Региональная конференция по научно-техническому творчеству школьников «Лабиринты науки»

«Секция Экология»

«Исследование коагуляционной очистки воды»

Исследовательская работа

Малец Дарья Вячеславовна,
обучающаяся 10 класса,
Средней школы №58
г. Ярославля

Научные руководители:
Никитина Елена Леонидовна,
доцент кафедры Охраны труда и природы ЯГТУ
кандидат технических наук
Бузакина Татьяна Александровна,
учитель биологии Средней школы №58

г. Ярославль, 2023

Содержание

Введение……3

1. Литературный обзор.

Теоретические основы коагуляционной очистки воды……3-5

1.2 Использование неорганических коагулянтов в водоподготовке……..5-6

2 Объекты и методы исследования

2.1 Объекты исследования……..6

2.2 Методы исследования……6

2.2.1 Методика определения мутности воды…….6-7

2.2.2 Методика определения цветности воды……7

3 Результаты эксперимента и их обсуждение……8

3.1 Изучение процесса обезжелезивания вод……8-10

3.2 Исследование процесса коагуляции на модельных растворах……...10-11

4 Заключение……11

Список литературы……12

Приложение……13-14

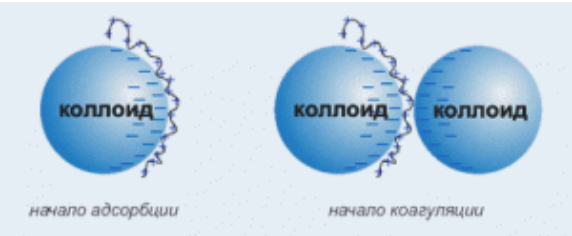
Введение

Из всех природных ресурсов, используемых человеком, вода не имеет себе равных по объемам потребления. Чем больше технический прогресс всех отраслей народного хозяйства, чем больше городское народонаселение, тем острее стоит вопрос обеспечения потребности в чистой воде. Одной из наиболее важных операций в современной технологии обработки воды является коагуляционная очистка. Коагуляция – метод очистки воды путем укрупнения загрязняющих дисперсных веществ для последующего удаления механическим методом, фильтрацией. Объединение загрязняющих частиц происходит благодаря введению коагулирующих реагентов, создающих условия для простейшего устранения связанных загрязнителей из очищаемой воды. Коагуляция играет важную роль в процессах водоочистки для удаления взвешенных коллоидных частиц, которые могут придавать питьевой воде неприятные вкус, цвет, запах или мутность[1]. Под действием коагулянтов очень маленькие, дисперсные коллоидные частички объединяются вместе в большие массы (хлопья), которые затем, можно удалить осаждением, флотацией и фильтрацией. Коллоидные частицы присутствуют практически в любой неочищенной воде. Они являются главной причиной неприятного вкуса, цвета, запаха и мутности питьевой воды.

1. Литературный обзор. Теоретические основы коагуляционной очистки воды

Коагуляция представляет собой комплекс химических и физических взаимодействий между отрицательно заряженными коллоидными частицами и катионами, т.е. положительно заряженными химическими реагентами[2]. Она использует различные силы отталкивания и притяжения, которые обеспечивают устойчивость или, наоборот, неустойчивость коллоидной взвеси, а именно: силы электростатического отталкивания, броуновское движение, силы притяжения Ван дер Ваальса, силы тяжести.

Коагуляция дестабилизирует коллоидную взвесь посредством двух различных механизмов: 1)Нейтрализация заряда, когда положительно заряженные коагулянты нейтрализуют отрицательный заряд, окружающий коллоидные частицы. Когда заряд вокруг каждой частицы нейтрализован, они постепенно сближаются, уменьшая свой эффективный радиус, становятся неустойчивыми и могут сталкиваться друг с другом. Энергия перемешивания, применяемая в процессе очистки, увеличивает количество и частоту этих столкновений частиц, усиливая агломерацию твердого вещества и способствуя образованию хлопьев. 2) Химическое связывание, когда образованию хлопьев способствует полимерная природа коагулянтов. Их длинные молекулярные цепочки подхватывают агломерированные частицы, образуют мостики от одной поверхности к другой, связывая вместе отдельные хлопья в крупные, легко удаляемые массы.



