.2 Технологии приготовления и хранения коагулянта

Для приготовления и хранения раствора коагулянта используют схемы сухого, мокрого и смешанного хранения:

Схема сухого хранения, изображена на рисунке 8.

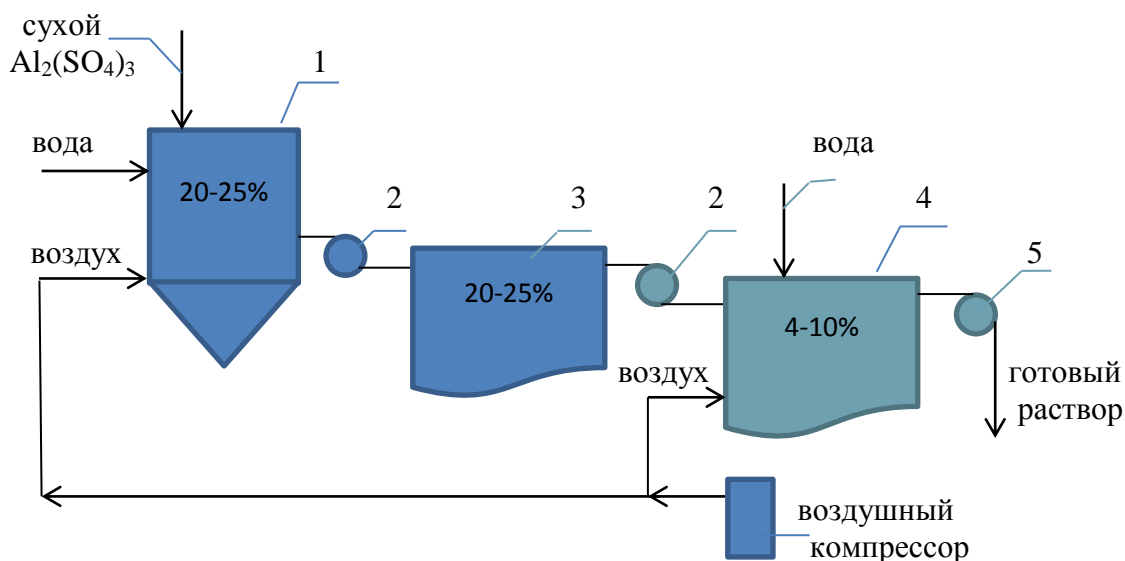
Согласно этой схеме, коагулянт хранится на складе в сухом виде. При необходимости его загружают в емкости с раствором, где коагулянт растворяется в концентрации 20÷25% раствора. Затем раствор коагулянта вводят в расходные емкости, где его разбавляют до концентрации 4÷10% и дозируют в очищаемую воду. Эта схема рекомендуется для очистных сооружений с производительностью менее 50000 м³/сут.



1 растворный резервуар; 2 насос для перекачки раствора коагулянта; 3 расходная емкость; 4 насос для подачи коагулирующего раствора в обрабатываемые стоки; 5 воздушный компрессор

Рисунок 8 – Схема сухого хранения коагулянта

На практике применяется метод мокрого хранения реагента.
Схема мокрого хранения реагента, изображена на рисунке 9.

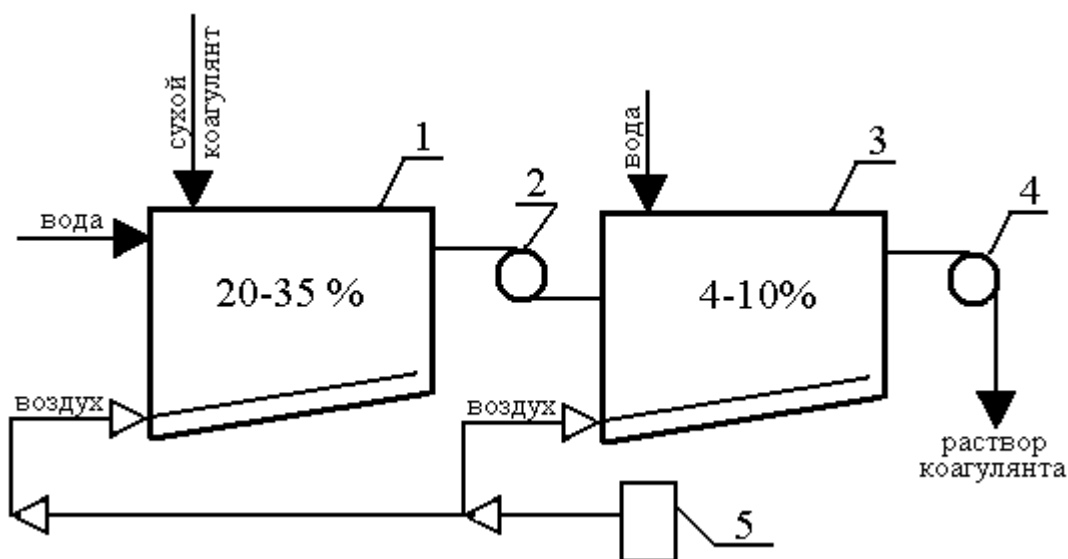


1 растворный резервуар; 2 насос для перекачки раствора коагулянта; 3 танк для хранения; 4 расходная емкость; 5 насос для подачи коагулирующего раствора в обрабатываемые стоки

Рисунок 9 – Схема мокрого хранения реагента

Согласно этой схеме, реагент, доставленный на установку, загружается в емкости с раствором. Когда коагулянт растворяется в воде, его раствор получается с концентрацией 20÷25%. Отстоявшийся раствор разливают в танки хранилища, расположенные, как правило, под полом емкостей с раствором. Из резервуаров для хранения концентрированный раствор при необходимости перекачивается в расходные емкости, где он разбавляется до концентрации 4÷10% и дозируется в очищаемые стоки. Эта схема рекомендуется для очистных сооружений с производительностью более 50000м³/сут. Недостатком мокрого хранения является его высокая стоимость. В связи с этим его используют только при высоком расходе реагента.

Схема смешанного, сухого и влажного хранения, изображена на рисунке 10.



1 растворный резервуар; 2 насос для перекачки раствора коагулянта; 3 расходная емкость; 4 насос для подачи коагулирующего раствора в обрабатываемые стоки; 5 воздушный компрессор

