

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ
Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

УТВЕРЖДАЮ
заведующая кафедрой «РПиР»
_____ М.В.Кравцова
(подпись) (И.О. Фамилия)
« ____ » _____ 20 ____ г.

ЗАДАНИЕ
на бакалаврскую работу

Студент: Шамордина Екатерина Кирилловна

1. Тема: Разработка технологических решений совершенствования процесса обессоливания речной воды на ОАО «ТольяттиАзот»
2. Срок сдачи студентом законченной бакалаврской работы
10.06.2016
3. Исходные данные к бакалаврской работе:
Регламент ОАО «ТольяттиАзот» цеха №12 ХВО.
4. Содержание бакалаврской работы:
 - 4.1 Сравнительный анализ методов обессоливания речной воды.
 - 4.2 Анализ технологического цикла цеха №12 ХВО.
 - 4.3 Методы решения проблем в существующем технологическом цикле.
5. Дата выдачи задания «16» марта 2016 г.

Руководитель бакалаврской
работы

(подпись)

В.В. Заболотских
(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

Е.К. Шамордина
(И.О. Фамилия)

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ

Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующая кафедрой «РПиР»

_____ М.В.Кравцова

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« _____ » 20 ____ г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
бакалаврской работы**

Студента: Шамординой Екатерины Кирилловны
по теме: Разработка технологических решений совершенствования процесса обессоливания речной воды на ОАО «ТольяттиАзот»

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Введение	25.02.2016			
Сравнительный анализ методов обессоливания речной воды	29.02.2016			
Анализ технологического цикла	2.04.2016			
Методы решения проблем в существующем технологическом цикле	05.05.2016			
Заключение	01.06.2016			

Руководитель бакалаврской
работы

_____ (подпись)

В.В. Заболотских

_____ (И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

_____ (подпись)

Е.К. Шамордина

_____ (И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Бакалаврскую работу выполнила: Шамордина Е.К.

Тема бакалаврской работы: Разработка технологических решений совершенствования процесса обессоливания речной воды на ОАО «ТольяттиАзот».

Научный руководитель: Заболотских В.В.

Цель работы: совершенствование процесса обессоливания и водоподготовки речной воды для использования на химическом предприятии на основе энергоэффективного и ресурсосберегающего решения – замены коагулянта.

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, формулируется цель и задачи исследования.

В первой главе проводится анализ методов обессоливания. Описываются преимущества и недостатки.

Во второй главе анализируется технологический цикл цеха №12 ХВО на ОАО «ТольяттиАзот». Выделяется недостаток в процессе обессоливания.

В третьей главе анализируются возможные коагулянты и наиболее подходящий реагент сравнивается с существующим. Описаны производители и марки оксихлорида алюминия и способ хранения и транспортировки коагулянта. Проводится анализ экономических обоснований нового коагулянта. Описывается схема с применением оксихлорида алюминия.

Заключение содержит основные выводы о проделанной работе.

Работа изложена на 82 страницах и состоит из введения, 3 глав, заключения и библиографического списка. В работе приведено 28 таблиц и 1 схема. Список использованных источников включает в себя 81 источник.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
ГЛАВА 1. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ РЕЧНОЙ ВОДЫ	9
1.1 Способы уменьшения вреда от химических загрязнений	9
1.2 Промышленная водоподготовка	12
1.3 Основные методы обессоливания воды	13
1.3.1 Очистка воды ионным обменом. Основные характеристики ионитов	13
1.3.2 Обратный осмос. Принцип действия	17
1.3.3 Термические методы обессоливания воды	18
1.4 Сравнение методов обессоливания воды	19
ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ЦЕХА №12 ХВО НА ОАО «ТОЛЬЯТТИАЗОТ»	22
2.1 Характеристика производства	22
2.2 Химическая водоочистка	23
2.3 Описание технологической схемы получения осветлённой воды	24
2.3.1 Краткая характеристика применяемого сырья, полупродуктов, материалов и готовой продукции	24
2.3.2 Подогрев речной воды	28
2.3.3 Получение известково-коагулированной воды	29
2.3.4 Осветление известково-коагулированной воды	34
2.3.5 Установка получения воздуха КИП	35
2.4 Описание технологической схемы получения частично-обессоленной воды	39
2.4.1 Краткая характеристика, сырья, полупродуктов и готовой продукции	39
2.4.2 Обессоливание воды	43
2.4.3 Восстановление обменной емкости катионита в фильтрах	

поз.11/1-6	51
2.4.4 Восстановление обменной емкости анионита в фильтрах	
поз.17/1-6	55
2.5 Прием и нейтрализация сточных вод	57
2.6 Недостаток в технологическом цикле химической водоочистки	58
ГЛАВА 3. МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ В СУЩЕСТВУЮЩЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ЦИКЛЕ ЦЕХА №12 ХВО НА ОАО «ТОЛЬЯТТИАЗОТ»	59
3.1 Анализ коагулянтов	59
3.2 Выбор коагулянта	63
3.3 Биотестирование осветлённой воды с ОАО «ТольяттиАзот» цеха №12 ХВО по проросткам пшеницы по методике, представленной в «эколого-аналитические методы исследования окружающей среды: учебное пособие»	65
3.3.1 Приготовление испытуемой воды	65
3.3.2 Метод полива семян тест-растений испытуемой водой	65
3.3.3 Сбор данных	66
3.4 Полиоксихлорид алюминия на рынке коагулянтов	67
3.5 Хранение коагулянта	72
3.6 Экономические обоснования нового коагулянта	73
3.7 Технологическая схема с новым коагулянтом $Al(OH)_mCl_{3n-m}$	73
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	74
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	75

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одним из главных процессов водоподготовки является коагуляция, которая происходит под действием реагентов. Отсутствие данного физико-химического метода в водоподготовке приводит к загрязнению анионитовых и катионитовых фильтров органическими веществами, что приводит к значительному уменьшению их срока службы, а также дополнительным затратам на регенерацию.

В России и во всём мире в качестве коагулянта чаще всего используют FeSO_4 и $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Но с помощью данных реагентов не удаётся достичь глубоко эффекта очистки воды.

При нынешних спросах на воду и высоких требований к качеству воды актуален поиск новых технологических решений. Кардинально менять всю схему процесса не представляется возможным, из-за больших капиталовложений. Поэтому альтернативой является замена на новые высокоэффективные коагулянты. С экономической точки зрения данные реагенты более затратные, но максимальный эффект очистки достигается при меньшей рабочей дозы. А с экологической они менее токсичны.

Цель бакалаврской работы: совершенствование процесса обессоливания и водоподготовки речной воды для использования на химическом предприятии на основе энергоэффективного и ресурсосберегающего решения – замены коагулянта.

Задачи:

1. Провести сравнительный анализ методов очистки речной воды;
2. Провести анализ существующего технологического цикла на ОАО «ТольяттиАзот» цеха №12 ХВО;
3. На основе сравнения существующих коагулянтов предложить оптимальное решение для эффективной очистки воды в цехе №12 ХВО;

4. Разработать схему модернизации физико-химического метода очистки с применением нового коагулянта.

ГЛАВА 1. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ РЕЧНОЙ ВОДЫ

1.1 Способы уменьшения вреда от химических загрязнений

Существует много методов для снижения промышленных выбросов, основные представлены ниже.

Разбавление.

Даже очищенные стоки необходимо разбавлять в 10-15 раз (а неочищенные - в 100-200 раз). На предприятиях сооружают высокие трубы, чтобы выбрасывать газ и пыль более равномерно и рассеянно. Но при этом увеличивается площадь загрязнения и дальность его выноса. Разбавление малоэффективный способ борьбы с загрязнением и допустим лишь как временная мера при залповых сбросах [52].

Очистка.

Это способ уменьшения выбросов вредных веществ в окружающую среду, с использованием фильтров, отстойников в результате которого происходит концентрация жидких и твердых отходов, которые нуждаются в специальных хранилищах и дальнейшая переработка которых очень дорога [52].

Внедрение малоотходных технологий.

Оно предполагает за счет более глубокой переработки снизить количество вредных выбросов в десятки раз. Отходы одного производства становятся сырьем для другого (например, из сернистого газа, выбрасываемого ТЭЦ, производят серную кислоту) [52].

Существуют специальные экономические механизмы, регулирующие количество отходов для каждого предприятия, за которые оно платит как за возмещение ущерба природе. Дополнительное загрязнение оплачивается в десятикратном размере. К загрязнителям особо опасными отходами применяются экономические и уголовные санкции. Для оценки степени

токсичности выбрасываемых веществ, платы за загрязнение ими природы, выделено 4 класса опасности всех отработанных веществ [52].

Таблица 1.1 – Классы опасности [55]

Класс опасности отхода для окружающей природной среды	Степень вредного воздействия опасных отходов на окружающую природную среду	Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды
I класс (чрезвычайно опасные)	очень высокая	Экологическая система необратимо нарушена. Период восстановления отсутствует.
II класс (высокоопасные)	высокая	Экологическая система сильно нарушена. Период восстановления не менее 30 лет после полного устранения источника вредного воздействия.
III класс (умеренно опасные)	средняя	Экологическая система нарушена. Период восстановления не менее 10 лет после снижения вредного воздействия от существующего источника.
IV класс (малоопасные)	низкая	Экологическая система нарушена. Период самовосстановления не менее 3 лет.
V класс (практически неопасные)	очень низкая	Экологическая система практически не нарушена.

Таблица 1.2 – Нормы и показатели для классов опасности [62]

Наименование показателя	Норма для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/куб.м	Менее 0,1	0,1-1,0	1,1-10,0	Более 10,0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	Менее 15	15-150	151-5000	Более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	100-500	501-2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/куб.м	Менее 500	500-5000	5001-50000	Более 50000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	Более 300	300-30	29-3	Менее 3
Зона острого действия	Менее 6,0	6,0-18,0	18,1-54,0	Более 54,0
Зона хронического действия	Более 10,0	10,0-5,0	4,9-2,5	Менее 2,5

Развитие малоотходных и ресурсосберегающих технологий, технологические изменения.

Направлением экологизации экономического развития является широкое распространение малоотходных и ресурсосберегающих технологий.

Если альтернативные варианты решения экологических проблем связаны в основном с макроуровнем или отраслевым уровнем — комплексы, сектора, отрасли, то развитие малоотходных и ресурсосберегающих

технологий носит скорее региональный характер и связано с экономическим микроуровнем: цех, предприятие, группа разнопрофильных предприятий на одной территории. В материалах Европейской экономической комиссии ООН и Декларации о малоотходной и безотходной технологии, принятой в 1979 г. на совещании по общеевропейскому сотрудничеству в области охраны окружающей среды, малоотходная и безотходная технология определяется как практическое применение знаний, методов и средств с тем, чтобы в рамках потребностей человека обеспечить наиболее рациональное использование природных ресурсов и защитить окружающую среду [11].

Из определения следует, что малоотходная технология решает двуединую задачу: эффективного использования природного сырья и продуктов его переработки с одной стороны, и охраны окружающей среды от различного рода загрязнений, отходов — с другой. Цель развития малоотходных и ресурсосберегающих технологий — создание замкнутых технологических циклов, с полным использованием поступающего сырья и не вырабатывающих отходов, выходящих за их рамки. Это попытка воспроизвести природные циклы, так как биосфера является закрытой системой, где все элементы взаимосвязаны и обуславливают друг друга.

Современная техногенная экономика является открытой системой, где получение относительно небольшого конечного продукта требует огромных затрат ресурсов и сопровождается большими отходами. По отношению к общему объему отчуждаемого природного вещества сейчас конечный продукт составляет всего 2—4%, а остальная часть идет в отходы (пустая порода, шлаки, стоки и т.д.) [11].

1.2 Промышленная водоподготовка

Вода - природный ресурс, востребованный практически во всех видах человеческой деятельности [76]. Вода должна иметь параметры, которые задали потребители (промышленные производства, коммунальные службы),

для этого осуществляется водоподготовка в которой применяется множество специального оборудования.

Главная задача водоподготовки - устранение солей и примесей (коллоидных, грубодисперсных), что позволяет предотвратить ряд деструктивных процессов:

- коррозия металлических элементов;
- унос солей паром;
- образование накипи;
- загрязнение материалов, подвергающихся обработке с использованием воды [76].

1.3 Основные методы обессоливания воды

1.3.1 Очистка воды ионным обменом. Основные характеристики ионитов

Ионный обмен – процесс обмена ионов твердой матрицы (ионита) с ионами воды.

Ионный обмен является одним из основных методов очистки воды от ионных загрязнений, глубокого обессоливания воды. Наличие разнообразных ионообменных материалов позволяет решать задачи очистки вод различного химического состава с высокой эффективностью. Это единственный метод, дающий возможность выборочно, селективно извлекать из раствора некоторые компоненты, например, соли жесткости, тяжелые металлы.

Иониты - твердые нерастворимые вещества, имеющие в своем составе функциональные (ионогенные) группы, способные к ионизации в растворах и обмену ионами с электролитами. При ионизации функциональных групп возникают две разновидности ионов: одни жестко закреплены на каркасе (матрице) R ионита, другие – противоположного им знака (противоионы), способные переходить в раствор в обмен на эквивалентное количество других ионов того же знака из раствора [60].

Иониты делятся по свойствам ионогенных групп на четыре основных вида:

- катиониты;
- аниониты;
- амфолиты;
- селективные иониты.

По природе матрицы их подразделяют на:

- неорганические иониты;
- органические иониты.

Катиониты - иониты с закрепленными на матрице анионами или анионообменными группами, обменивающиеся с внешней средой катионами.

При движении через катионит раствора, содержащего смесь катионов, таких как Na, Ca, Mg, Fe (природная вода), происходит формирование в его слое фронтов сорбции каждого катиона и неодновременное начало проскока их в фильтрат. Очистку заканчивают при появлении в фильтрате основного извлекаемого или контролируемого иона [60].

Аниониты – иониты с закрепленными на матрице катионами или катионообменными группами, обменивающиеся с внешней средой анионами.

При пропускании через анионит раствора, содержащего смесь анионов, таких как Cl, SO₄, PO₄, NO₃, происходит формирование в его слое фронтов сорбции каждого иона и неодновременное начало проскока их в фильтрат. Очистка воды заканчивается при появлении в фильтрате извлекаемого иона.

Амфолиты содержат закрепленные катионообменные и анионообменные группы, и в определенных условиях выступают либо как катионит, либо как анионит. Используются для переработки технологических растворов.

Селективные иониты содержат специально подобранные ионогенные группы, имеющие высокое сродство к какому-то одному или к группе ионов. Могут использоваться для очистки воды от определенных ионов, например, бора, тяжелых металлов или от радионуклидов [60].

Основные характеристики ионитов:

- обменная емкость;
- селективность;
- механическая прочность;
- осмотическая стабильность;
- химическая стабильность;
- температурная устойчивость;
- гранулометрический (фракционный) состав.