Из двух механизмов, участвующих в процессе коагуляции, нейтрализация заряда играет гораздо более важную роль, чем химическое связывание.
Принцип работы веществ построен на том, что их молекулярная форма имеет положительный заряд, в то время как большинство загрязнений – отрицательный. Присутствие двух отрицательных зарядов в строении атомов загрязненных частиц не позволяет им соединяться вместе. По этой причине грязная вода всегда приобретает мутность.

В момент внесения в жидкость небольшой порции коагулянта вещество начинает подтягивать к себе присутствующие в ней взвеси. Как результат: с увеличением интенсивности рассеиваемого света жидкость на короткий промежуток времени становится более мутной. Ведь одна молекула коагулянта с легкостью может притянуть к себе несколько молекул загрязнителя. Притянувшиеся молекулы загрязнителя начинают вступать с

коагулянтом в реакцию, вследствие которой объединяются в большие сложносоставные химические соединения[3,4].



Об эффективности действия препарата можно судить по образованию на дне осадка в виде хлопьевидных образований – флокул. Благодаря этому термин «флокуляция» нередко используют в качестве синонима понятия «коагуляция». Эффективность современного оборудования по нейтрализации примесей в сточных водах не способна достигнуть максимального уровня без задействования реагентов.

1.2 Использование неорганических коагулянтов в водоподготовке

Современные коагулянты позволяют существенно повысить интенсивность и качество процесса очистки сточных вод. Высокая стоимость реагентов окупается рядом преимуществ, которыми они обладают. Среди неоспоримых достоинств применения синтетических коагулянтов стоит выделить: эффективность; доступная стоимость; высокое качество очистки; универсальность применениях[5,6]. В ряде случаев коагуляция может осуществляться непосредственно в механической фильтрационной системе.

Наибольшее распространение в качестве коагулянтов получили соли поливалентных металлов, созданные на основе железа или алюминия[6.7].

Среди железосодержащих составов самыми популярными считаются:

- хлорное железо – гигроскопичные кристаллы, имеющие темный металлический блеск, отлично устраняют крупные частицы загрязнений и легко выводят запах сероводорода;
- сульфат железа – кристаллический гигроскопичный продукт хорошо растворяется в воде и эффективен при очистке канализационных стоков.

Рассмотрим, какие процессы протекают при добавлении в коллоидный раствор сульфата железа (III)[8]. Этот коагулянт в водном растворе диссоциирует на ионы железа [Fe^{3+}] и сульфат-ион [SO_4^{2-}]:

$Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow 2\ Fe^{3+} + 3\ SO_4^{2-}$

Далее происходит многоступенчатый гидролиз, описываемый следующими уравнениями:

$Fe^{3+} + H_2O \leftrightarrow Fe(OH)^{2+} + H^+$

$Fe(OH)^{2+} + H_2O \leftrightarrow Fe(OH)_2^+ + H^+$

$Fe(OH)_2^+ + H_2O \leftrightarrow Fe(OH)_3\downarrow + H^+$

Суммарное уравнение гидролиза:

$Fe^{3+} + 3H_2O \leftrightarrow Fe(OH)_3\downarrow + 3H^+$

Целью данной работы является оценка работоспособности коагулянта, полученного из осадка промывных вод станций обезжелезивания.

Задачи исследования: изучить технологическую схему образования осадка промывных вод станций обезжелезивания, определить показатели цветности и мутности воды для оценки коагуляционной способности, оценить показатели эффективности очистки воды на природном водоеме.

2. Объекты и методы исследования

2.1 Объекты исследования

Объектом исследования был осадок промывных вод станций обезжелезивания, содержащий оксиды железа (до 90%). Размер частиц осадка составляет от 0,02-0,035мкм. Высокое содержание соединений железа и дисперсная структура осадка позволяют рассматривать данный отход в качестве сырья в водоподготовке.