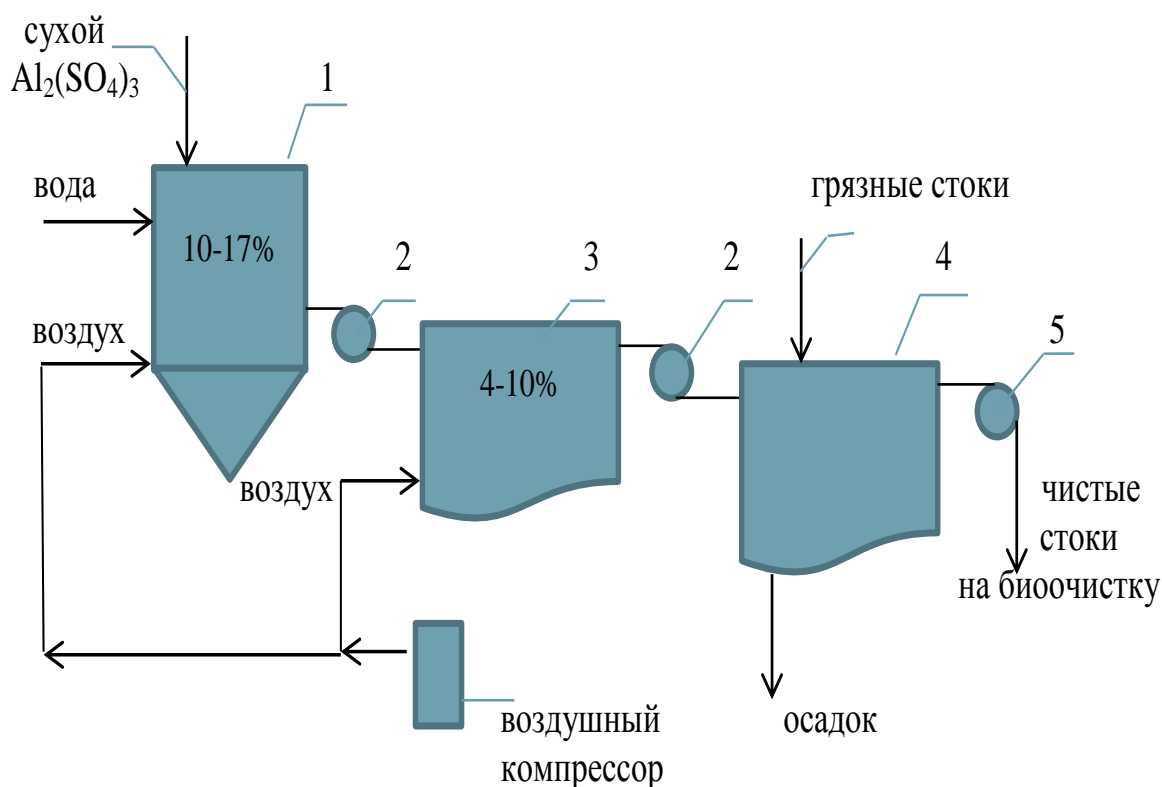
Рисунок 10 – Схема смешанного, сухого и влажного хранения реагента

Согласно этой схеме, необходимые запасы реагента хранятся в растворных резервуарах в сухом виде (навалом). При необходимости добавляют воду в эти емкости и растворяют реагент до концентрации от 20 до 35%. После этого концентрированный раствор закачивается в расходные емкости, где его доводят до концентрации 4÷10% и дозируют в очищаемые стоки. Эта схема рекомендуется для установок любой мощности.

4.3 Расчёт оборудования для производства, хранения и дозирования реагента

Используя ранее полученные данные по $Q_{\text{сут}}=48\ 000\text{ м}^3/\text{сут}$ и $D_k=45\text{ г}/\text{м}^3$ произведем расчет.

Исходя из того что производительность установки меньше $50\ 000\ \text{м}^3/\text{сут}$, то будем производить расчет по первой схеме для сухого хранения реагента схема на рисунке 11.



1 растворный резервуар; 2 насос для перекачки раствора коагулянта; 3 танк для хранения; 4 реакционная емкость с отстойником; 5 насос для подачи очищенных стоков на биоочистку

Рисунок 11 – Технологическая схема коагуляционной установки

1) Определим суточный расход реагента (т/сут) по формуле (5):

$$G_k = D_k \cdot Q_{\text{сут}} / 10000 \cdot P_i, \quad (5)$$

где $Q_{\text{сут}}$ – суточная производительность установки, $\text{м}^3/\text{сут}$,

$Q_{\text{сут}} = Q_{\text{полн}}$; P_i – процентное содержание безводного продукта в товарном реагенте, для очищенного $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 40,3\%$

$$G_k = 45 \cdot 48000 / 10000 \cdot 40,3 = 5,36 \text{ т/сут},$$

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ завозится двумя грузовиками грузоподъемностью по 10 т один раз в три дня

2) Рассчитаем площадь склада, необходимую для хранения реагента по формуле (6), учитывая, что срок хранения его на складе составит 15 суток:

$$F_{\text{скл}} = G_k \cdot T \cdot a / G_0 \cdot h_k \quad (6)$$

где T – время хранения реагента на складе; a – коэффициент на площади проходов склада 1,15; G_0 – объемный вес сыпучего реагента 1,10 т/ м^3 ; h_k – допустимая высота слоя коагулянта на складе для сульфата алюминия 2 м.

$$F_{\text{скл}} = 5,36 \cdot 15 \cdot 1,15 / 1,10 \cdot 2 = 42 \text{ м}^2,$$

Вывод: склад для хранения коагулянта будет соответствовать размерам 6×7 м.

3) Рассчитаем объём резервуаров для приготовления раствора коагулянта по формуле (7):

$$W_{\text{раств}} = D_k \cdot q \cdot T / 10000 \cdot b_p \cdot \gamma \quad (7)$$

где q – часовой расход стоков, $48000/24 = 2000 \text{ м}^3/\text{ч}$; T – время приготовления реагента, так как производительность станции более 10 000, принимаем 12ч; b_p – концентрация реагента в резервуаре растворения 18%;

γ – объёмный вес реагента, $\gamma = 1 \text{ т/м}^3$.

$$W_{\text{раств}} = 45 \cdot 2000 \cdot 12 / 10000 \cdot 18 \cdot 1 = 6 \text{ м}^3,$$

Для бесперебойного ведения технологического процесса установим три единицы резервуаров для растворения – два рабочих, один резервный.

Рассчитаем объём одного резервуара для растворения:

$$W_{\text{раств1}} = W_{\text{раств}} / n = 6 / 2 = 3 \text{ м}^3.$$

Соотношение размеров основания резервуара к высоте 2:3, рассчитываем длину и ширину основания:

$$a=b=\sqrt[3]{W_{\text{раств1}}/1,5}=\sqrt[3]{3/1,5}=1,26\text{м}^3.$$

Соответственно длинна и ширина резервуара $a=b=1,3\text{м}$.

Максимальный уровень раствора реагента в резервуаре растворения будет:

$$h_p=W_{\text{раств1}}/a\cdot b=3/1,26\cdot 1,26=1,89\text{м}.$$

Высота резервуара растворения с учетом строительного запаса 0,3-0,5 метров, составит:

$$h=h_p+(0,3\div 0,5)=1,89+0,39=2,28\text{м}.$$

Соответственно длинна, ширина и высота резервуара растворения будет равна: $a\times b\times h=1,26\times 1,26\times 2,28\text{м}$.

Учитывая произведенные расчеты, объем одного резервуара растворения составит:

$$W_{\text{раств1}}=a\cdot b\cdot h=1,26\cdot 1,26\cdot 2,28=3,62\text{м}^3,$$

а объем рабочих резервуаров растворения будет равен:

$$W_{\text{раств}}=W_{\text{раств1}}\cdot n=3,62\cdot 2=7,24\text{ м}^3.$$

4) Рассчитаем объём расходных емкостей для раствора коагулянта по формуле (8):

$$W_{\text{расх}}=W_{\text{раств}}\cdot b_p/b=7,24\cdot 18/10=13\text{м}^3 \quad (8)$$

где b концентрация реагента, $b=10\%$.

Для бесперебойного ведения технологического процесса установим три единицы расходных емкостей – две рабочих, одна резервная.

Рассчитаем объем одной расходной емкости:

$$W_{\text{расх1}}=W_{\text{расх}}/n=13/2=6,5\text{м}^3.$$

Соотношение размеров основания емкости к высоте 2:3, рассчитываем длину и ширину основания:

$$a=b=\sqrt[3]{W_{\text{расх1}}/1,5}=\sqrt[3]{6,5/1,5}=1,63\text{м}^3.$$

Соответственно длинна и ширина емкости $a=b=1,63\text{м}$.