Динамическая обменная емкость (ДОЕ) важнейший показатель в процессах водоподготовки. В реальных условиях многократного применения ионита в цикле сорбции-регенерации обменная емкость используется не полностью, а лишь частично. Степень использования определяется методом регенерации и расходом регенерирующего агента, временем контакта ионита с водой и с регенерирующим агентом, концентрацией солей, рН, конструкцией и гидродинамикой используемого аппарата. Процесс очистки воды прекращается при определенной концентрации лимитирующего иона, как правило, задолго до полного насыщения ионита [60].

Под селективностью понимают способность избирательно сорбировать ионы из растворов сложного состава. Селективность определяется типом ионогенных групп, числом поперечных связей матрицы ионита, размером пор и составом раствора. Для большинства ионитов селективность невелика, однако разработаны специальные образцы, имеющие высокую способность к извлечению определенных ионов.

Механическая прочность показывает способность ионита противостоять механическим воздействиям. Иониты проверяются на истираемость в специальных мельницах или по весу груза, разрушающего определенное число частиц. Все полимеризационные иониты имеют высокую прочность. У поликонденсационных она существенно ниже.

Увеличение степени сшивки полимера повышает его прочность, но ухудшает скорость ионного обмена.

Наибольшее разрушение частиц ионитов происходит при изменении характеристик среды, в которой они находятся. Поскольку все иониты представляют собой структурированные гели, их объем зависит от содержания, рН среды и ионной формы ионита. При изменении этих характеристик объем зерна изменяется. Вследствие осмотического эффекта объем зерна в концентрированных растворах меньше, чем в разбавленных. Однако это изменение происходит не одновременно, а по мере выравнивания концентраций «нового» раствора по объему зерна. Поэтому внешний слой сжимается или расширяется быстрее, чем ядро частицы; возникают большие внутренние напряжения и происходит откалывание верхнего слоя или раскалывание всего зерна. Это явление называется «осмотический шок». Каждый ионит способен выдерживать определенное число циклов таких изменений характеристик среды. Это называется его осмотической прочностью или стабильностью. Наибольшее изменение объема происходит у слабокислотных катионитов. Наличие в структуре зерен ионита макропор увеличивает его рабочую поверхность, ускоряет перенабухание и дает возможность «дышать» отдельным слоям [60].

Поэтому наиболее осмотически стабильны сильнокислотные катиониты макропористой структуры, а наименее – слабокислотные катиониты. Осмотическая стабильность определяется как количество целых зерен, отнесенное к общему первоначальному их числу, после многократной (150 раз) обработки навески ионита попеременно в растворе кислоты и щелочи с промежуточной отмывкой обессоленной водой.

Все иониты обладают определенной стойкостью к растворам кислот, щелочей и окислителей. Все полимеризационные иониты имеют большую химическую стойкость, чем поликонденсационные. Катиониты более стойки, чем аниониты. Среди анионитов слабоосновные устойчивее к действию кислот, щелочей и окислителей, чем сильноосновные.

Температурная устойчивость катионитов выше, чем анионитов. Слабокислотные катиониты работоспособны при температуре до 130°C, сильнокислотные типа КУ-2-8 – до 100–120°C, а большинство анионитов – не выше 60, максимум 80°C. При этом, как правило, Н⁺ или ОН⁻ формы ионитов менее стойки, чем солевые.

Синтетические иониты полимеризационного типа производятся в виде шарообразных частиц с размером в диапазоне от 0,3 до 2,0 мм. Поликонденсационные иониты выпускаются в виде дробленых частиц неправильной формы с размером 0,4–2,0 мм. Стандартные иониты полимеризационного типа имеют размер от 0,3 до 1,2 мм. Средний размер полимеризационных ионитов составляет от 0,5 до 0,7 мм. Коэффициент неоднородности не более 1,9. Этим обеспечивается приемлемое гидравлическое сопротивление слоя. Для процессов, когда иониты использовались в псевдоожиженном слое, в СССР они выпускались в виде 2 классов по крупности: класс А с размером 0,6–2,0 мм и класс Б с размером 0,3–1,2 мм [60].

1.3.2 Обратный осмос. Принцип действия

Обратноосмотический метод обессоливания воды основан на следующем явлении. Если в сосуде между пресной и солёной водой поместить полупроницаемую перегородку, способную пропускать воду и задерживать гидратированные ионы растворимых в воде солей, то можно наблюдать, как пресная вода начинает поступать в отсек с солёной водой. Переток чистой воды происходит вследствие разницы концентрации жидкости по обеим сторонам перегородки. Через некоторое время уровень пресной воды станет заметно ниже уровня солёного раствора. Разница уровней после установившегося равновесия характеризует осмотическое давление растворённого вещества [78].

Процесс самопроизвольного перетекания менее концентрированного раствора в более концентрированный через полупроницаемую перегородку называют осмосом.

Если создавать в солёном растворе давление, превышающее осмотическое, то возникает перетекание молекул пресной воды в направлении, обратном её естественному движению, т.е. вода из раствора начинает перетекать через перегородку в пресную воду. Такой процесс известен под названием обратного осмоса. При этом полупроницаемая перегородка выбирается с таким расчётом, чтобы через её поры могли проходить молекулы воды, но не могли проходить ионы солей, растворённых в воде. Поскольку ионы солей в размере примерно в 1,5 раза больше, чем молекулы воды, то это осуществить (с технической точки зрения) вполне возможно.

Таким образом, обессоливание воды методом обратного осмоса основывается как раз на процессе перетекания молекул чистой воды из раствора при создании давления, превышающего осмотическое, в направлении от раствора к обессоленной воде через полупроницаемую перегородку [78].

1.3.3 Термические методы обессоливания воды

Старейшими методами получения обессоленной воды (дистиллята) являются термические методы – перегонка, дистилляция, выпарка.

Основой процесса является перевод воды в паровую фазу с последующей ее конденсацией. Для испарения воды требуется подвести, а при конденсации пара – отвести тепло фазового перехода. При образовании пара в него наряду с молекулами воды переходят и молекулы растворенных веществ в соответствии их летучестью [78].

Важнейшим преимуществом данного метода являются минимальные количества используемых реагентов и объем отходов, которые могут быть получены в виде твердых солей.

Тепловая и экономическая эффективность метода определяется режимом испарения и степенью рекуперации тепла фазового перехода при конденсации пара.

По характеру использования дистилляционные установки подразделяются на одноступенчатые, многоступенчатые и термокомпрессионные.

Наибольший интерес представляет использование выпарных установок в сочетании с ионообменными и реагентными схемами. В этих условиях, возможно, оптимизировать расход реагентов, тепла и решить, как экономические, так и экологические проблемы [78].

1.4 Сравнение методов обессоливания воды

Следует отметить преимущества и недостатки каждого из методов:

Таблица 1.3 – Ионнообменный метод

Преимущества	Недостатки
возможность получения сверхчистой воды	высокий расход агрессивных реагентов
отработанность и надежность	эксплуатационные расходы, растущие пропорционально солесодержанию воды
способность работать при резко меняющихся параметрах воды	необходимость обработки регенератов и сложности с их сбросом
минимальные капитальные и энергозатраты	
меньший расход питающей воды	
минимальный объем вторичных отходов, обеспечивающий возможность их переработки	

Таблица 1.4 – Обратный осмос

Преимущества	Недостатки
высокое качество воды по взвесям, биологическим и органическим загрязнениям	необходимость тщательной подготовки
минимальное количество реагентов и суммарный сброс солей в окружающую среду	желательность непрерывной работы обратноосмотической установки
возможность сброса концентрата без обработки в канализацию	большие капитальные затраты
относительно низкие эксплуатационные затраты	большой расход питающей воды и объем сбросных вод
отсутствие агрессивных реагентов и необходимости их обработки	большие энергозатраты

Таблица 1.5 – Термический метод

Преимущества	Недостатки
минимальное количество реагентов и сброс солей в окружающую среду	необходимость подготовки
высокое качество воды по взвесям	большие энергозатраты
возможность получения отходов минимального объема, вплоть до сухих солей	большие капзатраты
возможность использования избыточного тепла	
удаление из воды растворенных газов	

В следующей таблице приведено оценочное сравнение методов обессоливания воды по трем уровням: минимальный – Мин, максимальный – Макс и средний – Ср.

Таблица 1.10 – Оценочное сравнение методов обессоливания [60]

Параметр	Ионный обмен	Обратный осмос	Выпарка
Надежность	Макс	Ср	Макс
Степень обессоливания	Макс	Ср	Ср
Удаления органики	Мин	Макс	Ср
Удаление микрофлоры	Мин	Макс	Макс
Удаление взвесей	Мин	Макс	Макс
Удаление растворенных газов	Мин	Мин	Макс
Требования к подготовке	Мин	Макс	Ср
Энергозатраты	Мин	Макс	Макс
Расход реагентов	Макс	Мин	Мин
Расход питающей воды	Мин	Макс	Мин
Объём отходов	Мин	Макс	Мин
Возможность переработки отходов	Макс	Мин	Макс
Возможность сброса отходов	Мин	Макс	Мин

ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ЦЕХА №12 ХВО НА ОАО «ТОЛЬЯТТИАЗОТ»

2.1 Характеристика производства

«ТольяттиАзот» — единственное в мире химическое предприятие, способное производить ежегодно около 3-х миллионов тонн аммиака.

Базовое предприятие для компании — крупнейший в мире производитель аммиака ОАО «ТольяттиАзот» (Тольятти, Самарская область). Основной вид деятельности — выпуск минеральных удобрений: аммиака, карбамида и КФК. На основной производственной площадке компании трудится свыше 4 тысяч человек.

Завод экспортирует свою продукцию более чем в 120 стран мира. Доля экспорта колеблется в районе 85% от общего объема производимой продукции. Помимо выпуска минеральных удобрений, в компании успешно освоили производство кирпича, базальтового супертонкого волокна, огнеупорных материалов и товаров народного потребления [75].

ОАО «Азотреммаш» (Тольятти, Самарская область) исторически строилось на одной производственной площадке с «ТольяттиАзот», и в советское время обслуживало практически всю союзную азотную промышленность. В 1996 году акционерное общество «Азотреммаш» вошло в состав компании.

«Азотреммаш» — единственное в России многопрофильное предприятие по изготовлению запасных частей к оборудованию импортных крупнотоннажных агрегатов, выпускающих минеральные удобрения, и к оборудованию предприятий нефтехимии, нефтепереработки и энергетики. Создаваемая здесь продукция уникальна, так как не относится к разряду серийной. Производственные мощности предприятия позволяют изготавливать оборудование весом до 50 тонн, диаметром до 3800 миллиметров, давлением до 320 кг/см² [75].

Одним из важнейших инвестиционных проектов «ТольяттиАзот» является строительство глубоководного морского порта по перевалке аммиака, а также других важных народнохозяйственных грузов на полуострове Тамань (Темрюкский район, Краснодарский край). В реализацию портового проекта компания инвестировала за прошедшие годы огромные средства, большинство объектов необходимых для запуска давно готовы. Их строительство выполнялось на высоком качественном уровне по безопасности эксплуатации и по экологическим требованиям.

«ТольяттиАзот» вложил и вкладывает значимые для региона деньги в развитие социальной инфраструктуры Темрюкского р-на Краснодарского края, участвует в благотворительной и социальной работе на уровне всего региона в целом. В частности, в Темрюкском районе построена газораспределительная станция, проведен газопровод в пос. Волна, завершено строительство железнодорожной станции, здания администрации и жилых домов для сотрудников компании. Запуск первой очереди порта позволит создать новые рабочие места и привлечь средства в экономику региона и региональный бюджет.

«ТольяттиАзот» гордится участием в работе над проектом обеспечения стратегически важного для российской экономики южного пути доставки отечественной продукции, и не только химической, на международные рынки. Государственная значимость портового терминала на Таманском полуострове неоднократно озвучивалась руководством России, он включен в государственную программу развития морских портов России [75].

2.2 Химическая водоочистка

На ОАО «ТольяттиАзот» имеется цех химической водоочистки, который служит для частичного обессоливания речной воды. Описание технологического цикла представлено ниже.

2.3 Описание технологической схемы получения осветлённой воды

Получение осветленной воды производится посредством реагентной обработки подогретой речной воды в осветлителях с последующей фильтрацией полученной известково-коагулированной воды на механических фильтрах [58].

2.3.1 Краткая характеристика применяемого сырья, полупродуктов, материалов и готовой продукции

Сырьё

1. Речная вода, поступающая из заводской сети.

Таблица 2.1 – Качество речной воды

Показатели	Значения
1	2
общая жёсткость	не более 4,5 мг-экв/дм ³
общая щелочность	не более 2,5 мг-экв/дм ³
общее солесодержание	не более 400 мг/дм ³
массовая концентрация кальция	не более 65 мг/дм ³
массовая концентрация магния	не более 18 мг/дм ³
массовая концентрация натрия	не более 40 мг/дм ³
массовая концентрация железа	не более 90 мг/дм ³
массовая концентрация сульфатов	не более 1 мг/дм ³
массовая концентрация хлоридов	не более 60 мг/дм ³
массовая концентрация бикарбонатов	не более 165 мг/дм ³
массовая концентрация кремнекислоты	не более 10 мг/дм ³

Продолжение таблицы 2.1

1	2
массовая концентрация взвешенных веществ	не более 20 мг/дм ³
окисляемость	не более 20 мг О ₂ /дм ³
рН	не более 7,6

Химическая формула Н₂О, простейшее соединение водорода с кислородом. Прозрачная, бесцветная жидкость, пожаровзрывобезопасна, не токсична[58].

2. Известково-коагулированная вода пожаровзрывобезопасна.

Таблица 2.2 – Качество известково - коагулированной воды

Показатели	Значения
общая жесткость	не более 3,5 мг-экв/дм ³
общая щелочность	не более 0,7-1,0 мг-экв/дм ³
окисляемость	30-50% от окисляемости исходной речной воды (не более 4,5 мг О ₂ /дм ³)
массовая концентрация сульфатов	не более 124 мг/дм ³
массовая концентрация железа	не более 0,3 мг/дм ³
массовая концентрация взвешенных веществ	не более 15 мг/дм ³
рН	10,0-10,4
гидратная щелочность	0,1-0,2 мг-экв/дм ³
доза коагулянта	0,25-0,75 мг-экв/дм ³

Материалы.