2.2 Методы исследования

2.2.1 Методика определения мутности воды

В мерную колбу вместимостью 500 $см^3$ помещают 50 $см^3$ тщательно перемешанной основной суспензии каолина и разбавляют дистиллированной водой дометки. Для приготовления стандартных суспензий коалина в мерные колбы вместимостью 100 $см^3$ помещают 2,5; 5,0; 10,0; 20,0 $см^3$

предварительно тщательно перемешанной основной суспензии и доводят до метки дистиллированной водой. Затем проводят определение оптической плотности этих суспензий. В кювету с толщиной слоя 30 мм вносят тщательно перемешанную стандартную суспензию с известной концентрацией и измерят оптическую плотность в зеленой области спектра (λ=530 нм) по отношению к дистиллированной воде. (Рис.1)

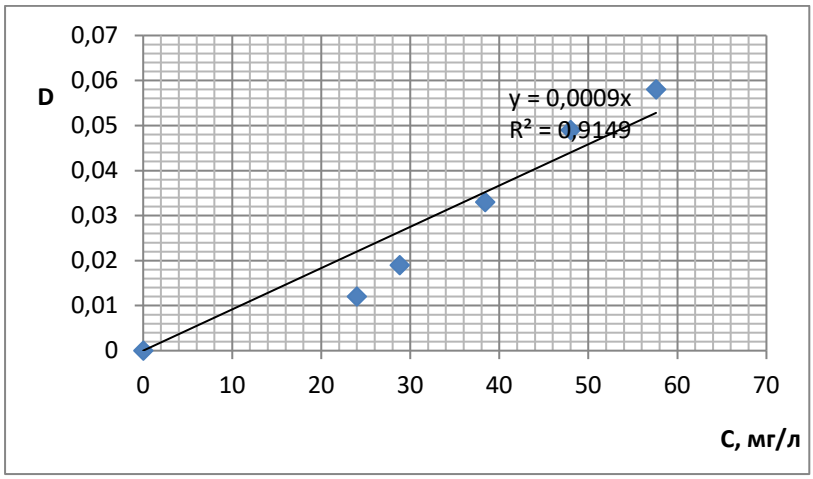


Рисунок 1 - Калибровочный график определения мутности воды

2.1 Методика определения цветности воды

Растворы шкалы цветности, приготовленные по ГОСТ51642-2000 на основе гумата натрия последовательно помещают в кювету с толщиной оптического слоя 3 см и фотометрируют с синим светофильтром (413 нм) по отношению к дистиллированной воде. По полученным результатам строят градуировочный график в координатах «оптическая плотность – цветность»(Рис2.).

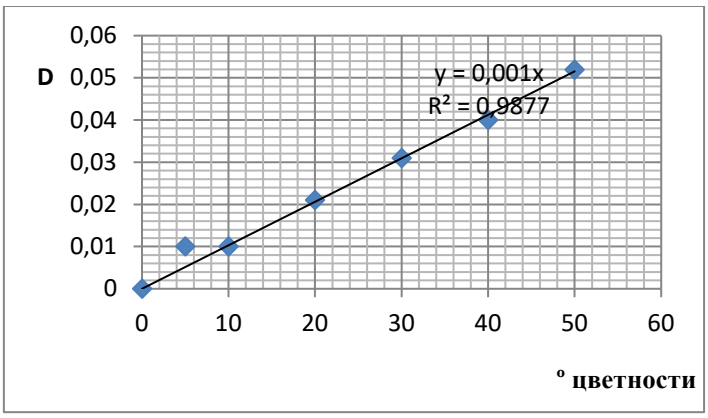


Рис.2 Калибровочный график по определению цветности

3. Результаты эксперимента и их обсуждение.