Максимальный уровень раствора реагента в расходной емкости будет:

$$h_p = W_{\text{расх1}}/a \cdot b = 6,5/1,63 \cdot 1,63 = 2,45 \text{ м.}$$

Высота расходной емкости с учетом строительного запаса 0,3-0,5 метров, составит:

$$h = h_p + (0,3 \div 0,5) = 2,45 + 0,39 = 2,84 \text{ м.}$$

Соответственно длина, ширина и высота расходной емкости будет равна: $a \times b \times h = 1,63 \times 1,63 \times 2,84 \text{ м.}$

Учитывая произведенные расчеты, объем одной расходной емкости составит:

$$W_{\text{расх1}} = a \cdot b \cdot h = 1,63 \cdot 1,63 \cdot 2,84 = 7,55 \text{ м}^3,$$

а объем рабочих расходных емкостей будет равен:

$$W_{\text{расх}} = W_{\text{расх1}} \cdot n = 7,55 \cdot 2 = 15,1 \text{ м}^3.$$

5) В соответствии с объемом резервуаров растворения $W_{\text{раств}} = 7,24 \text{ м}^3$, мы выбираем насос для перекачки растворенного реагента в соответствии с таблицей [36] типа 1,5Х-6Л-1 (подача $Q_H = 5,412 \text{ м}^3/\text{ч}$; напор $H = 2014,5 \text{ м}$; мощность электродвигателя $N = 34 \text{ кВт}$).

Время переноса раствора коагулянта из резервуаров растворения в хранилище при подаче насоса $Q_H = 5,4 \text{ м}^3/\text{ч}$ составляет:

$$t = W_{\text{раств}}/Q_H = 7,24/5,4 = 1,34 \text{ ч.}$$

Исходя из расчетов, для стабильной работы установки устанавливаем два насоса типа 1,5Х-6Л-1: один рабочий, один резервный.

б) Рассчитаем часовой расход реагента по формуле (9):

$$Q_k = 100 \cdot q \cdot D_k / (b \cdot \rho_{\text{расх}}) \quad (9)$$

где D_k доза реагента, $45 \text{ г}/\text{м}^3 = 0,045 \text{ кг}/\text{м}^3$;

$\rho_{\text{расх}}$ плотность раствора реагента в расходной емкости, $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$;

q часовой расход стоков, поступающих на установку, $2000 \text{ м}^3/\text{ч}$;

b концентрация реагента, 10%;

$$Q_k = 100 \cdot 2000 \cdot 0,045 / 10000 = 0,9 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

В соответствии с произведенными расчетами, мы выбираем насос для дозирования растворенного реагента в соответствии с таблицей типа 1В6/10х

(подача $Q_n=0,454,3\text{м}^3/\text{ч}$; напор $H=60\text{м}$; мощность электродвигателя $N=4\text{кВт}$) [37].

7) Исходя из площади растворных и расходных баков и интенсивности подачи воздуха, рассчитаем расход по формуле (10):

$$q = F \cdot w \cdot n, \quad (10)$$

где q – расход воздуха, л/с; F – площадь бака, л/с; w – интенсивность подачи воздуха, согласно п.6.23 [25] для растворения $w=8-10\text{л/с}$; для разбавления $w=3-5\text{л/с}$; n – количество баков. Таким образом, расчётный расход воздуха для одного растворного бака:

$$q_{\text{раств1}} = F_{\text{раств}} \cdot w = a \cdot b \cdot w = 1,26 \cdot 1,26 \cdot 9 = 14,29\text{л/с},$$

где w – интенсивность подачи воздуха, принимаем 9л/с ;

общий расход воздуха для растворных баков:

$$q_{\text{раств}} = q_{\text{раств1}} \cdot n = 14,29 \cdot 2 = 28,58\text{л/с},$$

для одного расходного бака:

$$q_{\text{расх1}} = F_{\text{расх}} \cdot w = a \cdot b \cdot w = 1,63 \cdot 1,63 \cdot 4 = 10,63\text{л/с},$$

где w – интенсивность подачи воздуха, принимаем 4л/с ;

общий расход воздуха для расходных баков:

$$q_{\text{расх}} = q_{\text{расх1}} \cdot n = 10,63 \cdot 2 = 21,26\text{л/с},$$

Тогда общий расход воздуха составит:

$$q_{\text{общ}} = q_{\text{раств}} + q_{\text{расх}} = 28,58 + 21,26 = 49,84 \text{ л/с} = 0,04984\text{м}^3/\text{с} = 2,99 \text{ м}^3/\text{мин}.$$

В соответствии с произведенными расчетами, мы выбираем воздуходувку для подачи воздуха в резервуары с реагентом по таблице [40] марки ВК – 3 с подачей $Q_{\text{возд}}=3,1\text{м}^3/\text{мин}$.

Механическая очистка. Механическая очистка предназначена для извлечения из поступающей на очистку воды крупных включений, водорослей [6].

Проектом предусматривает установку в производственном корпусе напорных механических фильтров для фильтрации поступающих сточных вод (2 типа):

Фильтров щелевых дренажных (ФЩД) в количестве 3 шт.(2 фильтра рабочих, 1 в резерве) [13].

Степень фильтрации фильтров ФЩД составляет 5000 мкм (5,0 мм). Фильтры предназначены для удаления механических включений и защиты фильтров следующей ступени фильтрования.

Максимальная производительность одного фильтра до 1500 м³/час.

Очистка фильтровального патрона фильтра, осуществляется в ручном режиме по устанавливаемому графику ТО, при росте гидравлического сопротивления проводится внеочередная чистка, при этом в работу включается резервное оборудование. Очистка фильтров осуществляется без подвода воды на промывку [9].

Отвод фильтра выполняется в резервуар грязной воды.

Технические характеристики фильтров представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Техническая характеристика фильтра ФЩД 1000-5000-0,75

№ п/п	Наименование параметра	Значение параметра
1	Рабочее давление, МПа	0,75
2	Расчетное давление, МПа	0,75
3	Пробное давление, МПа	0,94
4	Рабочая температура, °С	8-30
5	Расчетная температура, °С	40
6	Наименование рабочей среды	Вода оборотная
7	Прибавка для компенсации коррозии (эрозии), мм	1,0
8	Материал аппарата	Сталь 20
9	Материал внутренних устройств	12X18H10T
10	Материал фильтроэлемента	08X18H10
11	Габаритные размеры, мм	1475x1325x990
12	Производительность, м ³ /ч	До 1500
13	Степень фильтрации, мкм (мм)	5000(5,0)
14	Количество фильтроэлементов, шт	4
15	Наружный диаметр фильтроэлемента, мм	220
16	Высота фильтроэлемента, мм	600

№ п/п	Наименование параметра	Значение параметра
17	Место установки аппарата	в помещении
18	Группа аппарата по ОСТ 26.291-94	4

Фильтров щелевых автоматических (ФЩА) в количестве 3 шт. (2 фильтра рабочих, 1 в резерве).

Крупность задерживаемых включений фильтрами ФЩА составляет более 200 мкм. Фильтры автоматические щелевые (ФЩА) предназначены для удаления механических включений, водорослей и др. и снижения нагрузки на очистные сооружения [2].

Фильтры ФЩА имеют непрерывный режим работы, автоматически очищаются без остановки процесса фильтрации [1]. Самоочищение фильтра производится по перепаду давления до и после фильтровальной перегородки. Фильтр комплектуется системой управления, КИП приборами, подключенными к шкафу управления оборудованием и запорно-регулирующей арматурой.