1. Купорос железный технический I или II сорта ГОСТ 6981-75, химическая формула $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (сернокислое железо, коагулянт), содержание FeSO_4 не менее 47%, массовая доля нерастворимого осадка не более 1%, представляет собой голубовато-зеленые кристаллы хорошо растворимые в воде до 21%. Пожаровзрывобезопасен, малотоксичен. Пыль железного купороса раздражает слизистые оболочки, вызывая чихание и кашель, попадая на кожу вызывает раздражение.
2. Раствор сернокислого железа с массовой долей FeSO_4 5%. Пожаровзрывобезопасен, малотоксичен, имеет кислую реакцию. При попадании на кожу и в глаза вызывает раздражение.
3. Раствор известкового молока с массовой долей $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 5-6%. Пожаровзрывобезопасен, малотоксичен, имеет щелочную реакцию, при попадании на кожу вызывает раздражение. При попадании в глаза может вызвать ожоги.
4. Антрацитовая крошка - фильтрующая загрузка для механических фильтров, пожароопасна, не токсична.
5. Технологический воздух - пожаровзрывобезопасен, не токсичен.
6. Силикагель гранулированный мелкозернистый марки "КСМГ"- фильтрующая загрузка для адсорберов. ГОСТ 3956-76. Стекловидные зерна сферической формы, от бесцветного до темного цвета, хороший сорбент. Пожаровзрывобезопасен, не токсичен.
7. Масло смазочное компрессорное марки И-50А ТУ-38-1014-1373 или МС-20 ГОСТ 8581-78 пожароопасно, малотоксично.

Таблица 2.3 – Качество смазочного масла

Показатели	Значения
1	2
содержание воды	отсутствие

Продолжение таблицы 2.3

1	2
содержание механических примесей	отсутствие
температура вспышки	не ниже +200°С
температура застывания	не выше -20°С

Готовая продукция.

1. Осветленная вода, пожаровзрывобезопасна, не токсична.

Таблица 2.4 – Качество осветленной воды

Показатели	Значения
общая жесткость	не более 3,5 мг-экв/дм ³
общая щелочность	0,7-1,0 мг-экв/дм ³
окисляемость	30-50% от окисляемости исходной речной воды (не более 4,5 мг О ₂ /дм ³)
массовая концентрация магния	не более 34,9 мг/дм ³
массовая концентрация натрия	не более 18 мг/дм ³
массовая концентрация бикарбонатов	не более 40 мг/дм ³
массовая концентрация сульфатов	не более 42,7 мг/дм ³
массовая концентрация железа	не более 124 мг/дм ³
массовая концентрация кремнекислоты	не более 7,0 мг/дм ³
массовая концентрация хлоридов	не более 60 мг/дм ³
массовая концентрация взвешенных веществ	не более 2,0 мг/дм ³
рН	10-10,4

2. Воздух КИП - пожаровзрывобезопасен, не токсичен, ГОСТ 17433-80, давление избыточное Ризб.= 0,6 МПа (6,0 кгс/см²), масло - отсутствует.

Точка росы должна быть ниже температуры окружающего воздуха не менее чем на 10°C, но не выше минус 10°C.

2.3.2 Подогрев речной воды

Эффективность обработки воды методами осаждения определяется скоростью процесса выделения растворенных в воде веществ в твердую фазу, что связано с процессами кристаллизации. Процесс кристаллизации ускоряется, если температура воды повышается, и, если в воде существуют твердые частицы, т.к. благодаря своей поверхности эти частицы способствуют быстрому росту кристаллов и их дальнейшему укрупнению. Поэтому подогрев воды необходим для ускорения химического взаимодействия и кристаллизации, образующихся при известковании и коагуляции веществ, уменьшения степени перенасыщения раствора, для улучшения условий выделения осадка в осветлителе.

Подогрев речной воды до температуры 29-36°C может осуществляться двумя способами:

- за счет использования низкопотенциального тепла раствора метилдиэтанолamina (МДЭА) на агрегатах аммиака №5,6;
- за счет конденсации пара в воздухоотделителе осветлителей.

Речная вода с давлением не менее 0,4 МПа (4,0 кг/см³) поступает на всас насосов поз.31/1-3 из цеха №19, и далее для подогрева подается на теплообменники, установленные на агрегатах аммиака №5,6. Давление речной воды измеряется на всасе и нагнетании насосов и контролируется по приборам поз.РJ-41 и поз.РJ-42. Подогретая речная вода под остаточным давлением возвращается в цех, поступает в общий коллектор и далее распределяется на осветлители поз.4/1-4. Температура холодной и нагретой речной воды контролируется по приборам поз.TR-41 и поз.TR-42. Количество речной воды, подаваемой в цех, измеряется ультразвуковым расходомером (УЗР), установленным на линии нагретой речной воды и контролируется акустроном поз.FR-45. Предусмотрена подача речной воды,

на агрегаты аммиака, минуя насосы поз.31/1-3 через переключку между всасом и нагнетанием.

При недостаточном нагреве речной воды на агрегатах, ее температуру повышают до нужных параметров в осветлителях поз.4/1-4. Для этого в воздухоотделитель через барботажное устройство подается острый пар из заводской сети с давлением не менее 0,5 МПа (5,0 кгс/см²) и температурой не ниже 150°С. Если, нагрев речной воды на агрегатах превышает норму, то ее температуру понижают до нужных параметров, смешивая с холодной речной водой через переключку, которая установлена между коллекторами контура. Если и этого недостаточно для понижения температуры, то холодную речную воду можно подать по байпасу в осветлители, минуя контур. Контроль за температурой в осветлителях осуществляется по приборам поз.TR11/1-4.

2.3.3 Получение известково-коагулированной воды

Процесс коагуляции-известкования применяется для снижения содержания взвешенных, коллоидных, органических и минеральных примесей, для укрупнения выпадающей взвеси, полного удаления свободной угольной кислоты, частичного умягчения, снижения щелочности, содержания магния и окислов железа, для снижения на 30-40% содержания кремнекислоты. Этот процесс основан на кристаллизации и осаждении нежелательных примесей из обрабатываемой воды и удаления их в виде осадка. Коагуляция является физико-химическим процессом слипания коллоидных частиц и образования грубодисперсных хлопьев, выпадающих в осадок.

Подогретая до требуемой температуры 29-36°С речная вода поступает в воздухоотделитель осветлителя поз.4/1-4, где освобождается от пузырьков воздуха. Расход речной воды на каждом осветлителе замеряется УЗР, установленным на этом трубопроводе, контролируется акустроном поз.FR12/1-3 (для осветлителей поз.4/1-3) и FR-29 (для осветлителя поз.4/4).

После воздухоотделителя речная вода поступает в нижнюю конусообразную часть осветлителя по трубе, врезанной тангенциально, для создания вращательного движения. Вращение воды помогает более равномерному перемешиванию воды с известковым молоком и коагулянтom.

Известковое молоко поступает в цех из корпуса №187 в баки поз.24/1-6, сюда же подается речная вода для разбавления раствора до концентрации 5,0-6,0%, а снизу через барботажное устройство подается технологический воздух для перемешивания во избежание расслоения и оседания твердой фракции. Все баки снабжены уровнемерами поз.LRA81/1-6.

Из баков поз.24/1-6 центробежными насосами поз.25/1,2,5,6 известковое молоко подается в дозатор типа "Димба" поз.26/1-4, где ножом-дозатором разделяется на два потока, один самотеком поступает в нижнюю коническую часть осветлителя - в зону реакции, другой (избыток известкового молока) возвращается в баки поз.24/1-6. Для промывки трубопроводов предусмотрен подвод речной воды на всас насосов поз.25/1,2,5,6 и в трубопровод известкового молока перед "Димба" поз.26/1-4. Количество подаваемого известкового молока в осветлитель можно регулировать автоматически контролером "Ремиконт-130" по заданному значению рН степенью открытия ножа-дозатора на "Димба" поз.26/1-4. Ручное регулирование предусматривает дистанционное управление ножом-дозатором с ЦПУ. Подача известкового молока контролируется по рН -метру поз.pHRC-14/1-4.

Сернокислое железо (коагулянт) привозят на установки предочистки автотранспортом с базы оборудования цеха № 36 в мешках весом 750-800 кг каждый, которые загружают с помощью кран-балки в расходные емкости поз.27/1-4, предварительно заполнив их на 60-70% речной водой, при этом одна емкость находится в работе, а во второй идет процесс приготовления 4,5-5,0% раствора сернокислого железа. Перемешивание и растворение гранул производится с помощью технологического воздуха, который

подается снизу через барботажное устройство. Все баки снабжены уровнемерами поз.LRA-82/1-4.

Из баков поз.27/1-4 через фильтр тонкой очистки поз.28/1-2 коагулянт поступает на всас насосов-дозаторов поз.30/1-8, которые подают его в зону реакции осветлителя. На нагнетании насосов-дозаторов поз.30/1-8 установлены электроконтактные манометры поз.PIS-27/1-8, которые блокируют работу насосов при достижении давления на нагнетании 0,6 МПа(6,0 кгс/см²).

Расчет дозировки реагентов при получении известково-коагулированной воды ведется следующим образом.

Доза коагулянта может быть определена двумя способами:

$$1. \quad Дк = (Жи.к. - Щи.к.) - (Жр.в. - Щр.в.) \text{ мг-экв/дм}^3,$$

где, Дк - доза коагулянта;

Жи.к.- жесткость известково-коагулированной воды;

Щи.к.- щелочность известково-коагулированной воды;

Жр.в.- жесткость речной воды;

Щр.в.- щелочность речной воды.

$$2. \quad Дк = (SO_4 \text{ и.к.} - SO_4 \text{ р.в.}) : 48 \text{ мг-экв/дм}^3,$$

где, SO₄ и. к. - содержание сульфатов в известково-коагулированной воде;

SO₄ р.в. - содержание сульфатов в речной воде;

48- мг-эквивалент сульфат иона.

Гидратная щелочность определяется по следующей формуле:

$$Г.Щ. = 2Щф.ф. - Щсм. \text{ мг-экв/дм}^3,$$

где, Щф.ф. - щелочность по фенолфталеину;

Щсм - щелочность по смешанному индикатору.

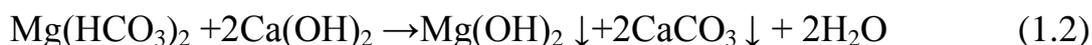
На формирование хлопьев и эффективность умягчения воды существенное влияние оказывают дозы реагентов, условия перемешивания их с водой, температура подогрева речной воды и ее стабильность, уровень шлама, скорость восходящего движения воды в осветлителе, количество взвесей в исходной воде.

Процесс, протекающий в осветлителе, носит название известкование с коагуляцией. Известкование основано на связывании ионов, подлежащих удалению, в малорастворимые соединения, в результате чего снижается концентрация растворенных в воде солей. Реакции процесса известкования протекают следующим образом:

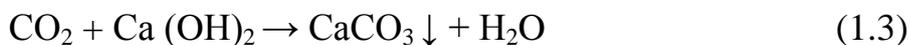
- удаление кальциевой карбонатной жесткости



- удаление магниевой карбонатной жесткости



- удаление растворенной углекислоты



- снижение концентрации кремниевой кислоты



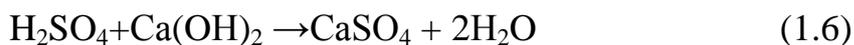
Если процесс известкования проводить без добавления коагулянта, то процессы сорбции (укрупнения) происходить не будет. В результате реакций тонкие взвеси осадков будут вынесены из осветлителя потоком воды и будут задерживаться в ионообменных фильтрах, ухудшая работоспособность загруженных в них ионитов.

Реакции процесса коагуляции протекают следующим образом:

- при поступлении раствора коагулянта начинается процесс гидролиза серноокислого железа



- реакция гидролиза может протекать лишь при условии, если образующаяся при этом серная кислота будет нейтрализована известковым молоком с доведением pH до оптимальной величины (10-10,4)



- гидрат окиси двухвалентного железа окисляется растворенным в воде кислородом до малорастворимого гидрата окиси трехвалентного железа



Гидрат окиси трехвалентного железа образует в воде большое количество рыхлых хлопьев, которые удерживаются в толще осветлителя, играя роль так называемого взвешенного шламового фильтра. Проходя через этот фильтр, обработанная реагентами речная вода освобождается от взвесей малорастворимых соединений. Кроме того, на фильтре задерживается не только образовавшаяся малорастворимая соль CaSiO_3 , но там же сорбируется и часть молекулярно-дисперсной и коллоидной кремнекислоты.

В результате прохождения процессов известкования и сорбции взвесей на шламовом фильтре, он уплотняется, образуются тяжелые плотные скопления, которые опускаются вниз и периодически удаляются из осветлителя через линию периодической продувки. Толщина шламового фильтра увеличивается благодаря вводу все новых порций коагулянта. При достижении шламовым фильтром отметок расположения окон шлакоприёмных труб, шлам по трубам опускается в шламонакопитель, откуда непрерывно удаляется по трубопроводу. Весь шлам, выводимый из осветлителей, по лоткам пола стекает в резервуары сбора шлама поз.36/1-2, сюда же по барботажному устройству подается технологический воздух во избежание застывания шлама в них. Из приемков поз.36/1-2 насосами поз.37/1-4 шлам откачивается в осветлители или в канализацию. Оба приёмника снабжены уровнемерами поз.LJSA-85/1-2, от значения которых автоматически работают насосы поз.37/1-4:

- при максимальном уровне – включаются;
- при минимальном уровне – отключаются.

Для промывки и продувки трубопроводов на всас насосов поз.37/1-2 подается технологический воздух, а на всас насосов поз.37/3-4 - речная вода.

Вода, поступающая вместе со шламом в шламонакопитель, собирается после отстаивания в его верхней части и при помощи специального кольцевого коллектора по трубе, выходящей из этого коллектора, поступает (под давлением гидростатического столба жидкости) в приемный короб осветлителя, где смешивается с основным потоком известково-

коагулированной воды. На этой линии установлена задвижка, которая носит название "отсечка", ее открытие приводит к увеличению количества воды, поступающей из шламоуплотнителя в короб, а это в свою очередь увеличивает поступление воды вместе со шламом из зоны шламового фильтра в шламоуплотнитель. Закрытие "отсечки" приводит к обратным результатам. Таким образом, манипулируя "отсечкой", можно с одной стороны увеличить или уменьшить толщину шламового фильтра в осветлителе, с другой стороны соблюдать прозрачность воды, отводимой из шламоуплотнителя в короб.

Основная часть известково-коагулированной воды, пройдя шламовый фильтр и освободившись от взвеси, поступает через верхнюю распределительную решетку в сборный желоб, далее в приемный короб и из него по трубопроводам отводится в баки поз.5/1-3, которые снабжены уровнемерами поз.LRA-12/1-3.

2.3.4 Осветление известково-коагулированной воды

Известково-коагулированная вода из баков поз.5/1-3 насосами поз.6/1-6 подается на осветление в механические фильтры поз.7/1-15, загруженные антрацитовой крошкой с размером зерен 0,8-2,6 мм. Осветление происходит в результате прилипания грубодисперсных примесей, находящихся в воде, к зернам антрацитовой крошки и задержания их на поверхности и в порах.