3.1 Изучение процесса обезжелезивания вод

Особенности состава подземных вод объясняются условиями их формирования. Когда грунтовые воды вступают в контакт с окружающими породами, химические элементы, из которых состоят эти породы, попадают в воду. В ходе обезжелезивания (дефферритизации) подземных вод образуется осадок, обладающий специфическими свойствами и нередко являющихся источником загрязнения окружающей среды. До недавнего времени обработке железосодержащего осадка и его безопасной утилизации не уделялось достаточного внимания. В то же время своевременная и главное эффективная обработка осадка железосодержащих подземных вод, образующегося в ходе водоподготовки, является актуальной природоохранной и хозяйственно-технической проблемой. Сущность процессов обезжелезивания воды заключается в коагулировании коллоидных или тонкодисперсных взвешенных частиц гидроксида железа и в последующем их удалении аналогично обычным процессам осветления воды [3,4]. Для этих целей обычно проводят окисление двухвалентного железа, т. е. переводят его в трехвалентное состояние. Окисление железа достигается в результате применения реагентной или безреагентной технологии водоподготовки. Обезжелезивание поверхностных вод можно осуществлять лишь реагентными методами, а для удаления железа из подземных вод наибольшее распространение получили безреагентные методы.

Концентрации железа в подземных водах составляют от 1 до 30 мг/л и более. Двух- и трехвалентное железо, содержащиеся в воде, организмом не усваивается и является для него токсичным загрязнением, оказывающим раздражающее действие на слизистые и кожу, вызывающим гемохроматоз и аллергию. Метод окисления железа путем упрощенной аэрации основан на способности воды, содержащей двухвалентное железо и растворенный кислород, при фильтровании через зернистый слой выделять железо на поверхности зерен, образуя каталитическую пленку из ионов и оксидов двух

и трехвалентного железа. Эта пленка, активно интенсифицирует процесс окисления и выделения железа из воды.

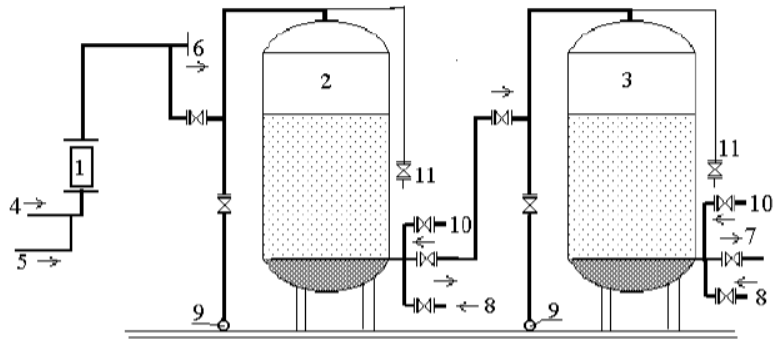


Рис. 3. Принципиальная схема обезжелезивания воды фильтрованием в двух ступенях напорных фильтров: 1 - смеситель воды и воздуха; 2 - фильтр первой ступени; 3 – фильтры второй ступени; 4 - подача воды от водозабора; 5 – сжатый воздух от ресивера; 6 - поток воды на параллельные фильтры; 7- очищенная вода; 8 - подача воды на промывку фильтра; 9 - отвод промывных вод; 10 - воздух; 11 - воздушная трубка

После образования мономолекулярного слоя процесс выделения соединений железа на зернах песка не прекращается, а наоборот, усиливается, вследствие того, что образовавшийся монослой химически более активен, чем чистая поверхность загрузки (песка). Адсорбционные свойства пленки из соединений железа на зернах фильтрующей загрузки, высокая ее удельная поверхность и наличие большого количества связанной воды позволяют сделать вывод, что пленка представляет собой очень сильный адсорбент губчатой структуры. Одновременно, пленка является катализатором окисления поступающего в загрузку железа (II). В связи с этим эффект очистки воды зернистым слоем несравненно выше, чем это могло бы быть в гомогенном слое. Обезжелезивание воды в загрузке, покрытой пленкой, является гетерогенным автокаталитическим процессом, в результате чего обеспечивается непрерывное обновление пленки как катализатора непосредственно при работе фильтра.

При производительности до 5000 м3/сут часто применяют обезжелезивание воды в напорных фильтрах заводского изготовления. С этой целью используют механические фильтры. При применении этого метода

очистки вода аэрируется в напорном смесителе в трубопровод перед которым подается воздух от компрессора. Рекомендуемый расход воздуха для окисления железа составляет 2 $дм^3$ на 1 г железа. Воздух подается от компрессора через ресивер с давлением на 10 - 15 % превышающем давление подаваемой воды. В напорных фильтрах, по сравнению с открытыми, обеспечивается более высокая степень очистки воды от железа.