Технические характеристики фильтра ФЩА представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Техническая характеристика фильтра ФЩА 1000-200-0,75

№ п/п	Наименование параметра	Значение параметра
1	Рабочее давление, МПа	0,75
2	Расчетное давление, МПа	0,75
3	Пробное давление, МПа	0,94
4	Рабочая температура, °С	8-30
5	Расчетная температура, °С	40
6	Наименование рабочей среды	Вода техническая
7	Материал аппарата	Сталь 20
8	Материал внутренних устройств	12X18H10T
9	Материал фильтроэлемента	08X18H10
10	Габаритные размеры, мм	3060x1350x1286
11	Производительность, м ³ /ч	до 1500

№ п/п	Наименование параметра	Значение параметра
12	Поверхность фильтрации, м ²	7,246
13	Степень фильтрации, мкм (мм)	200(0,2)
14	Количество фильтроэлементов, шт	40

Таблица 22 – Продолжение

№ п/п	Наименование параметра	Значение параметра
15	Наружный диаметр фильтроэлемента, мм	57,1
16	Высота фильтроэлемента, мм	1000
17	Мощность привода, кВт	0,18
18	Место установки аппарата	в помещении
19	Группа аппарата по ОСТ 26.291-94	4

Расчетный расход промывной воды от щелевых фильтров составляет 1728 м³/сут (72 м³/час) [3]. Содержание взвешенных веществ в промывной воде до 100 мг/дм³. Фильтр после промывки отводится в резервуар грязной воды.

В связи с тем, что сточные воды регулирующей емкости характеризуются щелочной реакцией рН (до 9), и несбалансированным составом по биогенным элементам, что является лимитирующими факторами нормального прохождения процессов биологической очистки, проектом предусмотрен узел химической корректировки состава сточных вод – реагентное хозяйство [23].

Для нормального хода процесса биологической очистки необходимо сбалансированное присутствие в воде биогенных элементов. Недостаток соединений биогенных элементов может существенно повлиять на биологические процессы очистки и даже затормозить их.

Содержание азота и фосфора по рекомендациям должно удовлетворять соотношению:

БПК_{полн}/N/P=100/5/1[16].

По данным анализов значение БПК_{полн} составляет 133,417 мг/дм³.

Исходя из чего необходимо иметь по молекулярному фосфору до 1,334 мг/дм³. Средняя концентрация фосфора фосфатов в поступающих сточных водах – 0,373 мг/дм³.

В соответствии с [23] в качестве биогенных добавок следует принимать фосфорсодержащие реагенты — суперфосфат, ортофосфорную кислоту. В соответствии с [14] концентрацию рабочих растворов надлежит принимать до 5 % по P₂O₅.

Для приготовления и дозирования раствора суперфосфата используется автоматическая станция приготовления реагента и дозирующее оборудование.

В состав суперфосфата входит 14-46 % P₂O₅ - оксида фосфора [4].

Расчет суточного расхода простого суперфосфата представлен в таблице 13, и его максимальная потребность составит при 14% содержании P₂O₅ до 967 кг/сут [5].

В связи с высоким рН поступающих сточных вод предусматривается их предварительное подкисление, для чего используется концентрированная серная кислота.

Расчетный расход серной кислоты на подкисление для биологической очистки зависит от рН входящей воды и составляет от 0 до 2424 дм³/сут [7]. Расчет суточного расхода серной кислоты представлен в таблице 13.

Для снижения рН обрабатываемых стоков используется 75% серная кислота.

Для хранения и дозирования серной кислоты предусмотрено основное оборудование (емкости, насосы) и вспомогательное, обеспечивающее безопасную работу узла.

Основное оборудование узла дозирования серной кислоты:

баки хранения кислоты;

баки дозирования серной кислоты;

насосы для перекачки серной кислоты из транспортных емкостей;
насосы для перекачки серной кислоты из баков хранения в баки дозирования;
насосы-дозаторы серной кислоты;
вспомогательное оборудование:
компрессор с ресивером и осушителем воздуха;
вакуумный насос с ресивером;
сборная емкость кислоты;
нейтрализатор кислоты.

Характеристика основного оборудования для хранения и дозирования серной кислоты, а также оборудования обеспечения безопасной эксплуатации узла представлено в таблице 23.

Баки хранения, дозирования кислоты и другое емкостное оборудование установлено на открытой площадке оборудованной навесом. С целью предотвращения разлива кислоты все оборудование размещено в железобетонном с химической защитой поддоне общим объемом 100 м³, с приямком для сбора кислоты. Высота бортика поддона – 0,3 м, т.е. на 0,2 м выше высоты разлившейся кислоты [29].

Таблица 23 – Характеристика основного оборудования узла хранения и дозирования серной кислоты

№ п/п	Оборудование	Тип	Производитель-ность	Количество (раб.+рез.), шт..
1	Бак напорный для хранения серной кислоты (сталь углеродистая)	БНХ-32 П	V = 32 м ³	4/(3+1)
2	Насос для перекачивания кислоты в расходный бак (12X18H10T матер прот. части)	ЦГ-6,3/20-1,1-2	Q = 6,3 м ³ /ч, Н = 20 м	2/(1+1)
3	Компрессор	СБ4/С-100 ЛН 20	Q = 14,1 м ³ /ч, Н = 100 м	2/(1+1)
4	Вакуумный насос (сталь)	TRMB 25-30	Q = 30 м ³ /ч	2/(1+1)

№ п/п	Оборудование	Тип	Производитель-ность	Количество (раб.+рез.), шт..
5	Бак для дозирования серной кислоты (сталь углеродистая)		V = 7,6 м3	2/(1+1)

Таблица 23 – Продолжение

№ п/п	Оборудование	Тип	Производитель-ность	Количество (раб.+рез.), шт..
6	Насос-дозатор кислоты	True Dos 222 222- 150D ALLDOS	Q = 150 л/ч, Н = 10 м	9/(8+1)
7	Насос для перекачивания кислоты в бак для хранения (12X18H10T матер прот. части)	2ЦГ-25/50- 5,5-1	Q = 50,0 м3/ч, Н = 55,0 м	2/(1+1)
8	Вакуумный ресивер (углеродистая сталь)	PВ600 - 02 ООО "ПЭСИО"	Ø600, h=1500	1
9	Сборная емкость кислот (углеродистая сталь)	ФОВ-1,0-0,6 (Корпус)		1

В случае незначительных проливов кислота попадает в приямок поддона, а оттуда с помощью вакуума подымается в сборную емкость и сбрасывается через нейтрализатор в резервуар грязной воды.

Серная кислота доставляется на предприятие автотранспортом – специализированной автоцистерной емкостью 20 м³.

В соответствии с классификацией опасных грузов, серная кислота относится к 8 классу 1 подклассу [18]. Класс 8 — едкие и коррозионные вещества, которые вызывают повреждение кожи, поражение слизистых оболочек глаз и дыхательных путей, коррозию металлов и повреждение транспортных средств, сооружений или грузов, а также могут вызывать пожар при взаимодействии с органическими материалами или некоторыми химическими веществами; подкласс 8,1 — кислоты.

В проекте все операции слива/перекачки серной кислоты из автотранспорта, баков хранения и дозирования осуществляются через верхние разгрузочные устройства.

Разгрузка кислоты из цистерн в баки хранения предусмотрена по схеме с перекачивающими насосами.

Для перекачивания серной кислоты предусматриваются насосы герметичные 2ЦГ 25/50-5,5-2, 2 шт. (1 – рабочий, 1 – резервный), производительностью 25 м³/час.

Время перекачки кислоты из автоцистерны составит 48 мин.

Заполнение трубопровода перекачивающего насоса возможно по двум вариантам:

созданием избыточного давления в донорной емкости;

созданием разрежения в акцепторной емкости.

Для хранения серной кислоты проектом предусмотрены 4 бака хранения концентрированных реагентов с подогревом БНХ-32П, из них 3–рабочих, 1-резервный.

Характеристика баков БНХ-32П приведена в таблице 24.