Количество воды, поступающей на механические фильтры, замеряется диафрагмой, установленной на линии выхода воды из фильтров и контролируется расходомером поз.FI-59(для фильтров поз. 7/1-10), поз.FI-22 (для фильтров поз.7/11-15). В каждую из трех камер вода поступает сверху вниз через верхнее распределительное устройство и выходит из камеры через перфорированные лучи нижней дренажной системы. Забивка антрацитовой загрузки частичками шлама ведет к снижению прозрачности воды и повышению содержания взвешенных веществ в осветленной воде. При повышении содержания взвешенных веществ более 2 мг/дм³ или снижении

прозрачности ниже 25 см фильтрование прекращается и производится промывка антрацита обратным потоком воды. Перед промывкой антрацит в каждой камере взрыхляется в течение пяти минут технологическим воздухом для повышения интенсивности водной промывки и снижения расхода воды на нее. Вода на промывку в фильтры поз.7/1-15 подается снизу-вверх через перемычку между нагнетанием насосов поз.6/1-6 и коллектором промывочной воды. Сначала ведется промывка нижней, потом средней, а затем верхней камеры. Расход воды на промывку должен быть отрегулирован так, чтобы не было выноса антрацитовой крошки и заканчивается при появлении светлой воды на сбросе с фильтра. После этого производится отмывка антрацита по рабочей линии до регламентных показателей. Вода после этих операций направляется в бак сбора промывочной воды поз.40, откуда насосами поз.41/1-3 подается в осветлитель поз.4/1-3.

После механических фильтров поз.7/1-15 осветленная вода подается потребителям:

- в бак поз.8 или на фильтры поз.11/1-6 фильтровального зала корпуса №188;
- в бак поз.Е1 корпуса №189;
- на ХВО-1,2 агрегатов "Кемико" и на ХВО карбамида. Количество воды, подаваемой на ХВО-1,2 измеряется диафрагмой, установленной на этой линии и контролируется расходомером поз.FR-28;
- в бак поз.43 на собственные нужды.

2.3.5 Установка получения воздуха КИП

В установку получения воздуха КИП входят:

- компрессорная установка;
- блок осушки воздуха.

Компрессорная установка состоит из компрессоров, холодильников, фильтров, воздухопровода, систем охлаждения и автоматики.

Блок осушки воздуха состоит из адсорберов, фильтра пыли и подогревателя воздуха.

Сущность процесса заключается в сжатии атмосферного воздуха до 0,6 МПа ($6,0 \text{ кгс/см}^2$) и дальнейшей его осушки. Влажность воздуха определяется по точке росы. Точка росы - температура, при которой в процессе охлаждения в воздухе с данным содержанием водяных паров образуются капельки воды.

Принцип работы компрессора состоит в том, что при движении поршня в цилиндре образуется разрежение, вследствие чего открывается всасывающий клапан, и воздух из атмосферы и всасывающую полость поступает в цилиндр. При обратном движении поршня воздух в цилиндре сжимается и через нагнетательный клапан поступает на охлаждение.

Атмосферный воздух после очистки от механических примесей в фильтре поз.Ф9 поступает на первую ступень компрессора поз.К1/1-2, где сжимается до давления не более 0,26 МПа ($2,6 \text{ кгс/см}^2$) и нагревается до температуры не более 170 С, затем он охлаждается, проходя межступенчатый холодильник поз.Т1/1-2, после которого подается на вторую ступень компрессора, где дожимается до давления не более 0,6 МПа ($6,0 \text{ кгс/см}^2$) и снова нагревается до температуры не более 170 С. После компрессора сжатый воздух подается на охлаждение в концевой холодильник поз.Т2/1-2. Контроль за давлением и температурой осуществляется по приборам поз.РIS6/1-2, РIS7/1-2, ТIS5/1-2, ТIS6/1-2 и при их максимальных значениях предусмотрена блокировка компрессора.

Для охлаждения сжатого воздуха в холодильниках и для охлаждения цилиндров компрессора в них подается речная вода. Поток речной воды через компрессор определяется датчиком поз.ФА-1/1-2 с сигнализацией падения скорости потока.

Для защиты компрессора и холодильников от разрушения смонтированы предохранительные клапана марки СППК-4, которые оттарированы на давление открытия: на межступенчатом холодильнике

Роткр.=0,3 МПа (3,0кгс/см²), на концевом холодильнике Роткр.= 0,69 МПа (6,9кгс/см²).

Для нормальной работы компрессора в его циркуляционную систему периодически вводят масло, давление которого должно быть не менее 0,1 МПа (1,0 кгс/см²). Минимальное значение давления масла заблокировано с остановкой компрессора по показаниям электроконтактного манометра поз.PIS1/1-2. Масло вводят через лубрикатор для смазки цилиндров, сальников, штоков, поршней цилиндров и через картер для смазки механизма движения.

После концевого холодильника поз. Т2/1-2, сжатый воздух собирается в воздухоборнике поз.В3 откуда подается в теплообменник поз. Т4, где охлаждается речной водой до температуры 20-25° С, контроль за которой ведется по прибору поз.ТR-3. Охлаждение до этой температуры необходимо для того, что процессы сорбции (поглощения) влаги из воздуха наиболее полно проходят при данной температуре.

Речная вода после концевых холодильников поз.Т2/1-2 и теплообменника поз.Т4 сбрасывается в бак поз.40, а после межступенчатого холодильника поз.Т1/1,2 и компрессора поз.К1/1,2 - в лоток.

Затем от брызг и взвешенных частиц воды и масла сжатый воздух очищается во влагоотделителе поз.В05 и далее подается через трехходовые краны в один из масляных фильтров поз.МФ6/1-2, где очищается от паров масла.

В процессе работы в нижней части воздухоборника поз.В3, горизонтального теплообменника поз. Т4, влагоотделителя поз. В05, масляных фильтров поз. МФ6/1-2 скапливается влага. Для ее удаления периодически проводят продувки этих аппаратов, кратковременно открывая дренажные вентиля до появления шума выходящего воздуха.

Очищенный и частично осушенный воздух поступает через верхний распределитель воздуха в один из адсорберов поз.А7/1-2, в которых осушается до точки росы -40° С. Осушка происходит за счет поглощения

сухим адсорбентом влаги из подаваемого воздуха. В качестве адсорбента используется мелкозернистый гранулированный силикагель. Подача воздуха в ту или иную полость верхнего распределителя № 9, а из него в работающий адсорбер осуществляется дисковым затвором с пневмоприводом. Осушенный воздух выходит из работающего адсорбера через нижний распределитель воздуха № 12, затем через трехходовой воздушный запорный клапан № 13 поступает в фильтр пыли поз.ФП8. Через него же путем кратковременного переключения проводится сброс пыли из фильтра. В фильтре пыли воздух очищается от пыли адсорбента. Полученный воздух поступает в систему трубопроводов воздуха КИП и распределяется по корпусам цеха. Часть воздуха КИП поступает в шаровой газгольдер-накопитель поз.455 объемом 600 м³, который служит для запаса воздуха КИП на случай отключения компрессоров. Давление, поддерживаемое в этом газгольдере, "гасит" колебания давления сжатого воздуха во всей системе трубопроводов, которая соединяется с общезаводским коллектором воздуха КИП, подаваемого из цеха № 16.

Предусмотрена подача сжатого воздуха после теплообменников поз.Т2/1-2 в сеть технологического воздуха цеха.

Через 24 часа работы, работающий адсорбер отключается на регенерацию, а находящийся в резерве включается в работу. Включение и отключение адсорберов, а также их регенерация проходит автоматически с помощью станции управления "Ремиконт-130". Для регенерации часть воздуха в количестве 9 м³/мин отбирается после фильтра пыли поз.ФП8, проходит через тепловые электрические нагреватели (ТЭНы), где нагревается до температуры +200°С, контроль за которой осуществляется по прибору поз.TR-1 с регистрацией данных на щите контроля ЦПУ. Далее нагретый воздух поступает в регенерируемый адсорбер.

При наличии потока воздуха давление в трубопроводе перед ТЭНом должно быть 1,0-1,4 кгс/см², которое контролируется ЭКМ поз.PIS-3. Минимальное значение давления заблокировано с автоматическим

отключением ТЭНов. Нагретый воздух, проходя силикагель снизу-вверх, осушает его, при этом влага, поглощенная им при работе, испаряется и вместе с потоком воздуха сбрасывается в атмосферу. После нагрева верхних слоев адсорбента до 55°C, нагрев воздуха в ТЭНах прекращается и в нижние слои поступает холодный воздух. Контроль над температурой осуществляется по прибору поз. TR-2 с регистрацией данных на щите контроля ЦПУ. По мере продувки адсорбера холодным воздухом процесс регенерации заканчивается. Подача воздуха прекращается при температуре 50°C. При необходимости регенерацию можно провести в ручном режиме.

Давление в сети воздуха КИП поддерживается предохранительными клапанами, установленными после второй ступени компрессоров на выходе из концевого холодильника.

Общая выработка компрессорной станции в сжатом воздухе составляет 1440 м³/час.

2.4 Описание технологической схемы получения частично-обессоленной воды

2.4.1 Краткая характеристика, сырья, полупродуктов и готовой продукции

Сырье.

1. Осветленная вода, поступающая после механических фильтров предочистки корпуса 188.

Таблица 2.5 – Качество осветленной воды

Показатели	Значения
1	2
щелочность общая	0,7-1,0 мг-экв/дм ³
жесткость общая	не более 3,5 мг-экв/дм ³
солесодержание	не более 287 мг/дм ³

Продолжение таблицы 2.5

1	2
массовая концентрация кальция	не более 34,9 не более 34,9 мг/дм ³
массовая концентрация магния	не более 18,0 мг/дм ³
массовая концентрация натрия	не более 40,0 мг/дм ³
массовая концентрация бикарбонатов	не более 42,7 мг/дм ³
массовая концентрация сульфатов	не более 124,0 мг/дм ³
массовая концентрация хлоридов	не более 60,0 мг/дм ³
массовая концентрация кремниевой кислоты	не более 7,0 мг/дм ³
массовая концентрация железа	не более 0,3 мг/дм ³
окисляемость	30-50% от окисляемости исходной речной воды (не более 4,5 мг О ₂ /дм ³)
прозрачность	не менее 25 см
рН	10,2-10,4
температура	29-36 °С
взвешенные вещества	не более 2,0 мг/дм ³

Химическая формула H_2O . Простейшее химическое соединение водорода с кислородом. Прозрачная бесцветная жидкость. Пожаровзрывобезопасна, не токсична.

2. Техническая серная кислота - химическая формула H_2SO_4 марки "Б", содержание H_2SO_4 - 92,5-94,0%, ГОСТ 2184-77. Представляет собой маслянистую жидкость от бесцветного до светло-коричневого цвета, пожаробезопасна, токсична. С водой смешивается в любых отношениях с выделением большого количества тепла. При попадании на кожу вызывает тяжелые ожоги, особенно опасно попадание кислоты в глаза. Вдыхание паров серной кислоты приводит к раздражению верхних дыхательных путей и поражению легких, слизистых оболочек носа, глаз, вызывает кашель, чихание. При высоких концентрациях могут появиться кровавая мокрота, рвота, воспалительное заболевание легких и бронхов. ПДК паров серной кислоты - 1 мг/м^3 .
3. Едкий натр технический (щелочь) - химическая формула $NaOH$ марки "Б", содержание $NaOH$ не менее 42%, ГОСТ 2263-71. Представляет собой прозрачную или с небольшой мутностью жидкость, при температуре ниже $+6^\circ\text{C}$ происходит кристаллизация (замерзание) 42% раствора щелочи, пожаровзрывобезопасна, токсична. При попадании на кожу вызывает сильные ожоги. Действие раствора тем сильнее, чем он концентрированнее и чем выше его температура. При постоянной работе с раствором едкого натра могут возникнуть различные поражения кожи, экземы. Опасно попадание даже самых малых количеств щелочи в глаза, которое может привести к тяжелым заболеваниям глаз и даже потери зрения. ПДК аэрозоли едкого натра - $0,5 \text{ мг/м}^3$.

Полупродукты.

1. Катионит КУ-2-8 ГОСТ 20296-74, катионит С-600 или их аналоги - ионообменная смола для Н-катионитовых фильтров. Представляет собой полупрозрачные сферические зерна от белого до желтого цвета.

Сильнокислотный катионит обладает большой химической стойкостью к кислотам и щелочам, органическим растворителям и некоторым окислителям. Пожаровзрывобезопасен, не токсичен.

2. Анионит А-100 DL или его аналоги - низкоосновная ионообменная смола для анионитовых фильтров. Представляет собой сферические зерна белого цвета, обладает большой химической стойкостью к кислотам и щелочам. Пожаровзрывобезопасен, не токсичен.
3. Анионит А-600 DL или его аналоги - высокоосновная ионообменная смола для анионитовых фильтров. Представляет собой сферические зерна белого цвета, обладает большой химической стойкостью к кислотам и щелочам. Пожаровзрывобезопасен, не токсичен.
4. ИнертIF-62 сферические зерна белого цвета, обладает большой химической стойкостью к кислотам и щелочам. Пожаровзрывобезопасен, не токсичен.

Готовая продукция.

Частично-обессоленная вода представляет собой жидкость без цвета, запаха и вкуса. Пожаровзрывобезопасна, не токсична, химическая формула H_2O .

Таблица 2.6 – Качество частично-обессоленной воды

Показатели	Значения
жесткость общая	не более 0,005 мг-экв/дм ³
щелочность общая	не более 0,15 мг-экв/дм ³
массовая концентрация кремниевой кислоты	не более 0,15 мг/дм ³
массовая концентрация железа	не более 0,05 мг/дм ³
солесодержание	не более 3,0 мг/дм ³
удельная электропроводность при темп. 20°C	не более 5 мкСим/см
рН	6,0-8,0

2.4.2 Обессоливание воды

Обработка воды методом ионного обмена основана на способности некоторых практически нерастворимых в воде веществ, называемых ионитами (смолами), вступать в ионный обмен с растворимыми в воде солями, сорбируя из обрабатываемой воды ионы и отдавая в раствор эквивалентное количество других ионов, которыми ионит периодически насыщается при регенерации. Для этого обрабатываемая вода пропускается через фильтры, загруженные ионитами.

Ионит, отрегенированный раствором серной кислоты и способный обменивать ион H^+ на эквивалентное количество катионов обрабатываемой воды, называется катионитом, а процесс катионированием.

Ионит, отрегенированный раствором щелочи и способный обменивать ион OH^- на эквивалентное количество анионов обрабатываемой воды, называется анионитом, а процесс анионированием.

Установка работает по схеме частичного химического обессоливания, предусматривающая последовательную обработку осветленной воды на H -катионитовых и анионитовых фильтрах с декарбонизацией воды после H -катионитовых фильтров.

Катионирование и анионирование.

На остаточное содержание поглощаемых ионов в воде (фильтрате), на емкость поглощения значительнее влияние оказывают следующие факторы:

- температура исходной воды - чем она выше, тем выше емкость поглощения и лучше качество получаемой воды. Но повышение температуры ограничивается стойкостью ионитов и химзащитных материалов оборудования и трубопроводов. Температура не должна превышать 40-45° С;
- скорость фильтрования - чем она меньше (до определенного значения), тем меньше остаточное содержание ионов и выше емкость поглощения;
- отношение высоты фильтрующего слоя к диаметру фильтра (h/d).