3.2 Исследование процесса коагуляции на модельных растворах

Большинство существующих промышленных технологий получения коагулянтов являются энергоемкими и ориентированы на традиционную сырьевую базу. В промышленности имеются огромные запасы трудноутилизируемых железосодержащих отходов , которые не безопасны для здоровья и окружающей среды. Использованы железосодержащие отходы, образующиеся на стадии обезжелезивания воды при водоподготовке. Технология получения железосодержащих коагулянтов состояла во взаимодействии железосодержащих компонентов с серной кислотой при нагревании. В качестве объекта исследования был отход обезжелезивания, содержащий в сухом веществе, % : оксид железа(+3) 90-95, оксиды кремния и алюминия 5-10. Оценка работоспособности коагулянтов проводилась по отношению к промышленному коагулянту $Fe_2(SO_4)_3$*9H2O по ГОСТ 51642-2000. Исследованы зависимости цветности и мутности воды от дозы коагулянта. Установлено, что коагулянт, полученный из осадков водного обезжелезивания (дозировкой 0,5г/дм3), обладает высокими показателями эффективности очистки, времени отстаивания по сравнению с традиционно используемым коагулянтом на основе железа. Соли железа обладают лучшими коагулирующими свойствами в интервале pH 3,5-11. Железосодержащие коагулянты (в отличие от алюминиевых) не чувствительны к перепадам температуры, к изменению pH, поэтому их можно использовать с водами самого разного состава. Кроме того, благодаря более высокой плотности железосодержащих коагулянтов по сравнению с коагулянтами на основе алюминия процесс осаждения железосодержащими

коагулянтами протекает быстрее (рис. 4-7).Эффективность работы коагулянта, полученного из отхода обезжелезивания также исследовалась на природной воде водоема. Установлено, что коагулянт на основе осадка обезжелезивания обеспечивает высокую степень очистки (98%) по сравнению с традиционноиспользуемым коагулянтом на основе железа (85%).

4 Заключение

1.Исследованы зависимости цветности и мутности воды от дозы коагулянта. Установлено, что коагулянт, полученный из осадков водного обезжелезивания (дозировкой 0,5г/дм3), обладает высокими показателями эффективности очистки, времени отстаивания по сравнению с традиционно используемым коагулянтом на основе железа.

2. Установлено, что коагулянт на основе осадка обезжелезивания обеспечивает высокую степень очистки (98%) по сравнению с традиционноиспользуемым коагулянтом на основе железа (85%).

Список литературы

1. Драгинский, В.Л. Коагуляция в технологии очистки природных вод /В. Л. Драгинский, Л. П. Алексеева, С. В. Гетманцев. – М., 2005

2 Чалый, В. П. Гидроокиси металлов / В.П. Чалый - Киев, «Наукова думка», 1972

3. Кургаев, Е. Ф. Основы теории и расчета осветлителей / Е.Ф. Кургаев

- М., Стройиздат, 1962

Клячко, В.А. Очистка природных вод / В.А. Клячко, И.Э. Апвалицин - М., Стройиздат, 1971

4. Мошинский, А. С. ЖПХ / А.СС Мошинский, В.П. Чибизов - 48, 2186 (1975).

5. Ашанин, В. А. Водоснабжение и санитарная техника / В.А. Ашанин, Б.Н. Голубков - № 3, 4 (1968).

6. Гончарук, В. В. Современное состояние проблемы обеззараживания воды / В.В. Гончарук, Н.Г. Потапенко - Химия и технология воды. Т. 20 №2. 1998

7. Мясников, И. Н. Исследование процессов коагуляции и обеззараживание при очиске воды поверхностных источников / И.Н. Мясников, Потанина В. А., Жолдакова З. И. // Водоснабжение и санитарная техника. 2003 №9.

8. Долгоносов, Б. М. Барьерная роль водопроводных станций в условиях повышенного загрязнения водоисточников // Сантехника. 2004 №5.