Таблица 24 – Техническая характеристика бака БНХ-32П

№ п/п	Наименование параметра	Значение
1	Давление рабочее, Мпа	0,6
2	Давление пробное гидравлическое, МПа	0,9
3	Давление наружное расчетное, МПа	0,06
4	Температура расчетная у стенки не более, °С	30
5	Среда	Серная кислота (75-98%), едкий натр (40-50%)
6	Емкость бака, м ³	32
7	Нагрузочная масса, т	40
8	Масса бака, кг	7457
9	Масса бака с подогревателем, кг	7797
Техническая характеристика подогревателя		
1	Давление рабочее, Мпа	0,6
2	Температура воды подводимая к подогревателю не более, °С	70 (при хранении серной кислоты)

Бак БНХ-32П поставляется в комплекте со штуцерами и опорами.

Баки оборудованы:

штуцером для подвода и отвода реагентов;

штуцером для подвода сжатого воздуха при вытеснении реагента из цистерны;

штуцером вакуумной линии;

штуцером для выпуска сжатого воздуха в атмосферу;

лазом диаметром 450 мм для проведения ревизий;

мановакуумметром МВП4-УУ2-0,9МПа×1,5;

датчиком уровня РИС101 М1-025-2,5-42-П УХЛ2 с показывающим прибором;

теплообменным наружным контурным подогревателем.

Теплоизоляция бака предусматривается проектом.

Дозирование серной кислоты осуществляется из баков дозирования, 2 шт. (1 - рабочий, 1 - резервный).

Бак дозирования представляет собой напорный резервуар объемом 7,6 м³ в таблице 25.

Таблица 25 – Техническая характеристика баков дозирования кислоты

№ п/п	Наименование параметров	Величина
1	Давление рабочее, Мпа	0,6
2	Температура воды не более, °С	40,90
3	Давление пробн. при гидравлических испытаниях, МПа	0,9
4	Вместимость корпуса, м ³	7,6
5	Масса аппарата, кг	2350
6	Габаритные размеры (ДхШхВ), мм	2320х2447х3240
Техническая характеристика подогревателя		
1	Давление рабочее, Мпа	0,6
2	Температура воды подводимая к подогревателю не более, °С	70 (при хранении серной кислоты)
3	Поверхность теплообмена, м ²	8

Бак для дозирования кислоты поставляется в комплекте со штуцерами и опорами. Баки оборудованы:

- штуцером для подвода и отвода реагентов;
- штуцером для подвода сжатого воздуха при вытеснении реагента из цистерны;
- штуцером вакуумной линии;
- штуцером для выпуска сжатого воздуха в атмосферу;
- мановакуумметром МВП4-УУ2-0,9МПа×1,5;
- датчиком уровня РИС101 М1-025-2,5-42-П УХЛ2 с показывающим прибором;
- теплообменным наружным контурным подогревателем.

Теплоизоляция бака предусматривается проектом.

Для перекачивания серной кислоты из баков хранения в бак дозирования предусматриваются насосы герметичные ЦГ 6,3/20-1,1-2, 2 шт. (1 – рабочий, 1 – резервный).

Дозирование серной кислоты выполняется с помощью насосов-дозаторов, 9 шт. (8 – рабочих, 1 – резервный) с регулируемым расходом. Производительность одного насоса дозатора до 100 л/час, т.е. максимальная производительность дозирующего оборудования кислоты - 800 л/час.

Дозирование серной кислоты производится в трубчатый смеситель. Контроль и регулирование производительности насосов-дозаторов кислоты производится по датчикам рН, установленных на трубчатых смесителях.

Расчет отстойников. Расчет произведен для суточного расхода сточных вод 51 463,5 м³/сут., расчетный расход – 2146,0 м³/ч. Расчет выполнен с последующей проверкой в соответствии со СНиП 2.04.03-85.

Тип вторичных отстойников – горизонтальные. Для производственных по составу сточных вод предусматривается иловый индекс 100 мл/г (л/кг).

Определяем нагрузку на поверхность вторичных отстойников. Расчетная гидравлическая нагрузка q_A рассчитывается из величин

допустимой нагрузки по объему ила q_{sv} (для горизонтальных отстойников = 300 л/м²×ч) и разведенному объему ила DSV:

$$q_A = \frac{q_{sv}}{DSV} = \frac{q_{sv}}{SS_{EAT} \cdot SVI} = \frac{300}{3,14 \times 100} = 0,95 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{ч}),$$

где: $SS_{EAT} = SS_{AT}$ – концентрация взвешенных веществ активного ила на выходе из биореактора/аэротенка, равна массовой дозе ила в аэротенке, в среднем она составляет 3-3,3 кг/м³, при расчете принимаем 3,138 кг/м³.

Требуемая площадь поверхности вторичных отстойников составит:

$$A_{ST} = \frac{Q_{ww,h}}{q_A} = \frac{2146,0}{0,955} = 2247,12 \text{ м}^2.$$

Данной площади поверхности соответствуют вторичные отстойники размерами в плане 30,0×12,0 м в количестве шести штук.

Принимаем прямоугольные в плане отстойники.

Площадь каждого отстойника должна составлять:

$$S = \frac{2160,0}{6} = 360,0 \text{ м}^2,$$

Объем отстойной части шести отстойников при глубине её 3,1 м составит

$$V_{set} = 6696,0 \text{ м}^3.$$

$$\text{Период отстаивания: } t_{Th} = \frac{6696,0}{2146,0} = 3,12 \text{ ч.}$$

Расчетное значение концентрации активного ила в придонном пространстве отстойников при величине илового индекса для сточных вод при денитрификации $SVI=100$ мл/г составит:

$$SS_{BS} = \frac{1000}{SVI} \times \sqrt[3]{t_{Th}} = \frac{1000}{100} \times \sqrt[3]{3,12} = 14,6 \text{ г/л.}$$

Для отстойников горизонтального типа концентрация возвратного ила соотносится с его концентрацией в придонной части отстойника при проведении процесса нитрификации:

$$SS_{RS} = 0,7 \times 14,6 = 10,22 \text{ г/л.}$$

Степень рециркуляции составит: $RS = \frac{SS_{EAT}}{SS_{RS} - SS_{EAT}} = \frac{3,14}{10,22 - 3,14} = 0,44$.

Расчетный расход возвратного ила при среднесуточном расходе составит:

$$Q_{RS} = 0,44 \times 2146,0 = 944,24 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Проверка расчета вторичных отстойников выполнена по СНиП 2.04.03-85.

• Расчетный расход на вторичные отстойники рассчитывается по гидравлической нагрузке q_{ssa} , $\text{м}^3 / (\text{м}^2 \times \text{ч})$, по формуле:

$$q_{ssa} = \frac{4,5 K_{ss} H_{set}^{0,8}}{(0,1 J_i a_i)^{0,5 - 0,01 a_i}},$$

где: H_{set} – глубина проточной части отстойника – 3,1 м;

K_{ss} – коэффициент использования объема зоны отстаивания, принимаемый для горизонтальных отстойников 0,45;

a_i – концентрация ила в аэротенке, 3,14 г/дм³;

a_t – концентрация ила в осветленной воде, принимаем 10 мг/дм³.

J_i – иловый индекс, 100 мл/г.

Имеем значение гидравлической нагрузки на поверхность отстойника:

$$q_{ssa} = \frac{4,5 \times 0,45 \times 3,1^{0,8}}{(0,1 \times 100 \times 3,14)^{0,5 - 0,01 \times 10}} = 1,26 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{ч}).$$

• Пропускная способность шести вторичных отстойников при площади поверхности 360,0 м² составит:

$$Q = 360,0 \times 1,26 \times 24 \times 6 = 65318,4 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

• Фактическая усредненная нагрузка на каждый отстойник составляет:

$$Q = \frac{65318,4}{24 \times 6} = 453,6 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

• Фактическая гидравлическая нагрузка на поверхность отстойника:

$$q_{ssa} = \frac{Q}{S} = \frac{453,6}{360,0} = 1,26 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{ч}).$$

• Путем преобразования форм. 67 [1], получим искомую величину:

$$a_i = 50 - 100 \frac{\ln\left(\frac{4,5 \times K_{SS} \times H_{set}^{0.8}}{q_{SSA}}\right)}{\ln(0,1 \times j_i \times a_i)} = 50 - 100 \frac{\ln\left(\frac{4,5 \times 0,45 \times 3,1^{0.8}}{1,26}\right)}{\ln(0,1 \times 100 \times 3,14)} = 10,01 \text{ мг/л.}$$

Следовательно, вынос взвешенных иловых частиц будет составлять 10 мг/л (п.6.161 [1]).