С увеличением этого отношения при неизменной линейной скорости обрабатываемой воды увеличивается емкость поглощения, улучшается

качество получаемой воды. Высота слоя ограничивается конструктивными особенностями фильтра и потерей напора при фильтровании;

- диаметр зерен ионита, чем он меньше, тем больше обменная способность и скорость обмена, но и тем больше его сопротивление фильтрованию и возможность неравномерного прохода воды и растворов по сечению фильтра.

Взрыхление катионита.

Взрыхление катионита производится потоком воды снизу-вверх и его оседание в течение шести минут. Этот процесс проводят, для:

- удаления из катионита механических загрязнений, продуктов разрушения зерен катионита - мелочи;

- разрушения свищей и каналов, которые проделала вода в толще смолы, т.е. она становится однородной по своему составу, что обеспечивает равномерную обработку ее регенерационным раствором. Некачественное проведенное взрыхление может снизить полноту проведенной регенерации, что в конечном итоге приведет к снижению фильтроцикла. Контроль за качеством взрыхления ведется отбором проб на линии сброса взрыхляющей воды, в которой не должно быть рабочих зерен катионита.

Уплотнение ионита.

Уплотнение ионита производится кратковременной подачей большого потока воды снизу-вверх так, чтобы весь объем смолы одновременно поднять и прижать к инерту, расстояние между ними должно отсутствовать. Этот процесс проводят, для:

- исключения возможности неравномерного прохода регенерационного раствора по сечению фильтра между зерен ионита, вероятность этого тем выше, чем меньше диаметр зерен ионита. С другой стороны, чем меньше диаметр зерен ионита, тем легче уплотнить смолу. Некачественно проведенное уплотнение не допускается, т.к. не будет ионообмена между регенерационным раствором и ионитом и регенерация не пройдет;

- удаления продуктов разрушения зерен ионита – мелочи.

Регенерация ионита.

Восстановление работоспособности ионита производится пропуском регенерационного раствора через него. На качество регенерации значительное влияние оказывают следующие факторы:

- удельный расход и качество реагентов на регенерацию. С увеличением удельного расхода (до определенного значения, чтобы не было перерасхода) возрастает обменная емкость;
- скорость пропуска регенерационного раствора и его температура;
- направление потока регенерационного раствора (прямоточные и противоточные регенерации).

Отмывка ионита.

Отмывка ионита от избытка регенерационного раствора и продуктов регенерации производится в два этапа:

- первый этап по линии регенерации;
- второй этап доотмывка по линии работы.

Осветленная вода после механических фильтров поступает в бак поз.8, уровень в котором поддерживается автоматически контролером "JOKOGAWA" по заданному значению степени открытия клапана поз.ЛСУ-203, установленного на линии входа осветленной вода в бак, контролируется уровнемером поз.ЛІRCA-203 с регистрацией данных на щите контроля ЦПУ, с сигнализацией максимального и минимального его значения. Из бака поз.8 насосами поз.10/1-2 осветленная вода подается в коллектор и далее двумя параллельными потоками поступает на Н-катионитовые фильтры поз.11/1-6, которые состоят из двух корпусов и предназначены для поглощения из обрабатываемой воды катионов Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , с заменой поглощаемых катионов на эквивалентное количество обменных катионов H^+ , содержащихся в катионите. В фильтрах поз.11/2,4,5,6 первый корпус загружен сильнокислотным катионитом марки КУ-2-8 высота загрузки 1,7 м, второй корпус сильнокислотным катионитом марки С-600 объем загрузки 29,5 м³ и инертном марки ІF-62 объем загрузки 6,5 м³. В фильтрах поз.11/1,3

оба корпуса загружены сильнокислотным катионитом КУ-2-8 высота загрузки 1,7 м в каждом корпусе. Количество подаваемой осветленной воды на каждом фильтре замеряется ультразвуковым расходомером(УЗР), установленным на линии входа воды в фильтр, контролируется акустроном поз. FI-262/1-6 с индикацией данных на щите контроля ЦПУ.

По фронту каждого фильтра расположены трубопроводы и арматура, позволяющая производить переключения в соответствии с производственными операциями. На выходе из фильтров имеются пробоотборные точки для отбора проб воды или регенерационного раствора на анализ. На выходе из Н-катионитовых фильтров установлена смолловушка для улавливания смолы в случае ее выноса через нижнюю дренажную систему Предусмотрена подача осветленной воды на фильтры поз.11/1-6 по перемычке, минуя бак поз.8.

При прохождении осветленной воды через катионит происходят следующие процессы:

- распад бикарбонатов с выделением угольной кислоты;
- поглощение катионов Ca^{++} , Mg^+ , Na^+ с образованием минеральных кислот, содержание которых в Н-катионированной воде эквивалентно содержанию сульфатов, хлоридов, нитратов в обрабатываемой воде;
- образование слабой кремниевой кислоты при наличии растворенных силикатов в обрабатываемой воде.

Все эти процессы можно выразить следующими реакциями:





где, HR - работоспособный катионит и R - нерастворимая его часть, CaR₂, MgR₂, NaR истощенный катионит.

В фильтрате появляются минеральные кислоты (серная, соляная, угольная, кремниевая и др.), которые обуславливают кислотность H-катионированной воды. В процессе работы на H-катионитовых фильтрах поз.11/1-6 периодически ведется аналитический контроль за качеством фильтрата, который должен иметь следующие показатели:

- кислотность - не более 5,0 мг-экв/дм³;
- содержание натрия - не более 1,0 мг/дм³.

Процесс поглощения катионов зависит от их активности. Из-за различной активности катионов поглощение их катионитом происходит избирательно. Более активные к обмену катионы способны вытеснять из катионита менее активные. Для сильнокислотных катионитов справедлив так называемый ряд селективности поглощения, где по своей активности, способности вступать в обмен с катионитом, содержащиеся в воде катионы, располагаются в порядке убывания:



В данном ряду каждый предыдущий катион более активно поглощается, чем последующий. По мере истощения катионита катион Ca⁺⁺, содержащийся в обрабатываемой воде, способен вытеснять катион Na⁺, ранее поглощенный катионитом. Проскок катиона Na⁺ служит сигналом, что катионит истощается и при содержании его в фильтрате срабатываемого фильтра 1мг/дм³ и более или при снижении кислотности на 0,2-0,3 мг-экв/дм³ по сравнению с кислотностью фильтрата работающих фильтров, данный фильтр отключается на регенерацию и дальнейшая его работа не допускается.

В процессе работы фильтров поз.11/2,4,5,6, примерно в середине фильтроцикла, может произойти значительное снижение нагрузки на них по осветленной воде, т.к. катионит КУ-2-8 в первом корпусе уплотняется, сопротивление возрастает и как следствие снижается расход. В этом случае проводят промежуточное взрыхление первого корпуса, которое проводят так же как обычное взрыхление, но продолжительность его снижается до 60 минут, затем проводят отмывку катионита до регламентных показателей и далее оба корпуса фильтра включаются в работу.

После фильтров поз.11/1-б Н-катионированная вода поступает в декарбонизаторы поз.13/1-2, загруженные кольцами "Паля", для удаления свободной угольной кислоты, выделившийся при распаде бикарбонатов в процессе прохождения через Н-катионитовые фильтры. Растворимость газа в воде прямопропорциональна парциальному давлению над водой. Создавая над поверхностью воды возможно более низкое парциальное давление углекислоты, можно свести до минимума ее содержание в воде. Для этого воду продувают встречным потоком воздуха, подаваемого вентиляторами поз.58/1-3. Углекислоту удаляют для того, чтобы снизить коррозирующее действие на оборудование и уменьшить нагрузку по анионам на анионитовые фильтры, предназначенные для извлечения из воды кремниевой кислоты. При соприкосновении потока воздуха, подаваемого снизу, и потока воды, подаваемой сверху, углекислота переходит из воды в воздух и вместе с ним через брызгоотделитель поз.57/1-2, где освобождается от капель воды, выбрасывается в атмосферу. Из декарбонизатора вода с содержанием углекислоты не более 5,0 мг/дм³ самотёком поступает в баки поз. 14/1-2, уровень в которых замеряется уровнемером поз. LIRA-202/1-2, с регистрацией данных на щите контроля ЦПУ и сигнализацией максимального его значения.

Из баков поз. 14/1-2 насосами поз. 15/1-3 декарбонизованная вода подаётся на анионитовые фильтры поз. 17/1-6, каждый из которых загружен:

- низкоосновным анионитом марки А100-DL объём загрузки 17 м³;

- высокоосновным анионитом марки А600-DL объём загрузки 11 м³;
- инертном марки IF-62 объём загрузки 6,5 м³.

По фронту каждого фильтра расположены трубопроводы и арматура, позволяющая производить переключения в соответствии с производственными операциями. На выходе из фильтра имеется пробоотборная точка для отбора проб воды или регенерационного раствора на анализ.

Количество подаваемой воды на каждом фильтре измеряется диафрагмой, установленной на линии выхода из фильтра, контролируется расходомером поз.FR-266/1-6 с регистрацией данных на местном щите управления. Низкоосновный анионит, как более лёгкая смола, находится сверху и предназначен для поглощения анионов сильных минеральных кислот SO_4^{--} , NO_3^{--} , NO_2^{--} , Cl^- , присутствующих в Н-катионированной воде, с заменой поглощаемых анионов эквивалентным количеством обменных гидроксильных анионов OH^- , содержащихся в анионите, с образованием воды.

Низкоосновный анионит способен к реакциям обмена только в кислой среде. Процессы, протекающие при этом, можно выразить следующими реакциями:



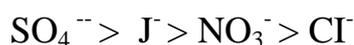
где, ROH - условное обозначение работоспособного анионита, RCl, R₂SO₄, RNO₃, RNO₂- истощенный анионит.

Анионы слабых кислот (угольной, кремниевой) слабоосновным анионитом практически не задерживаются.

Процесс поглощения анионов зависит от их активности. Из-за различной активности анионов поглощение их анионитом происходит избирательно. Более активные к обмену анионы способны вытеснять из

анионита менее активные. Для низкоосновных и высокоосновных анионитов существует для каждого свой ряд селективности поглощения, где по своей активности, способности вступать в обмен с анионитом, содержащиеся в воде анионы, располагаются в порядке убывания.

Для низкоосновных анионитов справедлив следующий ряд селективности:



В данном ряду каждый предыдущий анион способен вытеснить последующий и по мере истощения анионита анион SO_4^{2-} , содержащийся в обрабатываемой воде, способен вытеснить анион Cl^- , ранее поглощенный анионитом.

Высокоосновный анионит способен к реакциям обмена в любой среде, он поглощает из воды анионы как сильных, так и слабых кислот. На практике высокоосновный анионит применяется главным образом для поглощения анионов слабых кислот. Процессы, протекающие при этом, можно выразить следующими реакциями:



где RHC_3 , RHSiO_3 - истощенный анионит.

Для высокоосновного анионита ряд селективности выглядит следующим образом:



По мере истощения анионита анион HCO_3^- , содержащийся в обрабатываемой воде, способен вытеснить анион HSiO_3^- , ранее поглощенный анионитом. Проскок аниона HSiO_3^- служит сигналом, что анионит истощается и при содержании его в фильтрате $0,15 \text{ мг/дм}^3$ и более данный фильтр отключается на регенерацию и дальнейшая его работа не допускается. В процессе работы на анионитовых фильтрах периодически

ведется аналитический контроль за качеством фильтрата, который должен иметь следующие показатели:

щелочность общая - не более 0,15 мг-экв/дм³;

содержание кремниевой кислоты - не более 0,15 мг/дм³.

При проскоке катионов Na⁺ после Н-катионитовых фильтров больше установленной нормы резко повышается щелочность фильтрата после анионитовых фильтров вследствие следующих реакций:



Образующийся NaOH вызывает противоионный эффект, т.к. ионы OH⁻ способствуют регенерации и вытесняют ионы кремниевой кислоты, ранее поглощенные анионитом, в фильтрат.

Частично-обессоленная вода после анионитовых фильтров поз.17/1-6 двумя параллельными потоками поступает в баки поз.18/1-2, откуда насосами поз.19/1-3 подается потребителям. Уровень в баках поз. 18/1-2 контролируется по уровнемерам поз.LIRA-201/1-2 с регистрацией данных на щите контроля ЦПУ и сигнализацией максимального и минимального значения.

Количество подаваемой воды потребителям замеряется УЗР, установленным на этой линии, контролируется акустроном поз.FIR-267 с регистрацией данных на щите контроля ЦПУ.

Качество частично-обессоленной воды контролируется кондуктометром поз.KIRA-304 и pH-метром поз.pHIRA-209, установленных на линиях выхода из фильтров поз.17/1-6, с регистрацией данных на щите контроля ЦПУ и сигнализацией их максимальных значений и минимального значения pH.

2.4.3 Восстановление обменной емкости катионита в фильтрах поз.11/1-6

Взрыхление катионита в фильтрах поз.11/1-1,11/1-2, 11/2-1,11/3-1,11/3-2, 11/4-1,11/5-1,11/6-1.

Взрыхление катионита производится кислой водой повторного использования из баков поз. 43,47 насосом поз.45/1-2 сначала второго, затем первого корпуса (фильтры поз.11/1,3) с расходом 100 м³/час со сбросом в бак поз.77/1-2 или в канализацию и заканчивается при появлении на сбросе чистой воды без механических примесей. Время взрыхления для фильтров поз.11/1,3 (второй корпус - 30 минут, первый - 90 минут), для фильтров поз.11/2,4,5,6 (первый корпус - 120 минут). Количество воды, подаваемой на взрыхление, замеряется измерителем расхода ИР-6, установленного на нагнетании насосов, контролируется расходомером поз.FR-269 с регистрацией данных на щите контроля ЦПУ. Уровень в баках поз.43 и поз.47 контролируется уровнемерами поз.LRA-204 и поз. LRA-291 соответственно, с регистрацией данных на щите контроля ЦПУ и сигнализацией их минимальных и максимальных значений. Контроль за качеством взрыхления ведется отбором проб на сбросе взрыхляющей воды каждые 5-10 минут.

Уплотнение катионита в фильтрах поз.11/2-2,11/4 -2, 11/5-2,11/6-2.

Уплотнение производится декарбонизованной водой от нагнетания насосов поз.15/1-3 с расходом 360 м³/час и давлением не менее 0,82Мпа (8,2 кгс/см²). Давление, должно быть, отрегулировано до начала уплотнения. Продолжительность уплотнения 5 минут со сбросом в канализацию через бак компенсации стоков поз.42, который предназначен для того, чтобы канализационный колодец не переполнялся. Вода на уплотнение катионита подается двумя потоками, один через эжектор по линии регенерации, другой по линии взрыхления. Количество воды, подаваемой на уплотнение, контролируется по прибору поз.FIRA-271, а давление по прибору поз.PIRCA-270 с регистрацией данных на щите контроля ЦПУ. Контроль за качеством уплотнения ведется в смотровом окне.

Регенерация.

