

гам 1 и 2 алгоритма представлены на рисунке на примере показателя количества вредных веществ, сбрасываемых сточными водами, выраженного в тоннах.

Результаты показали, что за период исследования оцениваемый показатель загрязнения окружающей среды имеет тенденцию к снижению. Так, количество вредных веществ, сбрасываемых сточными водами, сократилось с 0,0422 т/т продукта и 0,00196 т/тыс. руб. до

0,0037 т/т продукта и 0,00034 т/тыс. руб. Оценка изменения рассматриваемого показателя для всей российской химической промышленности также показала тенденцию к снижению.

Разработанный алгоритм обработки отчетных данных может быть использован для оценки динамики остальных показателей КРП, что позволит сделать вывод об эффективности природоохранной деятельности химических предприятий-участников программы.

### Список литературы

1. *Barbosa L.C., Gomes L.F.A.M. // Procedia Computer Science, 2015. – V. 55. – P. 165–174.*
2. *Makarova A.S., Kruchina E.B., Jia X., Kudryavtseva E.I., Kukushkin I.G. // Journal of Cleaner Production, 2019. – V. 222. – P. 971–985.*

## СОРБЦИЯ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ОСНОВЕ ЦЕОЛИТОВ

И.А. Ляшко

Научный руководитель – к.х.н., доцент О.В. Ротарь

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, проспект Ленина, дом 3, letalof@gmail.com*

В настоящее время нефтегазодобывающая промышленность являются крупнейшим потребителем коррозионных ингибиторов различной природы. В зависимости от условий эксплуатации ингибиторы классифицируют на:

1. ингибиторы атмосферной коррозии;
2. ингибиторы коррозии нейтральных и водно-солевых систем;
3. ингибиторы коррозии нефтепродуктов;
4. ингибиторы кислотной коррозии.

Ингибирующие соединения выполняют свою защитную функцию путем адсорбции их на поверхности металла и торможением анодно-катодных процессов. Анодные ингибиторы сильно замедляют коррозию путем уменьшения скорости анодной реакции ионизации металлов [1].

Наиболее сильные окислители, снижающие скорость: кислород, хроматы и перманганаты. Добавка хроматов, или бихроматов, перманганатов в количестве до 1% предотвращает коррозию нефтепромыслового оборудования. При более высоких концентрациях добавка вызывает обратный процесс, способствуя окислительной коррозии. При очистке и промывки нефтеналивных емкостей тяжелые металлы (ТМ) поступают в бессточные водоемы, где они накапливаются и становятся источником вторичного загрязнения.

В связи с этим необходимо контролировать концентрацию металлов. Способ очистки промывных вод от ионов  $Mn(VI, II)$  проводился с использованием сорбента, имеющего состав:  $SiO_2$  (48–56%),  $Al_2O_3$  (11–22%),  $Fe$  (0,9–1,5%), поликремневые кислоты.

Сорбент при внесении его в воду частично гидролизует, образуя кремневую кислоту, характеристику раствора контролировали рН-метром. Зависимость адсорбционной способности от времени контакта представлена в таблице 1.

Начальный раствор готовили путем растворения соли  $KMnO_4$  в воде; Для определения области поглощения был снят ультрафиолетовый спектр на спектрофотометре Evolution-201 при длине волн от 300 до 900 нм. Наблюдаются области поглощения при  $\lambda = 550$  нм.

Заранее были приготовлены модельные растворы соли и сняты УФ-спектры при различной их концентрации. Основываясь на эмпирических величинах построили градуировочный график, где оптическая плотность зависит от концентрации перманганат-ионов при длине волны. Оптическую плотность растворов измеряли на спектрофотометре при ширине кювет 1,075 мм. По результатам измерений строили зависимость в координатах «оптическая плотность-концентрация» в  $mg/dm^3$ .

Метод базируется на измерении оптической плотности раствора перманганата калия, полученного при контакте с сорбентом в течение определенного времени.

Для определения силы сорбции перманганат ионов использовали комплексную схему.

Навеску сорбента массой 0,1 г помещали в раствор соли и перемешивали в течение времени. Начальная концентрация ионов в растворе равна мг/л. По истечении времени сорбент отфильтровывали и измеряли оптическую плот-

ность. По калибровочному графику рассчитывали остаточную концентрацию  $MnO_4^-$ .

В ходе исследовательской работы получили результаты адсорбционной способности для исследуемого сорбента, который можно использовать для очистки промывных вод в нефтедобыче. Из результатов таблицы 2 видно, что с увеличением количества сорбента от 20 мг до 60 мг, снижается соответственно оптическая плотность раствора и концентрация перманганат ионов.

**Таблица 1.** Зависимость адсорбционной способности от времени контакта

Время, мин	pH	Поглощение, %
10	7	36,70
20	6	60,13
40	4	66,25
60	2	70,5

**Таблица 2.** Зависимость оптической плотности от массы сорбента

Количество сорбента, мг	A	C, мг/л
20	0,80	0,0091
40	0,72	0,0083
60	0,58	0,0069

### Список литературы

1. *Ингибиторы коррозии и механизм их защитного действия.* – [Электронный ресурс]. – URL: <https://chem21.info/info/1479098/> (дата обращения 25.02.2021).

## ИСПАРЕНИЕ КАПЕЛЬ ВОДО-МЕТАНОЛЬНОГО РАСТВОРА В СТАЦИОНАРНОМ ОБЪЕМЕ ВОЗДУХА С ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ

А.С. Наумкин, Г.С. Потехин

Научный руководитель – д.ф.м.н., профессор ИШЭ Б.В. Борисов, alexnaumserg93@mail.ru

Процессы горения и испарения – одни из основных процессов в энергетике, технологиях химической и газовой промышленности. Так, например, в процессе добычи природного газа и подготовки его к транспортировке образуются отходы в виде водных растворов различных видов органического сырья и его производных, которые в дальнейшем необходимо утилизировать с учетом нанесения минимального ущерба окружающей среде. В работе [1] проведена серия физических экспериментов, для разработки модели термического обезвреживания водо-метанольного раствора (ВМР) в газовой горелке [2].

Эксперименты проведены на установке, фотография которой представлена на рисунке 1 [3].

Для исследований испарения капель ВМР варьируются доли метанола в растворе и температуры поверхности нагрева муфельной печи.

Рассматривается водо-метанольный раствор с концентрацией метанола от 1% до 40%. Капля раствора крепится на неподвижной конструкции. Конструкция выполнена из оцинкованной проволоки LUX-TOOLS BASIC диаметром 0,4 мм. Капли помещаются в центр нагретой области муфельной печи NaberthermR 50/250/13, производительностью 1,6 кВт, заводской номер 002023. В нагретой области печи обеспечивается постоянная температура и регистрируется встроенным в печь терморегулятором.

На рисунке 2 представлена динамика геометрии капли с массовой долей метанола в воде 1%.

Необходимо отметить, что воспламенении паров не зарегистрировано, при помещении капли ВМР с концентрацией 1%. Это связано, с