Самопромывные песчаные фильтры предназначены для осветления промышленных сточных вод они могут выступать как отдельные очистные сооружения, выполняя функцию контактных осветлителей, так и в цепочке очистных сооружений обеспечивать заключительную, финальную доочистку, позволяющую обеспечить необходимые требования качества воды на выходе.

Блок фильтров включает следующие сооружения: скорые фильтры, компрессорную станцию.

Характеристика фильтров приведена в таблице 26.

Для доочистки сточных вод предусматриваются двухсекционные скорые фильтры с восходящим фильтрованием. Размеры одного

Таблица 26 - Характеристика фильтров доочистки

№ п/п	Параметр	Характеристика
1	Тип фильтра	скорый безнапорный фильтр
2	Расход поступающей на очистку воды	всего 51 463,5 м ³ /сут
3	Тип дренажной системы –	нет
4	Тип водораспределительного коллектора	лучевой
5	Тип промывки	водовоздушная, эрлифтная

скорые фильтры с восходящим фильтрованием. Размеры одного фильтра - 11,5×4,6 м.

Полезная фильтрующая площадь одного фильтра - 52,9 м².

Требуемое количество фильтров для обеспечения необходимой производительности – восемь штук.

Вода на фильтры подается насосами производительностью до 2200 м³/час.

Вода после промывки фильтров (промстоки) самотеком поступает в отстойник.

Конструкция предлагаемых самопромывных фильтров позволяет проводить непрерывное фильтрование без остановки фильтра на отмывку загрузки.

Принцип работы фильтра представлен на рисунке 12.

Фильтр работает по принципу противотока. Исходная вода (1), подлежащая очистке, подается сверху-вниз и распределяется с помощью воронки (3) в нижней части фильтра и фильтруется через слой песка в направлении «снизу вверх». Через водосборное устройство (11) очищенная вода (5) выводится из фильтра по трубопроводу (5). Промывка фильтра начинается по потерям напора, когда уровень воды в подающем лотке

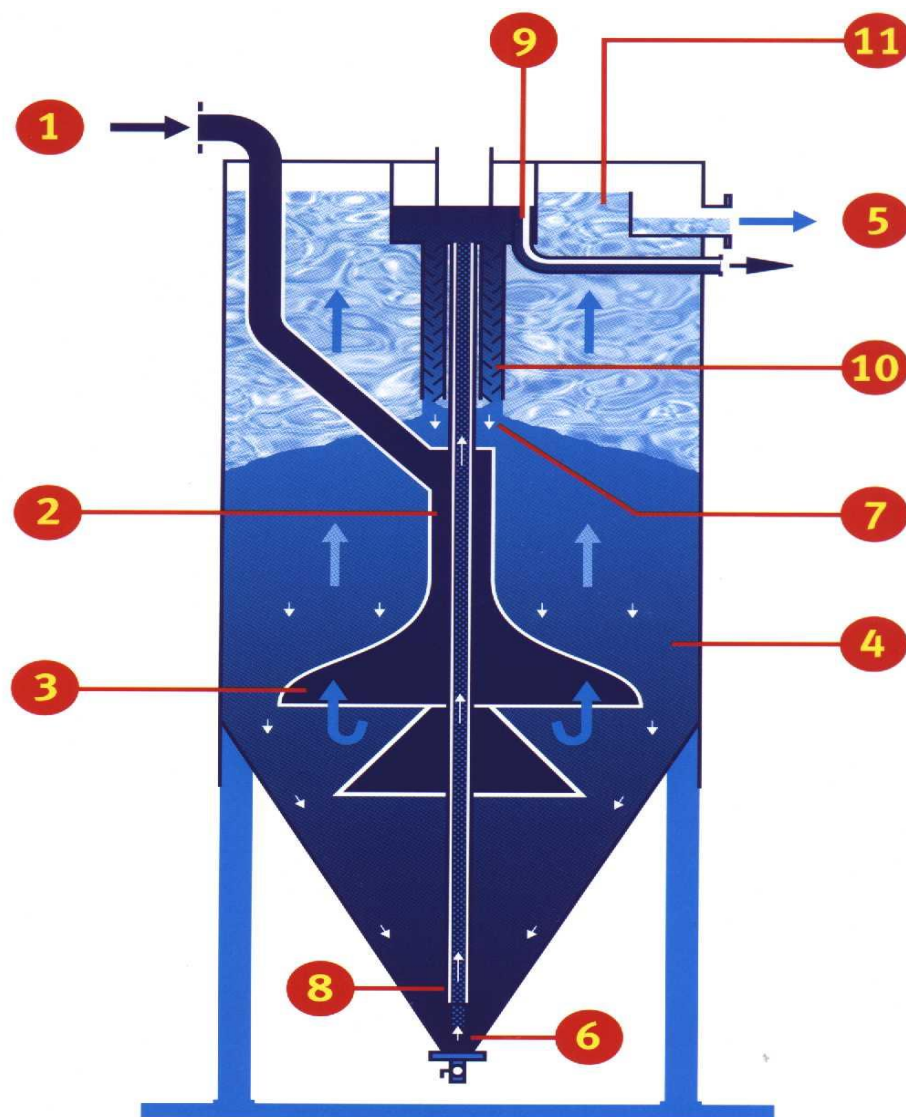


Рисунок 12 Схема работы самопромывного песчаного фильтра

увеличивается, фильтр включается на промывку. При увеличении уровня срабатывает клапан на пневмопанели управления и включается подача воздуха в эрлифт фильтра (8). Продолжительность промывки задается таймером на панели управления фильтром.

Загрязненный песок (4) опускается в нижнюю часть фильтра и с помощью эрлифта (8), при подаче сжатого воздуха (6), по трубе подается вверх в узел отмывки. При турбулентном перемешивании частицы грязи отделяются от песчинок. Чистый песок падает по лабиринтному каналу (10) вниз, встречный поток воды производит отмывку грязи. Загрязненная вода

удаляется через сливной патрубок (9), очищенный песок возвращается в верхнюю часть фильтрующего слоя (7).

Таким образом, песок движется сверху вниз, а очистка воды производится через слой чистого песка и тем самым обеспечивается постоянный процесс фильтрации.

Такая конструкция самопромывного фильтра имеет целый ряд преимуществ по сравнению с обычными фильтрами или контактными осветлителями:

работа без остановки на промывку;

нет необходимости в установке промывных насосов большой производительности;

процессы работы и промывки фильтра полностью автоматизированы без использования дорогостоящей автоматики;

отсутствие залповых сбросов промывной воды;

в фильтре нет движущихся частей (за исключением песка, воды, воздуха);

энергозатраты минимальные, затраты по химическим реагентам небольшие или вообще отсутствуют.

Корпус фильтров выполняется из железобетона. Нижняя часть каждого фильтра состоит из 10-ти конусов для размещения промывных модулей.

Данные и результаты расчета самопромывного песчаного фильтра приведены в таблице 27.

Преимущества использования данного оборудования:

отсутствие первого фильтрата, всегда чистые очищенные сточные воды;

отсутствие ударных нагрузок на систему обработки промывной воды;

справляется с высоким содержанием взвешенных частиц без предварительной обработки;

низкие потери напора;

низкое потребление энергии;
 малые затраты на контроль и техобслуживание.