Регенерация катионита во всех фильтрах осуществляется путем пропуска последовательно вначале через второй, затем первый корпус раствора серной кислоты нарастающей концентрации: 1,0% раствор в течение 50 минут, 1,5% раствор в течение 25 минут и 3,0% раствор в течение 20 минут. В фильтрах поз.11/2,4,5, б регенерационный раствор во втором корпусе проходит через катионит снизу-вверх (противоточная регенерация), а в первом корпусе сверху вниз (прямоточная регенерация), при этом первые 15-25 минут однопроцентный раствор проходит только через второй корпус со сбросом стоков в канализацию (при pH равном 5,0 и выше). Затем при снижении pH сброс в канализацию прекращается, и регенерационный раствор переводят на первый корпус со сбросом отработанного раствора в бак кислых стоков поз.77/1-2.

Регенерационный раствор в фильтрах поз.11/1,3 проходит через катионит сверху вниз в обоих корпусах и сбрасывается в бак кислых стоков поз. 77/1-2 на протяжении всей регенерации. Общий расход серной кислоты на регенерацию на всех фильтрах должен быть не более 4,0 тонн.

Серная кислота с концентрацией не менее 92,5% из корпуса 185 поступает в баки-мерники хранения кислоты поз.50/1-2. Оба бака снабжены уровнемерами поз.LJRA-294/1-2 с регистрацией данных на щите контроля ЦПУ и сигнализацией максимального и минимального уровня. Приготовление регенерационного раствора серной кислоты производится в эжекторе поз.46 на декарбонизованной воде, подаваемой от нагнетания насосов поз.15/1-3 с расходом 135 м³/час и давлением не менее 0,7 МПа (7,0кгс/см²). Контроль за расходом воды на регенерацию ведется по прибору поз. FIRCA-271, а давление по прибору поз. PIRCA-270, с регистрацией данных на щите контроля ЦПУ.

Проходя сужающее устройство (сопло) эжектора, скорость воды увеличивается, и в месте выхода струи из сопла создается разрежение, в результате чего происходит поступление кислоты в эжектор из баков поз. 50/1,2. Давление регенерационного раствора кислоты после эжектора должно

быть 0,3-0,4 МПа (3,0-4,0 кгс/см²), которое измеряется манометром поз.РІ-218, а концентрация концентратомером поз.QI-301 на местном щите контроля.

Предусмотренная ступенчатая регенерация с постепенным повышением концентрации серной кислоты позволяет удалить большую часть катионов кальция первыми порциями слабоконцентрированного раствора и тем самым предотвратить выделение в фильтрат в больших количествах гипса CaSO₄, который при подаче более концентрированного раствора быстро "схватывается"(кристаллизуется), цементируя катионит, и может привести к полному выводу фильтра из работы.

Процесс регенерации Н-катионитовых фильтров может быть выражен следующими реакциями:



где, CaR₂, MgR₂, NaR - истощенный катионит, HR - работоспособный катионит.

Отмывка катионита.

Отмывка катионита от продуктов регенерации и избытка серной кислоты производится в два этапа:

Первый этап - является окончанием регенерации, происходит вытеснение регенерационного раствора со второго корпуса на первый при прекращении подачи серной кислоты в эжектор.

Вытеснение производится декарбонизованной водой по линии регенерации с расходом 135 м³/час, со сбросом отработанного раствора в бак сбора кислых стоков поз.77/1,2 в течение 30 минут;

Второй этап - отмывка по линии работы осветленной водой сначала первого, затем второго корпуса со сбросом отмывочной воды в бак повторного использования кислых стоков поз.43 или в бак сбора кислых стоков поз.77/1-2. Расход на отмывку для фильтров поз.11/2,4,5,6- 150 м³/час,

для фильтров поз. 11/1,3 - 120 м³/час. Отмывка первого корпуса заканчивается при кислотности фильтрата не более 4,0 мг-экв/дм³ после этого отмывку переводят на второй корпус и заканчивают при содержании натрия в фильтрате не более 1,0 мг/дм³, после чего фильтр включается в работу или отключается в резерв.

Для фильтров поз.11/2,4,5,6 во время отмывки первого корпуса во втором происходит оседание катионита, контроль за данным процессом ведется в смотровом окне.

2.4.4 Восстановление обменной емкости анионита в фильтрах поз.17/1-6

Уплотнение анионита.

Уплотнение производится частично-обессоленной водой от нагнетания насосов поз.15/1-3 с расходом 220 м³/час и давлением не менее 0,65 МПа(6,5 кгс/см²). Давление должно быть отрегулировано до начала уплотнения. Продолжительность уплотнения 5 минут со сбросом в канализацию. Количество воды, подаваемой на уплотнение, контролируется по прибору поз.FIRA-276, а давление по прибору поз.PIRA-220 с регистрацией данных на щите контроля ЦПУ. Контроль за качеством уплотнения ведется в смотровых окнах.

Регенерация анионита.

Регенерация анионита в фильтрах поз.17/1-6 осуществляется путем пропуска снизу-вверх 4% раствора щелочи в течение 40 минут со сбросом отработанного раствора в бак сбора щелочных стоков поз.79.

Общий расход щелочи на одну регенерацию не должен превышать 4,0 тонны.

Щелочь с концентрацией не менее 42% из корпуса 147 поступает в баки-мерники хранения щелочи поз.54/1-2. Оба бака снабжены уровнемерами поз.LJHA-295/1-2 с регистрацией данных на щите контроля ЦПУ и сигнализацией максимального и минимального уровня.

Приготовление 4% раствора щелочи производится в эжекторе поз.63 на частично-обессоленной воде, подаваемой от нагнетания насосов поз. 19/1-3 с расходом 85 м³/час и давлением не менее 0,6 МПа (6,0 кгс/см²). Контроль за расходом воды ведется по прибору поз.FIRA-276, а за давлением по прибору поз.PIRA-220, с регистрацией данных на местном щите контроля.

Проходя сужающее устройство(сопло) эжектора, скорость воды увеличивается и в месте выхода струи из сопла создается разрежение, в результате чего происходит поступление щелочи в эжектор из баков поз.54/1-2. Давление регенерационного раствора щелочи после эжектора должно быть 0,2-0,5 кгс/см², которое измеряется манометром поз.PX-221, установленным на этой линии. Контроль за концентрацией ведётся по прибору поз. QJ-302 на местном щите контроля.

Процесс регенерации можно выразить следующими уравнениями:

- для низкоосновного анионита:



- для высокоосновного анионита:



где RCl, R₂SO₄, RNO₃, RNO₂, RKSIO₃, RHCO₃ - истощенный анионит, ROH - условное обозначение работоспособного анионита.

Отмывка анионита.

Отмывка анионита от продуктов регенерации и избытка щелочи производится в два этапа:

- первый этап является окончанием регенерации, происходит вытеснение регенерационного раствора при прекращении подачи щелочи в эжектор. Вытеснение производится в течение 30 минут частично обессоленной водой по линии регенерации с расходом 85 м³/час со сбросом отработанного

раствора в бак щелочных стоков поз.79. Затем производится разделение смолы, для этого расход частично-обессоленной воды постепенно снижают до 18 м³/час;

- второй этап по линии работы декарбонизованной водой.

2.5 Прием и нейтрализация сточных вод

Нейтрализации подлежат различные виды стоков: кислые, щелочные, вода от пробоотборных точек фильтров, переливов баков, опорожнения трубопроводов, фильтров, емкостей. Кислые стоки, образующиеся при регенерации Н-катионитовых фильтров, из корпусов 188,189 поступают в бак сбора кислых стоков поз.77/1-2, сюда же подаются стоки из корпуса 189 от пробоотборных точек ионообменных фильтров, от освобождения трубопроводов и аппаратов, а также проливы узлов приема и хранения серной кислоты и щелочи. Оба бака снабжены уровнемерами поз.LRA-298/1-2 с регистрацией данных на щите контроля ЦПУ и сигнализацией максимального и минимального уровня.

Из баков кислые стоки насосами поз.78/1-3 подаются в нейтрализаторы поз.81/1-2 или поз.38 [10].

Щелочные стоки, образующиеся при регенерации анионитовых фильтров, из корпусов 188,189 поступают в бак сбора щелочных стоков лоз.79, который снабжен уровнемером поз.LRA.-299 с регистрацией данных на щите контроля ЦПУ и с сигнализацией максимального и минимального значения. Из бака щелочные стоки насосами поз.80/1-2 подаются в нейтрализаторы поз.81/1-2 или поз.38.

Стоки от пробоотборных точек ионообменных фильтров, от освобождения трубопроводов и аппаратов в фильтровального зала корпуса 188 собираются в два дренажных приемках поз.85/1-2, откуда насосами поз.84/1,3,4 подаются в нейтрализаторы поз.81/1-2. Автоматическое включение и отключение насосов поз.84/1,3,4 сблокировано с уровнемерами поз.LSA-207/1-2:

- при максимальном уровне насосы включаются;
- при минимальном уровне насосы отключаются.

Перемешивание всех поступающих стоков в нейтрализаторах поз.81/1-2 и поз.38 производится технологическим воздухом для более полного протекания реакции самонейтрализации. При смешивании кислых и щелочных стоков происходит частичная самонейтрализация по реакции:



При рН стоков в нейтрализаторах менее 6,5 туда подаются щелочные стоки, а при рН более 6,5 - кислые стоки. Для более полной нейтрализации стоков в нейтрализаторы поз.81/1-2 предусмотрена подача известкового молока насосом поз.25/4 с установки приготовления осветленной воды. В баке поз.38 производится только самонейтрализация стоков.

Нейтрализаторы поз. 81/1-2 и бак поз.25 снабжены уровнемерами и рН-метрами поз.LRA-293/1-2, поз.LRA-18, поз.pHRA-17/1-2, поз. pHRA -17/3 соответственно с регистрацией данных на щите контроля ЦПУ и сигнализацией их максимальных и минимальных значений.

После получения нейтральных стоков при рН—6,5-8,5 они самотеком поступают в канализацию № 6 с минеральными загрязнениями [58].

2.6 Недостаток в технологическом цикле химической водоочистки

При ознакомлении с циклом, обнаружился недостаток:

- Сернокислое железо (коагулянт), которое поступает в расходные емкости поз.27/1-4, является затратным по энергетическим, экологическим и экономическим показателям.

ГЛАВА 3. МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ В СУЩЕСТВУЮЩЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ЦИКЛЕЦЕХА №12 ХВО НА ОАО «ТОЛЬЯТТИАЗОТ»

3.1 Анализ коагулянтов

Коагуляция это процесс, с помощью которого коллоидные частицы дестабилизируются (т.е. природа коллоидных частиц изменяется таким образом, что они образуют хлопья). Дестабилизация достигается за счет добавления химических веществ (называемых коагулянтами) в воду. Различные химические вещества могут быть использованы в качестве коагулянтов [79].

Коагулянты представляют собой химические вещества, которые используются, для удаления цвета и мутности, присутствующей в необработанной, сырой воде. Они делают это путем формирования частиц и осаждаются в виде хлопьев, которые затем удаляются в последующих процессах осветления или обработки фильтрацией [74].

Коагулянты могут быть классифицированы как неорганические или органические. Неорганические коагулянты это химические вещества, обычно состоящие из алюминия или железа. Органические коагулянты состоят из комплекса хлорид полидиаллилдиметил аммония, катионных полимеров. Это специальные и дорогие химические вещества, которые иногда используются в установках прямой фильтрации в малых дозах, необходимых, чтобы их использование было экономичным. Тем не менее, они иногда могут быть использованы в комбинации с неорганическими типами, для экономии денег [74].

Виды коагулянтов:

1. Алюминийсодержащие коагулянты

В водоподготовке применяют следующие алюминийсодержащие коагулянты: сульфат алюминия, оксихлорид алюминия, алюминат натрия и, в гораздо меньшей степени, хлорид алюминия (табл. 3.1). Наиболее

распространенным коагулянтом, применяемым в водоочистке для обработки питьевых и промышленных вод, является сульфат алюминия [50].

Таблица 3.1 -Алюминийсодержащие коагулянты [50]

Коагулянт	Формула	Содержание, % по массе	
		Al ₂ O ₃	Нерастворимые примеси
Сульфат алюминия неочищенный	Al ₂ (SO ₄) ₃ ·18H ₂ O	>9	<30
Сульфат алюминия очищенный	Al ₂ (SO ₄) ₃ ·18H ₂ O	>13,5	<1
	Al ₂ (SO ₄) ₃ ·14H ₂ O	17-19	–
	Al ₂ (SO ₄) ₃ ·12H ₂ O	28,5	3,1
Оксихлорид алюминия	Al ₂ (OH) ₅ Cl·6H ₂ O	40-44	–
Алюминат натрия	NaAlO ₂	45-55	6-8

Сульфат алюминия.

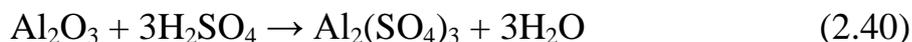
Сульфат алюминия Al₂(SO₄)₃·18H₂O – неочищенный технический продукт, представляющий собой куски серовато-зеленоватого цвета, получаемые путем обработки бокситов, нефелинов или глин серной кислотой. Он должен иметь не менее 9% Al₂O₃, что соответствует содержанию порядка 30% чистого сульфата алюминия. В нем также содержится около 30% нерастворимых примесей и до 35% воды.

Очищенный сульфат алюминия (ГОСТ 12966-85) получают в виде плит серовато-перламутрового цвета из неочищенного продукта или глинозема растворением в серной кислоте. Он должен иметь не менее 13,5% Al₂O₃, что соответствует содержанию 45% сульфата алюминия [50].

В России для обработки воды выпускается также 23-25% раствор сульфата алюминия. При его применении отпадает необходимость в

специальном оборудовании для растворения коагулянта, а также упрощаются и удешевляются погрузочно-разгрузочные работы и транспортирование.

Получение сульфата алюминия:

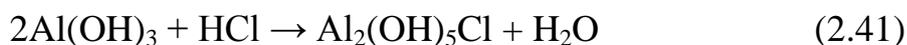


Оксихлорид алюминия.

ОХА известен под различными наименованиями: полиалюминий гидроксид, хлоргидроксид алюминия, основной хлорид алюминия и др. и имеет общую формулу $\text{Al}(\text{OH})_m\text{Cl}_{3n-m}$.

Принципиально отличается от обычных солей алюминия тем, что имеет так называемую поверхностную кислотную оболочку, что обеспечивает максимально высокую эффективность очистки воды от взвешенных веществ и металлов [50].

Полиоксихлорид алюминия получают при взаимодействии HCl с чистым алюминием:



Алюминат натрия.

NaAlO_2 представляет собой твердые куски белого цвета с перламутровым блеском на изломе, получаемые путем растворения гидроксида или оксида алюминия в растворе гидроксида натрия с последующей кристаллизацией алюмината натрия [50].

Хлористый алюминий.

