**XXI Российская научная конференция школьников «Открытие»**

**Исследовательское направление – Промышленная экология**

**Исследование эффективности очистки сточных вод от взвешенных частиц**

**Исследовательская работа**

Выполнил ученик 11 класса

Средней школы

«Провинциальный колледж»  
**Теплов Тимофей Максимович**

Научный руководитель −  
к. т. н., доцент кафедры

«Охрана труда и природы» ЯГТУ

**Никитина Е. Л.**

к. т. н., доцент кафедры

«Охрана труда и природы» ЯГТУ

**Калаева С. З.**

**Ярославль, 2018**

# 

# Оглавление

[Оглавление 2](#_Toc506238615)

[Введение 2](#_Toc506238616)

[1. Исследование очистки сточных вод методами коагуляции, флокуляции 3](#_Toc506238617)

[2. Объекты и методы исследования 5](#_Toc506238618)

[2.1. Методы исследования 6](#_Toc506238619)

[2.2. Результаты эксперимента и их обсуждение 6](#_Toc506238620)

[Заключение 10](#_Toc506238621)

[Список литературы 10](#_Toc506238622)

# Введение

Загрязнение природных вод - основных источников водоснабжения населения - приобрело за последние годы угрожающие размеры. Это особенно относится к стокам промышленных, фармацевтических и химических производств при попадании их в подземные и поверхностные воды. Применяемые в настоящее время коагулянты в технологии водоподготовки не в полной мере способны глубоко очищать воду, поэтому предварительная очистка природных и сточных вод приобретает более актуальное значение.

Сточные воды многих химических производств представляют устойчивые эмульсии и суспензии, содержащие мелкодисперсные частицы с размером 0,1-10 мкм и более, а также коллоидные частицы. Для очистки сточных вод от мелкодисперсных и коллоидных частиц используют методы коагуляции и флокуляции, обуславливающие слипание частиц с образованием крупных агрегатов, которые удаляются из воды механическими методами.

Коагуляция - слипание частиц коллоидной системы при их столкновении в процессе теплового движения, перемешивания или введении специальных веществ. В результате коагуляции образуются агрегаты - более крупные частицы, состоящие из скопления мелких. Коагуляция сопровождается прогрессирующим укрупнением частиц и уменьшением их общего числа в объеме дисперсионной среды. Эффективность коагуляционной очистки зависит от вида коллоидных частиц, их концентрации, степени дисперсности, наличия в сточных водах электролитов и других примесей, величины электрокинетического потенциала. При использовании в качестве коагулянтов солей алюминия и железа в результате реакции гидролиза образуются малорастворимые в воде гидроксиды железа и алюминия, которые сорбируют на развитой поверхности взвешенные вещества и при благоприятных условиях оседают на дно, образуя осадок.

# Исследование очистки сточных вод методами коагуляции, флокуляции

Коагулирующее действие есть результат гидролиза, который происходит вслед за растворением. Силы взаимного притяжения между коллоидными частицами начинают преобладать над электрическими силами отталкивания при ζ- потенциале системы менее 0,03 В. При ζ-=0В, коагуляция происходит с максимальной интенсивностью, состояние коллоидной системы в этом случае называется изоэлектрическим, а величина рН называется изоэлектрической точкой системы.

В действительности процесс гидролиза значительно сложнее. Ион металла образует ряд промежуточных соединений в результате реакций с гидроксид-ионами и полимеризации. Образующиеся соединения имеют положительный заряд и легко адсорбируются отрицательно заряженными коллоидными частицами. Одним из методов снижения ζ-потенциала коллоидной системы является увеличение концентрации электролитов в сточной воде. Способность электролита вызывать коагуляцию коллоидной системы возрастает с увеличением валентности коагулирующего иона, обладающего зарядом противоположным по знаку заряду коллоидных частиц. Соотношение коагулирующей способности 1,2, и 3-валентных ионов приблизительно 1:30:1000. чем выше валентность, тем более эффективно коагулирующее действие. При коагуляции хлопья образуются сначала за счет взвешенных частиц и коагулянта или только коагулянта. Образовавшиеся хлопья коагулянта сорбируют вещества, загрязняющие сточные воды, и, осаждаясь вместе с ними, очищают воду. Основным процессом очистки производственных сточных вод является гетерокоагуляция - взаимодействие коллоидных и мелкодисперсных частиц с агрегатами, образующимися при введении в сточную воду коагулянтов. В целях уменьшения расходов коагулянтов процесс коагуляции следует осуществлять в диапазоне оптимальных величин рН.