Таблица 27 - Исходные данные и результаты расчета самопромывного песчаного фильтра

№ п/п	Показатель	Проектный расчет
1	Длина фильтра (секции), м	4,6
2	Ширина фильтра(секции), м	2,3
3	Количество конусов в фильтре, шт.	10
4	Расход воды при фильтровании на один фильтр, м ³ /час (средний/максимальный)	268,25
5	Количество промывной воды (максим.), м ³ /час	316
6	Максимальный расход воздуха на промывку, нм ³ /час	420
7	Скорость фильтрования, м/ч	5,07
8	Скорость фильтрования в форсированном режиме, м/ч	5,8
9	Площадь фильтра, м ²	52,9
10	Потери напора в фильтрах доочистки, до м.вод.ст.	до 1,2

Качество воды до и после фильтров доочистки, а также расчетная эффективность работы оборудования представлены в таблице 28.

Таблица 28 - Качество воды на входе и выходе из фильтров доочистки

№ п/п	Показатель	Вход	Выход	% очистки
1	Взвешенные вещества, мг/л	10,1	4	60,4
2	БПК _п , мг/л	4,3	3,0	30,2

В качестве фильтрующего материала используется кварцевый песок фракции 0,8-1,2 мм имеющий коэффициент неоднородности не более 1,5, истираемость не более 0,3%, измельчаемость не более 3%;

Высота фильтрующей загрузки – 2 м;

Количество фильтрующего материала на один фильтр – 200 м³.

Технические характеристики компрессора представлены в таблице 29.

Таблица 29- Технические характеристики станции CompAir L45F

№ п/п	Показатель	Значение
1	Производительность при рабочем давлении, л/час*	420,0
2	Максимальное рабочее давление избыточное, бар	10,0
3	Диапазон рабочих избыточных давлений, бар	5,0 - 10,0
4	Тип охлаждения	Воздушный
5	Тип привода	Прямой
6	Мощность двигателя номинальная, кВт	45,0
7	Питание	400В/3ф / 50Гц
8	Тип защиты/изоляция	IP55
9	Уровень шума, ДБ**	69
10	Габаритные размеры (длина x ширина x высота),мм	1722x920x1659
11	Вес компрессора, кг	990
12	Встроенный рефрижераторный осушитель	Есть
13	Точка росы сжатого воздуха, °С	+3

Для промывки фильтрующего материала используется эрлифтный модуль с пескопромывающим устройством.

Для работы эрлифтного насоса предусмотрен подвод сжатого воздуха на каждый эрлифт с максимальным расходом до 5,25 м³/час.

Максимальный расчетный расход промывных вод составляет 316 м³/час.

Отвод промывной воды выполняется в отстойник.

Для работы блока фильтров предусматривается винтовая компрессорная станция CompAir L45F в комплекте с системой управления и осушителем рефрижераторного типа производительностью до 420 м³/час

и обеспечивающая давление воздуха до 10 bar. Компрессорная станция состоит:

- Компрессорный блок;
- Электродвигатель, защищенный терморезисторами;
- Масляные и воздушные охладители;
- Предохранительный клапан давления на выходе;
- Воздухозаборный фильтр и регулятор всасывания;
- Система смазки;
- Электронная система контроля и управления;
- Вентилятор охлаждения;
- Установка агрегатов на отдельной стальной раме;
- Звукоизолирующий корпус с эпоксидным покрытием;
- Рефрижераторный осушитель.

Таким образом, исходя из максимального расхода сточных вод, через усреднительную емкость, выбрали сухую схему приготовления коагулянта и рассчитали необходимое оборудование: два рабочих резервуара, один резервный.

Заключение

В процессе исследований по повышению качества обработки сточных вод усреднительной емкости «Копань», были выполнены поставленные задачи.

Проведен анализ возможных способов очистки многокомпонентных сточных вод. Нами установлено, что очистка многокомпонентных стоков – сложнейшая технологическая процедура, которая требует выполнения всех нормативных документов, а также соблюдение доступных технологий при очистке сточных вод.

Проанализировали существующую технологическую схему процесса очистки многокомпонентных сточных вод на предприятии ПАО «КуйбышевАзот» выявили причины нестабильной работы стадий биологической очистки. На основании этого предложено ввести в технологический процесс очистки стадию коагулирования.

Исходя, из доступности и экономичности, выбрали коагулянт сульфат алюминия $Al_2(SO_4)_3$.

Проведенные эксперименты и расчеты стали основанием для подбора необходимой дозы коагулянта расчетным и опытным путем.

Для корректного ведения технологического процесса, рассчитали необходимую дозу вышеуказанного реагента. Подача в исследуемые стоки, в соответствии с полученной в результате исследования дозой коагулянта $Al_2(SO_4)_3$ $45\text{г}/\text{м}^3$, позволяет получить на выходе, очищенные стоки, в которых в процессе 30 минутного отстаивания формируются хорошо осаждаемые хлопья с коагулированных загрязнений.

Учитывая максимальный расход сточных вод, через усреднительную емкость, выбрали сухую схему приготовления коагулянта и рассчитали необходимое оборудование.

В процессе отстаивания обработанных сточных вод, концентрация взвешенных веществ снижается в 325 раз (с 487,5 мг/л до 1,5 мг/л), рН снижается в 1,09 раза с 8,9 до 8,2, что в свою очередь в будущем будет экономить на расходе серной кислоты.

Качество стоков, получаемое после вышерассмотренной обработки и отстаивания, позволяет направлять их на объекты биологической очистки.

Полученные результаты будут полезны для последующей работы по анализу возможности внедрения результатов исследования, использованию реагентов для усовершенствования технологии очистки

Достигнута цель магистерской диссертации, заключающаяся в повышении качества очистки стоков, поступающих на биологическую очистку от взвешенных веществ. Решены поставленные задачи.

Список используемых источников

1. ГОСТ 17.1.5.04-81 Охрана природы. Гидросфера. Приборы и устройства для отбора, первичной обработки и хранения проб природных вод. Общие технические условия. – Введ. 1984-01-01-Межгосударственный стандарт. М. : Изд-во стандартов,1984. – 62 с.
2. ГОСТ 17.1.5.05-85 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. – Введ. 1985-04-01-Межгосударственный стандарт. М. : Изд-во стандартов,1985. – 28с.
3. ГОСТ 1770-74 Посуда мерная лабораторная стеклянная. Цилиндры, мензурки, колбы, пробирки. Технические условия. – Введ. 1974-08-01-Межгосударственный стандарт. М. : Изд-во стандартов,1974. – 12с.
4. ГОСТ 3956-76 Силикагель технический. Технические условия. – Введ. 1976-12-01-Межгосударственный стандарт. М. : Изд-во стандартов,1976. – 26с.
5. ГОСТ 30813-2002 Вода и водоподготовка. Технические условия. – Введ. 2002-01-05-Межгосударственный стандарт. М. : Изд-во стандартов, 2002. – 34с.
6. ГОСТ 14919-83 Электроплиты, электроплитки и жарочные электрошкафы бытовые. Общие технические условия. – Введ. 1983-05-01-Межгосударственный стандарт. М. : Изд-во стандартов,1983. – 6с.
7. ГОСТ 21241-89 (СТ СЭВ 5204-85) Пинцеты медицинские. Общие технические требования и методы испытаний. – Введ. 1989-01-07-Межгосударственный стандарт. М. : Изд-во стандартов,1989. – 26с.
8. ГОСТ 25336-82 Посуда и оборудование лабораторные стеклянные. Типы. Основные параметры и размеры. – Введ. 1982-03-01-Межгосударственный стандарт. М. : Изд-во стандартов,1982. – 18с