AlCl_3 – белый кристаллический порошок. Хлористый алюминий применяется, главным образом, в качестве катализатора при крекинге нефтепродуктов, а также для ряда органических синтезов. Однако, в ряде случаев, используется как коагулянт [50].

2. Железосодержащие коагулянты

В водообработке применяют также железосодержащие коагулянты: хлорное железо, сульфаты железа (II) и железа (III), хлорированный железный купорос.

Таблица 1.2 - Железосодержащие коагулянты

Коагулянт	Формула	Содержание, вес. %	
		Fe ₂ O ₃	нерастворимых примесей
Хлорное железо	FeCl ₃ ·6H ₂ O	>95	-
Железный купорос	FeSO ₄ ·7H ₂ O	>47	<1
Хлорированный железный купорос	FeSO ₄ +FeCl ₃	-	-

Хлорид железа.

Хлорное железо FeCl₃ (ГОСТ 11159-86) представляет собой темные с металлическим блеском кристаллы, очень гигроскопичные, поэтому транспортируют его в железных герметичных бочках [50].

FeCl₃ обычно используется в качестве коагулянта. При добавлении к воде, ион осаждается в виде гидроксида железа (Fe(OH)₃) и выпадает в осадок с коллоидными частицами таким же образом, как гидроксид алюминия [80].

Способы получения:

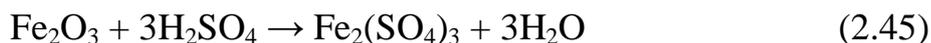


Железный купорос.

Сульфат закиси железа FeSO₄·7H₂O (железный купорос по ГОСТ 6981-85) представляет собой прозрачные зеленовато-голубые кристаллы, легко буреющие на воздухе в результате окисления железа (II).

Промышленность выпускает также и 30%-ный раствор сульфата железа (II), содержащий до 2% свободной серной кислоты. Транспортируют его в гуммированной таре [50].

Способы получения:



Хлорированный железный купорос.

$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{FeCl}_3$ получают непосредственно на водоочистных комплексах обработкой раствора железного купороса хлором [50].

3.2 Выбор коагулянта

При анализе коагулянтов, был выявлен наиболее экологически и экономически выгодный. Сравнительные характеристики старого и нового коагулянта представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Преимущества нового коагулянта

FeSO_4	$\text{Al}(\text{OH})_m\text{Cl}_{3n-m}$
1	2
Подогрев воды необходим для ускорения химического взаимодействия и кристаллизации	Более эффективен при низких температурах (менее 4°C)
Время коагуляции в 1,5 - 3,0 раза меньше при ПОХА, чем при FeSO_4	
В несколько раз меньше применяемая доза $\text{Al}(\text{OH})_m\text{Cl}_{3n-m}$, чем FeSO_4	
Обладает низким коэффициентом очистки воды	Фильтрованная вода имеет более низкие показатели цветности и мутности
pH = 10-10,4	Эффективен в более широком диапазоне pH(6-9), иногда – (5-10)

Продолжение таблицы 3.3

1	2
Требуется дополнительное подщелачивание $\text{Ca}(\text{OH})_2$	В меньшей степени снижает щелочность и показатель pH воды, что позволяет применять его для природных вод с низкой щелочностью без предварительного подщелачивания, экономя на щелочных агентах до 20 тонн ежемесячно
В обработанной воде увеличение содержания хлоридов (в зависимости от модуля основности ПОХА) в 2-8 раз меньше, чем сульфатов при использовании сернокислого железа	
Добавление сульфатов, приводит к повышению коррозионной активности воды	Снижается коррозионная активность воды
Привозят на установки автотранспортом в мешках весом 750-800 кг каждый, которые загружают с помощью кран-балки в расходные емкости, предварительно заполнив их на 60-70% речной водой и перемешивают	Поставка в готовом рабочем растворе, что позволяет отказаться от процесса растворения коагулянта, приводя к экономии электроэнергии на размешивание до 100 тыс. кВт/час ежегодно
Требуется склад для хранения, при добавлении к воде частицы рассеиваются, что плохо влияет на человека	Снижение трудоемкости и эксплуатационных затрат по хранению, приготовлению и дозированию реагента, улучшение условий труда
Образование большого объема вторичных отходов (шламов)	Снижается количество осадка

3.3 Биотестирование осветлённой воды с ОАО «ТольяттиАзот» цеха №12 ХВО по проросткам пшеницы по методике, представленной в «Эколого-аналитические методы исследования окружающей среды: Учебное пособие»

Оборудование и материалы:

- 23 семя пшеницы на каждую пробу;
- чашки Петри;
- фильтровальная бумага;
- пробы воды (дистиллированная, осветлённая);
- пинцет;
- мерный стакан;
- ножницы;
- линейка.

3.3.1 Приготовление испытуемой воды

Таблица 3.4 – Дозы испытуемой воды

Концентрация испытуемой воды	V испытуемой воды, мл	V дистиллированной воды, мл
100%	50	0
50%	25	25
25%	12,5	37,5
Контроль 1	0	50
Контроль 2	0	50

3.3.2 Метод полива семян тест-растений испытуемой водой

Семена раскладывались в чашки Петри, на дно которой был уложен слой фильтровальной бумаги. Увлажнили испытуемой водой до полной влагоёмкости. Избыток удалялся. Проращивание производилось при

температуре +23° С - +26° С, в течении 10 дней. Каждые 2-3 дня производился полив.

3.3.3 Сбор данных

На 11 день извлекли из чашек Петри фильтры с пшеницей, оценили внешний вид стебля и корневой системы, также убрали непророщенные семена, а затем отделили корневую систему вместе с фильтром. Семена со стеблями измерили линейкой, данные записали. Измерили и определили среднюю длину стебля. Данную манипуляцию провели со всеми испытуемыми объектами: 100%; 50%; 25%; контроль 1; контроль 2.

Полученные результаты представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Результаты опыта

Концентрация испытуемой воды	Кол-во проростков	Примечание	Средняя длина
100%	20 шт	Грибок, корни тонкие	13,625 см
50%	19 шт	Слабые корни	15,053 см
25%	23 шт	Корневая система удовлетворительная	17,413 см
Контроль 1	22 шт	Хорошая корневая система	17,952 см
Контроль 2	23 шт	Хорошая корневая система	18,805 см

Из данных таблицы 3.5 видно, наиболее токсична проба с 100% концентрацией.

3.4 Полиоксихлорид алюминия на рынке коагулянтов

Таблица 3.6 – Торговые марки ПОХА [15]

Фирма - производитель	Торговая марка	Al ₂ O ₃	Основность	SO ₄
		%		
1	2	3	4	5
Ноеchst	Locron L	22,1	89	0
ВодаЕвразии	БОПАК-Е	20,0	83	0
Полипром	ПОЛВАК-80	10,0	80	0
Soltech	Soltech НВ	10,5	73	1,6
Kemira	PAX-XL1	10	70	1
АУРАТ	АКВА- АУРАТ-10	10	70	0
Breustedt	PAC	12,1	69	0
Rhone-Poulenc	Agualenc	8,1	58	2,7
Atochem	WAC	9,9	55	2,6
Montedison	AlpoclarAB	9,9	54	2,7
Sachtleben	Sachtoklar	10	53	2,7
Sachtleben	PaperPacN	9,7	53	2,7
Caldic	PAC	9,7	52	2,6
Atochem	WAC	9,8	51	2,6
Veitsiluoto	Oulupac	17,4	48	0
Akzo	Redifloc	16,8	47	0
Atochem	PAC	17,3	45	0
АУРАТ	Аква-Аурат- 18	17,1	43	0
Kemira	PAX-18	17	40	0

Продолжение таблицы 3.6

1	2	3	4	5
Montedison	Alpoclar 200	17,2	40	1,2
Kemira	PAX-21	13,4	36	0
Hoechst	Povimal	12,5	34	0
Ekokemi	Ekoflock	10,1	29	0,8
Ekokemi	Ekoflock	9,8	28	1,2
Kemira	PAX-14	13,6	26	0

Таблица 3.7 – Российские производители ПОХА [15]

Предприятие	Город, регион	Сырье	Мощность, тыс. т/год	Содержание al ₂ o ₃ ,%
ОАО «АУРАТ»	Москва	Al(OH) ₃	75 20	Жидкий, 10 Сухой, 30
ОАО «Сорбент»	Пермь	Al	10 3	Жидкий, 10 Сухой, 45
ОАО «Капролактам»	Дзержинск, Нижегород- ская обл.	Al(OH) ₃ Al	10	Жидкий, 10
ОАО «Боксто-горский глинозем»	Бокстогорск, Ленинград- ская обл.	Al(OH) ₃	10	Жидкий, 10
ЗАО «Сибресурс»	Новосибирск	Al	10	Жидкий, 20
ЗАО «Реагенты водоканала»	Екатеринбург	Al	10	Жидкий, 20

Продолжение таблицы 3.7

1	2	3	4	5
ОАО «Даль-ОХА»	Хабаровск	Al	6	Жидкий, 20
ОАО «Галоген»	Пермь	Al	5	Жидкий, 15
ЗАО «Реагенты водоканала»	Азов, Ростовская обл.	Al	5	Жидкий, 20
МУП «Водоканал»	Новосибирск	Al	3	Жидкий, 20
ООО ПО «Спектр»	Волгоград	Al	3	Жидкий, 15
ОАО «Химпром»	Кемерово	Al(OH) ₃	3	Жидкий, 10
ЗАО «Северхим-пром»	Череповец, Вологодская обл.	Al(OH) ₃	3	Жидкий, 15
ОАО «Каустик»	Стерлитамак, Башкортостан	Al	1	Жидкий, 15

Свойства раствора оксихлорида алюминия, произведенного в соответствии с ТУ 216350-002-39928758-02, приведены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Оксихлорид алюминия ТУ 216350-002-39928758-02 [77]

Показатели	Значения
1	2
Основность	5/6
Массовая доля алюминия в пересчете на Al ₂ O ₃	(17,0-20,8) %
Массовая доля хлоридов	(6,2 ± 0,5) %
Удельная масса	(1,27 ± 0,03) кг/дм ³
рН	4,5 ± 0,5

Продолжение таблицы 3.8

1	2
Вязкость	30± 10 сПз
Молекулярная масса	174,5
Температура замерзания	минус 18°С (после размораживания не теряет коагуляционных свойств)

Свойства раствора оксихлорида алюминия, произведенного в соответствии с ТУ 2152-102-05757618-97, приведены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Оксихлорид алюминия ТУ 2152-102-05757618-97 [77]

Показатели	Значения
Внешний вид	Слабоокрашенная или бесцветная жидкость, допускается наличие легкой мути
Массовая доля алюминия в пересчете на Al ₂ O ₃	(17 ± 22) %
Атомное отношение Al/Cl	1,5-2,1
Плотность при 20°С	≥ 1,25 г/см ³
рН	≥ 3,5

Свойства раствора оксихлорида алюминия, произведенного в соответствии с ТУ 6-09-05-1456-96, приведены в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Оксихлорид алюминия ТУ 6-09-05-1456-96 [77]

Наименование показателя	Марка «А»
1	2
Массовая доля основного вещества в пересчете на Al ₂ O ₃	≥ 18,0 %
Массовая доля хлоридов в пересчете на хлор	≤ 18,0

Продолжение таблицы 3.10

1	2
Атомное отношение хлора к алюминию (Cl/Al)	$\leq 1,5$
pH	$4,0 \pm 0,5$

Внешний вид водного раствора оксихлорида алюминия— прозрачная бесцветная жидкость (допускаются серый или белый оттенок), срок хранения которой составляет 6 месяцев [77].

Свойства раствора оксихлорида алюминия, произведенного в соответствии с ТУ 2163-001-63114035-2009, приведены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Оксихлорид алюминия ТУ 2163-001-63114035-2009 [81]

п/п	Наименование показателя	Норма	
		Марка А	Марка Б
1	Массовая доля основного вещества в пересчете на Al_2O_3 , %	9-12	18-22
2	Атомное соотношение Al/Cl, в пределах	0,34-0,50	1,0-2,2
3	Массовая доля хлорид-ионов Cl ⁻ , %, не более	23	8
4	Массовая доля железа (Fe), %, не более	0,5	0,15
5	Массовая доля Pb, %, не более	0,01	0,01
6	Массовая доля мышьяка (As), %, не более	0,01	0,01
7	Массовая концентрация Hg, %, не более	0,0005	0,0005
8	Массовая доля Cd, %, не более	0,001	0,001
9	Массовая концентрация Ni, %, не более	0,02	0,02
10	Массовая концентрация Cr, %, не более	0,05	0,05
11	Содержание взвешенных веществ, %, не более	0,15	0,15
12	Плотность, г/см ³	1,200-1,300	1,240-1,300
13	pH, не менее	0,5	3,7

Внешний вид - жидкость от светло-серо-зеленоватого (марка Б) до желтого цвета (марка А). Оксихлорид алюминия упаковывают в пластиковые

еврокубы. Объем куба 1000 литров. Оксихлорид алюминия транспортируют всеми видами транспорта. Продукт хранят в закрытых емкостях, выполненных из коррозионно-стойких материалов, в складских помещениях.

Оксихлорид алюминия упаковывают в пластиковые еврокубы. Объем куба 1000 литров. Оксихлорид алюминия транспортируют всеми видами транспорта. Продукт хранят в закрытых емкостях, выполненных из коррозионно-стойких материалов, в складских помещениях. Гарантийный срок хранения товара 1 год со дня изготовления [81].

3.5 Хранение коагулянта

Для хранения коагулянта на территории завода, непосредственно вблизи цеха № 12 ХВО, была выбрана многоярусная ёмкость с характеристиками, представленными в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Технические характеристики [71]

Параметры	Значения
Объем	0,7 м ³
Масса	195 кг
Штабелирование	2-3 яруса
Сливной кран	G 3/4 « или G1» (Обозначение по ГОСТ 6357-81)

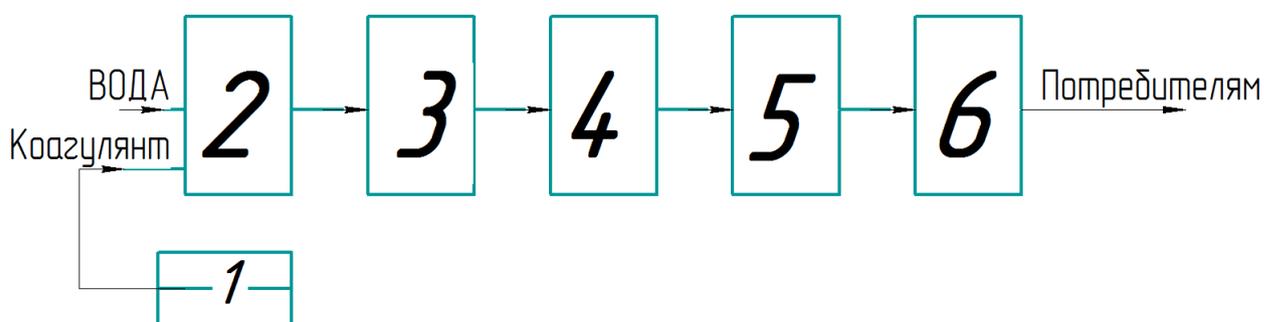
Задачи предлагаемой ёмкости:

- улучшение условий труда;
- снижение пожароопасности;
- снижение затрат на закупку, хранения и утилизацию жидких материалов;
- снижение затрат на утилизацию ТБО;
- повышение надежности и безопасности при транспортировании и хранении жидких материалов.