Приложение

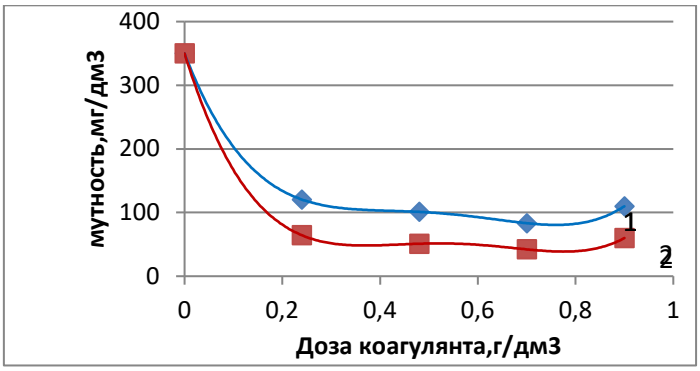


Рис.4. Зависимость мутности воды от дозы коагулянта, полученного из: 1-промышленного коагулянта.2- отхода обезжелезивания

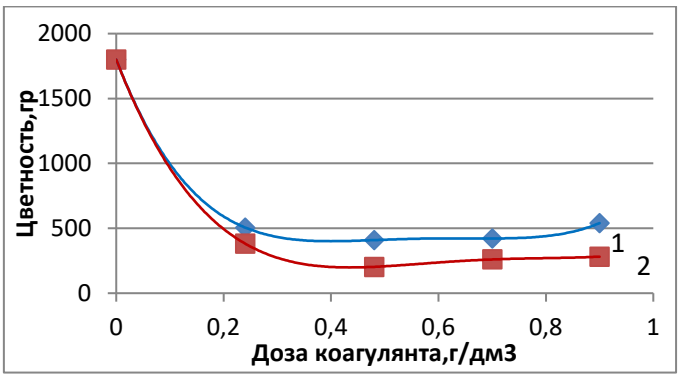


Рис.5. Зависимость цветности воды от дозы коагулянта, полученного из: 1-промышленного коагулянта.2- отхода обезжелезивания

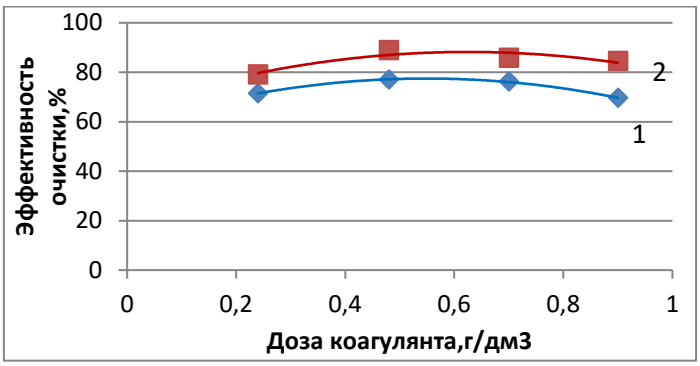


Рис.6. Зависимость эффективности очистки по цветности воды от дозы коагулянта, полученного из: 1-промышленного коагулянта.2- отхода обезжелезивания

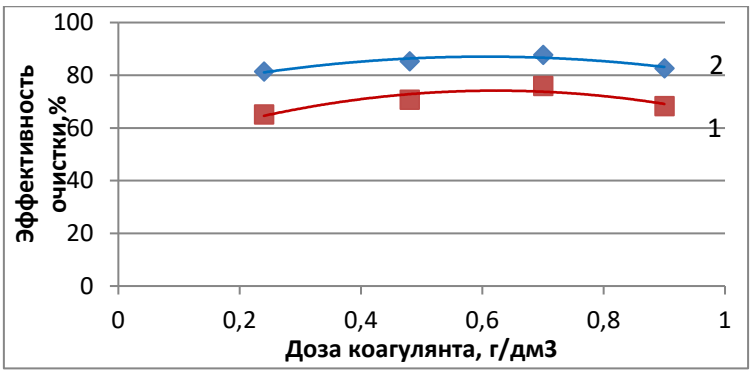


Рис.7. Зависимость эффективности очистки по мутности воды от дозы коагулянта, полученного из: 1-промышленного коагулянта.2- отхода обезжелезивания