9. ГОСТ 30813-2002 Вода и водоподготовка. Технические условия. – Введ. 2002-01-05-Межгосударственный стандарт. М. : Изд-во стандартов, 2002. – 34с.
10. ГОСТ 27384-2002 Вода. Нормы погрешности измерений показателей– Введ. 2002-08-01-Межгосударственный стандарт. М. : Изд-во стандартов, 2002. – 14с.
11. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб. – Введ. 2012-03-04-Межгосударственный стандарт. М. : Изд-во стандартов,2012. – 36с.
12. ГОСТ Р 53228-2008 Весы неавтоматического действия. Часть 1. Метрологические и технические требования. Испытания – Введ. 2008-05-07-Межгосударственный стандарт. М. : Изд-во стандартов,2008. – 7с.
13. ГОСТ OIML R 76-1-2011 ГСИ Государственная система обеспечения единства измерений. Весы неавтоматического действия. Часть 1. Метрологические и технические требования. Испытания. – Введ. 2011-05-01-Межгосударственный стандарт. М. : Изд-во стандартов,2011. – 23с.
14. ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 6. Использование значений точности на практике. – Введ. 2002-05-08-Межгосударственный стандарт. М. : Изд-во стандартов,2002. – 37с.
15. Водный кодекс Российской Федерации от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ (ред. от 21 октября 2013) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2006. – № 23. – Ст. 2381.
16. Зюсько, А. Я. Влияние изменения содержания взвешенных веществ / А.Я Зюсько // Инженерная экология. — 1999. №1. — С. 2 — 7.
17. Жвиневич, С. И. Влияние сточных дренажных разработок на зоопланктон / С. И. Жвиневич: Стройиздат, 1988. – 114 с.
18. Жуков, А. И. Методы очистки производственных сточных вод / А. И. Жуков, И. Л. Монгайт, И. Д. Родзиллер // Стройиздат, Москва, 1977. – 364 с.

19. Лукьяненко, В. И. Общая ихтиотоксикология / Пищевая промышленность // 1989, №7 – С. 320.
20. Ковальская, А. И. Обеспечение экологической безопасности утилизации иловых осадков / Экология урбанизированных территорий. 2011, № 4. – С. 70-72.
21. Лепеш, Г. В. Современные методы очистки сточных вод промышленных предприятий / Г. В. Лепеш, А. С. Панасюк, А.С. Чурилин // Техничко-технологические проблемы сервиса №3(37), 2016. – С. 14–23
22. Лепеш, Г. В. Анализ факторов, обуславливающих технологический процесс очистки воды из природных источников в Ленинградской области / Г. В Лепеш., Е. И. Саканская-Грицай // Техничко-технологические проблемы сервиса. № 1(27), 2014. – С. 56 – 68
23. Макрушин, А. В. Биологический анализ качества вод / Подред. Г. Г. Винберга. – Л. : 1974. – 60 с.
24. Методика измерений массовой концентрации взвешенных веществ в пробах природных и сточных вод гравиметрическим методом. /ПНД Ф 14.1:2:3.110-97 .- М. : 2016.
25. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. ФР. 1.39.2007.03222 [Электронный ресурс]. 2007. – URL: www.OpenGost.ru (дата обращения 01.12.2019)
26. Мухин В. М. Применение активного угля, модифицированного гидроксидом калия, в очистке сточной воды на действующем предприятии / В. М. Мухин, А. А. Курилкин В. Н. Клушин // Сорбционные и хроматографические процессы. 2013. Т. 13, № 2, С. 188-191.
27. ФЗ № 416 «О водоснабжении и водоотведении» от 07. 12.11. (ред. от 23 июля 2013 г.) // Собрание законодательства Российской Федерации, 2011, № 50, Ст. 7358

28. ФЗ № 52 «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.1999 (ред. от 28.11.2015) // Собрание законодательства Российской Федерации, 2011, № 52, Ст. 60
29. Очистка природных и сточных вод: сборник научных трудов // Водоснабжение и санитарная техника, 2009, Юбилейный выпуск. 76 с.
30. Запольский А. К., Баран А. А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды // Л. :Химия, 1987. 208 с.
31. Пааль Л. Л. Справочник по очистке сточных и природных вод / Л. Л. Пааль, [и др]. //– М. : Высшая школа, 1994.
32. ПНД Ф 14.1:2.96-97 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации хлоридов в пробах.
33. СанПиН 2.1.5.980-00 «Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод».
34. СанПиН 2.1.5.980-00. «Гигиенические требования к охране поверхностных вод».
35. СанПиН 2.1.7.573-96 «Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения», М.: Минздрав, 1997
36. СНиП 2.04.0284. «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».
37. Смирнов, Д. Н. Очистка сточных вод / Д. Н. Смирнов В. Е. Генкин М. : Металлургия, 1980. – С.196.
38. Собгайда, Н. А. Фильтры из отходов для очистки сточных вод // Экология производства, 2012, № 3, С. 68-71.
39. Толстопятова, Н. Г. Сетчатые установки систем водоснабжения / Н. Г. Толстопятова // Стройиздат. — 2004. №1. – С. 8.
40. Туровский И.С. Обработка осадков сточных вод. – М.: Стройиздат, 1988. – 256 с.

41. ТУ 6-09-1678- 95 Фильтры обеззоленные (белая, красная, синяя ленты). – Введ. 1995-01-03-Межгосударственный стандарт. М. : Изд-во стандартов,1995. – 12 с.
42. ТУ 64-1-909-80 Шкафы сушильно-стерилизационные ШСС-80П. – Введ. 1980-05-01-Межгосударственный стандарт. М. : Изд-во стандартов,1980. – 11 с.
43. Ужев, А.С. Оборудование водопроводноканализационных сооружений/ А. С. Ужев // Стройиздат. — 2005. №8. – С. 430.
44. Фаизов, А. А. Комплексный метод очистки сточных вод нефтехимических предприятий / А. А. Фаизов, Г. Г Ягафарова, Е. С. Курова //Вестник технологического университета, №14, 2017, С. 150–152.
45. Харькина, О. В. Проблемы эксплуатации сооружений очистки сточных вод и их решения: вспухание и пенообразование активного ила / О. В. Харькина, С. В. Харькин //Справочник Эколога, №2(26), 2015, С.85-96.
46. Хенце, М. Очистка сточных вод / М. Хенце, П. Армюес, Й. Ля-Кур-Янсен // Мир, Москва, 2004
47. Шевелев, Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб / Ф. А. Шевелев // Стройиздат. — 2001. №4. – С. 116.
48. Ягафарова, Г. Г. Инженерная экология в нефтегазовом комплексе / Г. Г. Ягафарова, Л. А. Насыров, Ф. А Шахова // УГНТУ, Уфа, 2007. С. 334.
49. River, B. Habitat modifications and Freshwater fish / B. River, J. Segulier // Proc. Symp. Enr. Inland fish. Adv.Comiss. Aarchus. 23-25 May. 1984. – London et al.,1985. P. 131-146.
50. Jamrah A.I. Assessment of characteristics and biological treatment technologies of Jordanian wastewater // Bioprocess Engineering, №21, 1999, P.331-340.
51. Kalogo Y., Verstraete W. Development of anaerobic sludge bed (ASB) reactor technologies for domestic wastewater treatment: motives and perspectives // World Journal of Microbiology & Biotechnology, №15, 1999, P.523-534.

52. Wang L.K., Hung Y.T., Shammam N.K. Electrochemical wastewater treatment processes // Advanced physicochemical treatment technologies , №5, 2017, P.56

53. Usin V.V., Analytical Control of the wastewater treatment process by a generalized on-line water quality index: choice of analytical procedure and development of monitoring technology // Russian journal of general chemistry, №11, 2014, P.2305-2314.