3.6 Экономические обоснования нового коагулянта

1. Не требуется подогрев речной воды, т.к. коагулянт более эффективен при низких температурах.
2. Время коагуляции в 1,5-3,0 раза меньше.
3. Для коагуляции требуется значительно меньше дозы коагулянта.
4. Не требуется подщелачивание, что экономит затраты на приобретение щелочных агентов до 20 тонн ежемесячно.
5. Поставляется в рабочем растворе, экономя энергию на перемешивания в среднем до 100 тыс. кВт/час ежегодно.

3.7 Технологическая схема с новым коагулянтом $Al(OH)_mCl_{3n-m}$



Где 1 – многоярусная ёмкость; 2 – осветлитель; 3 – механический фильтр; 4 – катионитовый фильтр; 5 – декарбонизатор; 6 – анионитовый фильтр.

Рисунок 1 – Схема Технологическая схема с $Al(OH)_mCl_{3n-m}$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённый сравнительный анализ методов очистки речной воды на примере цеха №12 ХВО на ОАО «ГольяптиАзот» показал недостатки технологического процесса на этапе физико-химического коагулирования, именно на этом этапе применяется малоэффективный коагулянт FeSO_4 , который требует энергоёмкие и затратные технологии его предварительной подготовки.

На основе сравнительного анализа и поиска существующих коагулянтов предложен в качестве более эффективного решения – коагулянт оксихлорид алюминия.

Разработана схема модернизации физико-химической очистки воды с применением нового коагулянта.

Сравнительный анализ модернизированной линии по сравнению с существующей показал ряд преимуществ: исключение из технологической линии 4 блоков подготовки коагулянта, более высокая эффективность коагулянта, следовательно, высокая эффективность коагуляции, меньшие затраты на эксплуатацию и обслуживания линии.

Для безопасного хранения и транспортировки коагулянта была выбрана многоярусная емкость, разработанная Н.С. Черновым. Благодаря которой снизится пожароопасность и повысится качество труда.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алексеев Л.С. Контроль качества воды: Учебник. 3-е изд., перераб и доп. / Л.С. Алексеев, М.: ИНФРА-М, 2004.
2. Алексеенко В.А. Жизнедеятельность и биосфера./ В.А. Алексеенко. -М.: Логос, 2005.
3. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: Учеб. для вузов. — 4-е изд., перераб. и доп. / И.И. Артоболевский — М.: Наука, 1988.
4. Бабенков Е.Д. Очистка воды коагулянтами. / Е.Д. Бабенков, Наука, 1977.
5. Багдасарян А.С. Эффективность использования тест-систем при оценке токсичности природных сред / А.С. Багдасарян // Экология и промышленность России. – 2007. – № 1
6. Баранов Д.А. Процессы и аппараты Д.А. Баранов, – М.: Академия, 2004.
7. Батова К.Э. Перспективы переработки и дальнейшего использования отходов лакокрасочных материалов / Научные перспективы 21 века. Достижения и перспективы нового столетия: ежемесеч. научн. журнал / К.Э. Батова, В.В. Заболотских, А.Е. Краснослободцева - Новосибирск, 2014.
8. Батова К.Э. Эколого-экономическое обоснование целесообразности применения отходов лакокрасочных материалов в строительной индустрии [Текст] // К. Э. Батова, В.В. Заболотских //Молодежь в науке: Новые аргументы: сб. перв. междунаро. молодеж. науч. конф. - Липецк,2015.
9. Биологические эффекты при воздействии поверхностно-активных веществ на организмы. М.: МАКС-Пресс. 2001. 344 с.
10. Биотестирование вод, загрязненных поверхностно-активными веществами // Известия Академии наук, сер. биологическая. 1992. № 3.

11. Бобылев С.Н. Экономика Природопользования / С.Н. Бобылев, А.Ш. Ходжаев – Москва, 2003, 171-173с.
12. Борщова О.О. Определение качества природных вод с помощью тест - организмов / О.О. Борщова // Современная биология: вопросы и ответы: Материалы 1 Международной научной конференции. – Санкт-Петербург, 2012.
13. Брок Т. Мембранная фильтрация / Т. Брок // пер. с англ. – М.: Мир, 1987.
14. Василенко Л.В. Методы очистки промышленных сточных вод / Л.В. Василенко, А.Ф. Никифоров, Т.В. Лобухина, Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. университет, 2009.
15. Волков О.И. Экономика предприятия: учебник / О.И. Волков, - М.: Инфра, 1997.
16. Воронов Ю.В. Водоотведение: учебник / Ю.В. Воронов, Е.В. Алексеев, В.П. Саломеев, Е.А. Пугачев, М.: ИНФРА-М, 2007.
17. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. / Н.И. Гельперин - М.: Химия, 1981.
18. Громогласов А.А. Водоподготовка. Процессы и аппараты / А.А. Громогласов, М.: Атомиздат, 1977.
19. Девярых Г.Г. Введение в теорию глубокой очистки веществ. / Г.Г. Девярых, Ю.Е. Еллиев— М.: Наука, 1981.
20. Девярых Г.Г. Глубокая очистка веществ. / Г.Г. Девярых, Ю.Е. Еллиев — М.: Высшая школа, 1990.
21. Добындо М.Н. Обеспечение экологической безопасности производства АО «АвтоВАЗ» / М.Н. Добындо, А.Я. Гильбух [и др].– Самара: Издательство «Учебная литература», 2002.
22. Драгинский В.Л. Коагуляция в технологии очистки природных вод / В.Л. Драгинский, Л.П. Алексеева, С.В. Гетманцев Москва 2005.
23. Духин С.С. Электрохимия мембран и обратный осмос / С.С. Духин, М.П. Сидорова, А.Э. Ярошук, Л.: Химия, 1991.

24. Дытнерский Ю.И. Обратный осмос и ультрафильтрация. / Ю.И. Дытнерский — М.: «Химия», 1978.
25. Евилевич А.З. Утилизация осадков сточных вод / А.З. Евилевич, М.: Стройиздат, 1979.
26. Жаров В.Т. Физико-химические основы дистилляции и ректификации. /В.Т. Жаров, Л.А.Серафимов— Л.: Химия, 1975.
27. Жмур Н.С. Государственный и производственный контроль токсичности методами биотестирования в России / Н.С. Жмур, М.: Международный дом сотрудничества, 1997.
28. Запольский А.К. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды. Свойства. Получение. Применение. / А.К. Запольский, А.А. Баран. – Л.: Химия, 1987.
29. Инженерно-экологический справочник / под ред. А.С. Тимонина. Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2003. Т.3. 1024 с.
30. Калашник О.Н. Очистка простых веществ дистилляцией с гидротермальным окислением примесей // Высокочистые вещества. / О.Н. Калашник, Л.А. Нисельсон Л.А., 1987.
31. Карюхина Т.А. Химия воды и микробиология / Т.А. Карюхина, – М.: Стройиздат, 1995.
32. Карюхина Т.А. Химия воды и микробиология / Т.А. Карюхина, И.Н. Чурбанова, 2-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1995.
33. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники / Н.В. Кельцев, – М.: Химия, 1984.
34. Когановский А.М. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении / А.М. Когановский, – М.: Химия, 1983.
35. Кравченко А.И. Дистилляция с вытягиванием дистиллята / А.И. Кравченко // Вопросы атомной науки и техники, 2008. — № 1 — Серия: «Вакуум, чистые материалы, сверхпроводники».

36. Кравченко А.И. Эффективность очистки в дистилляционном и кристаллизационном процессах // Неорганические материалы / А.И. Кравченко 2010. — Т. 46. — №1
37. Крайнюкова А.Н. Биотестирование в охране вод от загрязнения / А.Н. Крайнюкова // Методы биотестирования вод. — Черноголовка, 1988.
38. Курс физической химии / под ред. Я. И. Герасимова. — М. — Л., 1963—1966.
39. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю.Ю. Лурье, М.: Химия, 1984.
40. Луценко Г.Н. Физико-химическая очистка городских сточных вод / Г.Н. Луценко, А.И. Цветкова, И.Ш. Свердлов, М.: Стройиздат, 1984.
41. Манцев А.И. Очистка сточных вод флотацией / А.И. Манцев, — Киев: Будивельник, 1983.
42. Медведев В.Т. Инженерная экология/ В.Т. Медведев, М.: Гардарики, 2002. 687 с.
43. Мелвин-Хьюз Э. А. Физическая химия, пер. с англ., кн. 1—2. / Э.А. Мелвин-Хьюз — М., 1962.
44. Мисейко Г. Н., Безматерных Д. М., Тушкова Г. И. Биологический анализ качества пресных вод. / Г.Н. Мисейко, Д.М. Безматерных, Г.И. Тушкова — Барнаул: АлтГУ, 2001.
45. Мулдер М. Введение в мембранную технологию / М. Мулдер // пер с англ. Под ред. Ю.П. Ямпольского. — М.: Мир, 1999.
46. Никаноров А.М. Экология для студентов вузов и специалистов экологов/А.М. Никаноров, Т.А. Хоружая,- Экология. - М.: «издательство ПРИОР», 1999.
47. Николаева Л.А. Очистка сточных вод промышленных предприятий на основе биосорбционной технологии /Л.А. Николаева, Р.Я. Недзвецкая (Исхакова) // Теплоэнергетика. 2012. № 3.

48. Нисельсон Л.Я. Межфазовые коэффициенты распределения (Равновесия кристалл-жидкость и жидкость-пар). / Л.Я. Нисельсон, А.Г. Ярошевский — М.: Наука, 1992.
49. Новиков А.В. Улучшение качества природных и очистка сточных вод: учеб. пособие / А.В. Новиков, Ю.Н. Женихов, Тверь: Изд-во ТГТУ, 2006.
50. Обзор рынка неорганических коагулянтов в России и Казахстане. Инфолайн. 3 издание. Москва, апрель, 2015.
51. Опекунов А.Ю. Экологическое нормирование и оценка воздействия на окружающую среду / А.Ю. Опекунов, СПб.: Изд-во СПбГУ, 2006.
52. Орлов В.Ю. Проект: «Экологические образовательные ресурсы Ярославского региона» / В.Ю. Орлов, И.П. Комарова.
53. Пасынский А.Г. Коллоидная химия. / А.Г. Пасынский — 3 изд. — М., 1968.
54. Патент РФ 943129. Контейнер для транспортирования и хранения жидких материалов / Н.С. Чернов Б.И. 1982 №26
55. Перхуткина З.И. Справочник инженера по охране окружающей среды (эколога) учебно – практическое пособие / Овчарук Т.А., Недух Е.Н., Панюкова М.Л. Инфра - Инженерия Москва 2006, 167с.
56. Поташников Ю.М. Утилизация отходов производства и потребления / Ю.М. Поташников, Тверь: Издательство ТГТУ, 2004.
57. Рахлеева А.А. Методика определения токсичности отходов, почв, осадков сточных, поверхностных и грунтовых вод методом биотестирования с использованием равноресничных инфузорий *Parameciumcaudatum*Ehrenberg (ФР. 1.39.2006.02506) / А.А. Рахлеева, В.А. Терехова, М.: Изд-во Моск. Унта, 2006.
58. Регламент ОАО «Тольяттиазот» цеха №12 ХВО
59. Роев Г.А. Очистные сооружения / Г.А. Роев, Охрана окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Недра, 1993.

60. Рябчиков Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования / Очистка воды ионным обменом. Основные характеристики ионитов / Б.Е. Рябчиков. М.: ДеЛиПринт, 2004.
61. Сийрде Э.К. Дистилляция. / Э.К. Сийрде, Э.Н. Теаро, В.Я. Миккал-Л.: Химия, 1971.
62. Система Стандартов Безопасности Труда Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. ГОСТ 12.1.007-76
63. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды / А.Д. Смирнов, – Л.: Химия, 1982.
64. Терехова В.А. Биоиндикация и биотестирование в экологическом контроле Использование и охрана природных ресурсов в России / В.А. Терехова // Информационно - аналитический бюл. 2007. № 1 (91).
65. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник / А.С. Тимонин, – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2003.
66. Федорова А. Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учебное пособие для студ. высш. уч. заведений./ А.Н. Федорова, А.Н. Никольская. - М.:Гуманит. изд. центр Владос. 2001.
67. Филенко О.Ф. Область применения методов биотестирования / О.Ф. Филенко // Методы биотестирования качества водной среды. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989.
68. Хазимуллина Ю.З. Биологическая оценка вод, содержащих ионы тяжелых металлов / Ю.З. Хазимуллина // Материалы 16 международной экологической студенческой конференции — Новосибирск, 2011.
69. Ходаков Ю.В. § 15. Иониты // Неорганическая химия. / Д.А. Эпштейн, П.А. Глориозов — 7-е изд. — М.: Просвещение, 1976.
70. Цейтлин Г.М. Иониты // Книга для чтения по неорганической химии. Пособие для учащихся. Ч. II. / Г.М. Цейтлин — М.: Просвещение, 1975.

71. Чернов Н.С. Пути снижения экологической безопасности при транспортировании и хранении жидких материалов. Журнал «Экология и промышленность России», сентябрь, 2016.

72. Шагидуллин Р.Р. Оценка техногенной нагрузки сточных вод предприятий на Куйбышевское водохранилище / Р.Р. Шагидуллин, В.З. Латыпова, О.В. Никитин, О.Г. Яковлева // Георесурсы. – 2011. – № 2(38).

73. Юранец-Лужаева Р.Ч. Пространственная и временная изменчивость химического состава вод Куйбышевского водохранилища / Р.Ч. Юранец-Лужаева, О.Ю. Тарасов, Р.Р. Шагидуллин, А.С. Бодяжин // Георесурсы. – 2011. – № 5(41).

74. Peter Gebbie «An Operator's Guide To Water Treatment Coagulants», 31st Annual Qld Water Industry Workshop – Operations Skills University Central Queensland - Rockhampton 4 to 6 July, 2006.

75. [<http://www.toaz.ru/rus/about/production.phtml?prod=4>]

76. [<http://albamakina.ru/vodopodgotovka.htm>]

77. [<http://alfaaurat.ru/alyuminiya-oksikhlid/vodnyy-rastvor/>]

78. [<http://wwtec.ru/index.php?id=30>]

79. [<http://www.ewisa.co.za/eWISAWaterworks/misc/WaterTreatment/defaultcoagulation.htm>]

80. [<http://www.ewisa.co.za/eWISAWaterworks/misc/WaterTreatment/defaultcoagchem.htm>]

81. [<http://www.komen.ru/oksi.shtml>]