Оксихлорид алюминия (ОХА) - частично гидролизованный хлорид алюминия, попадая в воду, подвергается гидролизу по катиону

Al2(OH)3Cl++H2O= 2Al(OH)3+HCl

[Al2(OH)3]++H2O= 2Al(OH)3+H+

На 2 стадии процесса коагуляции основная роль отводится процессу адсорбции на коллоидных частицах гидроксидов алюминия. 3-ья стадия коагуляции происходит в результате столкновения молекул гидроксидов алюминия между собой, коллоидных частиц примесей воды и результирующего укрупнения образовавшихся хлопьев за счет соединения их друг с другом. Преимуществом использования оксихлорида алюминия является стабильность процесса коагуляции, в том числе при низких температурах воды, не нужно подщелачивать для снижения концентрации ионов водорода, при введении в воду практически не снижает щелочность и рН обрабатываемой воды, что способствует уменьшению скорости коррозии металлов в системах водоснабжения и теплоснабжения, за счет исключения образования агрессивной углекислоты.

Флокулянты-реагенты, способствующие коагуляции. Флокулянты имеют большую молекулярную массу, адсорбируют дестабилизированные частицы и объединяют их вдоль полимерной цепи. В результате на этапе флокуляции происходит образование более крупных хлопьев, что приводит к уплотнению осадка. Механизм действия полиакриламида заключается в адсорбции его ионогенными группами образующихся при коагуляции микрочастиц. Анионные марки флокулянтов являются сополимерами акриламида, придающие полимерам в водном растворе отрицательные заряды и тем самым анионный характер: за счет чего происходит диссоциация по основному типу, при диссоциации акрилата образуется частица с отрицательным зарядом. Анионные флокулянты особенно эффективны при обработке дисперсных систем с отрицательно заряженными коллоидными частицами. Большинство органических коллоидов имеют отрицательный заряд. Катионные флокулянты- используют для обработки дисперсных систем с положительным зарядом. Неорганические коллоиды, как правило, имеют положительный заряд. Механизм действия катионных и анионных флокулянтов заключается в фиксировании дестабилизированных частиц (заряженных) и объединении их вдоль полимерной цепи. При введении флокулянта в сточные воды резко ускоряется процесс образования и осаждения хлопьев при коагуляции, увеличивается плотность агрегатов и осадка, расширяется диапазон рН эффективного действия коагулянтов. Флокулянты бывают неорганическими и органическими, природными и синтетическими, ионогенными и амфотерными. Неорганические флокулянты - активная кремниевая кислота, крахмал, карбоксиметил целлюлоза. Синтетические представляют собой органические водорастворимые высокомолекулярные соединения с молекулярной массой от 10000-1000000. Универсальным флокулянтом является нейтральный флокулянт полиакриламид. Доза 0,1% раствора ПАА составляет 0,51-5 мг/100г взвешенных веществ.

# 2. Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлись сточные воды предприятия ООО Сокол–Яр. ООО Сокол–Яр входит в группу международной компании Impress, которая занимается производством декоративной бумаги для мебельной промышленности.

# 2.1. Методы исследования

Для построения калибровочной зависимости отбирали порции сточной воды с исходной концентрацией 250 мг/дм3 1,2,3,4,5мл в колбу на 100 см3 и доводили до метки дистиллированной водой. Измеряли оптическую плотность растворов при 540 нм в кювете на 30 мм.



Рис.1 Зависимость оптической плотности от содержания взвешенных частиц

# 2.2. Результаты эксперимента и их обсуждение

Для очистки сточной воды от взвешенных веществ с рН=6,3 использовали коагулянт Al2(SO4)3 с концентрацией 10г/дм3. При проведении коагуляционной очистки сульфатом алюминия оптимальные показатели рН, при которых будет выпадать осадок гидроксида алюминия, составляет 6,5-7. Для такой среды присущи процессы сорбции и агрегирования. Агрегация коллоидных частиц органического и минерального происхождения в хлопья происходит при участии гидроксида алюминия. Если коагуляция будет проходить при рН>7, то качество очистки ухудшится.

Установлено, что с увеличением содержания коагулянта в растворе увеличивается эффективность очистки. Наиболее высокая эффективность очистки наблюдается при содержании коагулянта 1,5г/дм3. Как известно, скорость осаждения взвешенных частиц может увеличиться при добавлении флокулянта. Поэтому целесообразно было определить оптимальное содержание флокулянта при различном содержании коагулянта. Флокуляция проводится для интенсификации процесса хлопьеобразования гидроксидов алюминия, для повышения скорости их осаждения. Использование флокулянта позволяет снизить дозы коагулянта, уменьшить продолжительность процесса и повысить скорость осаждения. В качестве флокулянта использовали 0,05% раствор полиакриламида.



Рис.2 Зависимость эффективности очистки от содержания коагулянта



Рис.3 Зависимость содержания взвешенных веществ от содержания флокулянта при концентрации коагулянта 0,48г/дм3



Рис.4 Зависимость содержания взвешенных веществ от содержания флокулянта при концентрации коагулянта 0,7г/дм3



Рис.5. Зависимость содержания взвешенных веществ от содержания флокулянта при концентрации коагулянта 1,1г/дм3



Рис.6. Зависимость содержания взвешенных веществ от содержания флокулянта при концентрации коагулянта 1,48 г/дм3

Флокулянт увеличивает скорость осаждения и приводит к уплотнению осадка. Установлено, что с увеличением содержания флокулянта и коагулянта увеличивается эффективность очистки. При наибольшем содержании коагулянта в растворе требуется наименьшее количество флокулянта. Поэтому для оптимизации доз коагулянта и флокулянта проведено математическое планирование эксперимента.

Матрица планирования эксперимента22:

X1- содержание коагулянта ,г/дм3

X2- содержание флокулянта ,%

Y-эффективность очистки,%

Х1 Х2

-1 0,5 0,001

+1 1,5 0,003

Шаг варьир. 0,5 0,001

Основной уровень 1 0,002

Y=90+8x1+0.5x2

F=S2ад/S2 вос=8<12.22 при α=0,025,т.е. уравнение адекватно.

# 

# Заключение

Установлено, что с увеличением содержания коагулянта в растворе увеличивается эффективность очистки.

При наибольшем содержании коагулянта в растворе требуется наименьшее количество флокулянта. Использование флокулянта позволяет уменьшить продолжительность процесса очистки и повысить скорость осаждения.

Рассчитана математическая модель для нахождения оптимальных дозировок коагулянта и флокулянта при очистке сточных вод предприятия Сокол-ЯР.

# Список литературы

1. Аргель: [электронный ресурс] // Очистка цветных вод коагулянтами. URL: <https://www.vo-da.ru/articles/ochistka-tsvetnyih-vod>, 26.05.2017.
2. Гандурина Л.В. Очистка сточных вод с применением синтетических флокулянтов. М.: Дар/Водгео, 2007. 198 с.
3. Гетманцев С.В., Нечаев И.А., Гандурина Л.В. Очистка промышленных сточных вод коагулянтами и флокулянтами. М., 2008. 272 с.
4. Месарошь М. Барань Ш. Влияние гидродинамических условий на кинетику флокуляции суспензий бентонита катионными полиэлектролитами и прочность образующихся флоккул. Венгрия, 2010. 408 с.
5. Небера В.П. Флокуляция минеральных суспензий. М.: Недра, 198. 288 с.
6. Шевченко T.B., Ульрих Б.В. Модифицированные катионные флокулянты на основе полиакрил-амида. Экология и промышленность России. М., 2005.
7. Штриплинг Л. О., Туренко Ф.П. [Основы очистки сточных вод и переработки твердых отходов](http://ekolog.org/books/23/). Учебное пособие. Омск: ОмГТУ, 2005. 192 с.